

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

REÚSO DA ÁGUA INDUSTRIAL:
ESTUDOS DE CASOS EM INDÚSTRIAS TÊXTEIS

Érika Viana Pagan

Fortaleza, novembro de 2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

REÚSO DA ÁGUA INDUSTRIAL:
ESTUDOS DE CASOS EM INDÚSTRIAS TÊXTEIS

Érika Viana Pagan

Monografia relativa ao Trabalho de Final de Curso, necessária para conclusão do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará.

Professor Orientador:
João José Hiluy Filho, D.Sc

Professor da Disciplina:
Moisés Bastos Neto, D.Sc

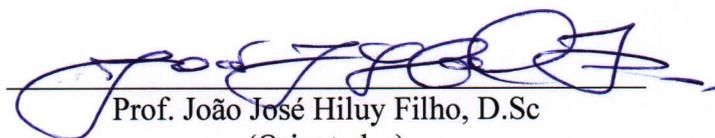
Fortaleza, novembro de 2011

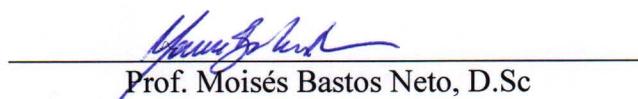
**REÚSO DA ÁGUA INDUSTRIAL:
ESTUDOS DE CASOS EM INDÚSTRIAS TÊXTEIS**

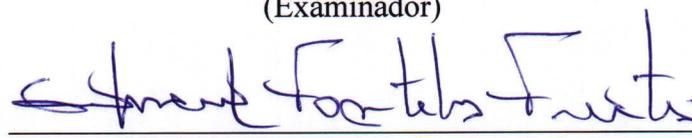
Érika Viana Pagan

MONOGRAFIA SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO CURSO DE
ENGENHARIA QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO
TÍTULO DE ENGENHEIRO QUÍMICO.

Aprovada por:


Prof. João José Hiluy Filho, D.Sc
(Orientador)


Prof. Moisés Bastos Neto, D.Sc
(Examinador)


Ednard Fonteles Freitas (Eng^o Químico)

Fortaleza, CE – Brasil

Novembro de 2011

DEDICATÓRIA

À minha família, em especial meus pais José Carlos e Maria das Dores, e à minha avó Elza, por sempre acreditarem em mim e por me apoiarem incondicionalmente.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e a minha tia-bisavó, Elza, por me apoiarem em tudo que faço, por todo suporte que me dão, por sempre acreditarem em mim, me dando forças e pelo amor incondicional;

Ao meu noivo Renato, que esteve ao meu lado durante quase todo curso, por erguer minha cabeça, e me fortalecer sempre que é necessário;

A meu irmão Filipe e minhas irmãs Bianca e Gabriela, que estão comigo nos momentos em que é preciso descontraír;

Ao professor Hiluy, meu orientador, por ter sido sempre atencioso e dedicado;

Ao professor Moisés, pelo importante apoio na realização desta monografia;

Ao meu colega de trabalho, engenheiro químico, Ednard, por acreditar em meu trabalho;

A Neuma Buarque e Marlyde Lima por me aceitarem no estágio e colaborarem com meu crescimento profissional;

Aos meus colegas de estágio da Cagece, por me auxiliarem no trabalho e pelos momentos vividos;

Aos meus avôs e avós, Eloina e José Maria, Eunice e Braúlio, aos meus padrinhos, Elizane e Marcelo, e aos tios e primos, pelo carinho, apoio e confiança;

A toda família do meu noivo, por ser minha segunda família, durante esses tempos;

A minha amiga Bárbara, por estar ao meu lado desde que entrei na faculdade, por todos os dias de companhia, pelas horas de conversa no telefone, pelos estudos em dupla, e por todas as nossas saídas juntas e por nossos planos e metas;

A minha amiga Danielle, que esteve presente em minha vida nos momentos em que estivemos morando fora do Brasil, pelas noites em claro estudando, seja na biblioteca da UFC ou em nossas casas;

A minha amiga, Raissa, que somos amigas desde que nascemos, por todo carinho e consideração;

As minhas amigas do colégio, que são para toda a vida, Lorena, Rafaella, Bruna, Juliana, Leticia, Edilene, que sempre poderei contar;

Aos meus amigos e colegas da faculdade, Márcia Gabriely, Jéssyca, Larissa, Priscila, Thiane, Virgínia, Ivens, Daniel, Felipe, Nathan, Hugo, que lutaram junto comigo para concluir o curso com o máximo de aproveitamento;

Ao Victor, Raiza, Cicero, Bruna, Daniel, Marcelo, pelas reuniões nos finais de semana;

Ao Erasmus Mundus, por ter me proporcionado o direito de fazer um intercâmbio de um ano na École Centrale Paris durante a minha vida acadêmica, o qual me enriqueceu enormemente;

Aos amigos que fiz durante o intercâmbio e aos professores, que vão ficar pra toda a vida, Alana, Denise, Sandra, Natacha, Débora, Thiago, Marek, Jonathan, Marco, Miguel, Dominique Pareau, Barbara Simon e Patrick Obertelli;

Ao grupo de dança Passo D'arte, do qual fiz parte durante quase todos estes anos, e a todos os membros, em especial a Manuela e Cecy, por terem me proporcionado momentos de esporte, lazer, cultura e diversão;

E a Deus que, sem Ele, eu nada seria.

RESUMO

O crescimento da população ocasiona aumento do consumo de água, principalmente devido à evolução do setor agrícola e do setor industrial. As indústrias têxteis apresentam uma elevada relação de volume de água consumido por volume de material têxtil processado, conseqüentemente a geração de efluentes líquidos e a carga poluente são elevadas. Surge então a necessidade de minimizar o consumo de água potável e o descarte de efluentes. A partir desta situação, o estudo visa apresentar pesquisas relacionadas à escassez da água, de forma a conscientizar as pessoas da importância de se preservar esse recurso, não desperdiçando e adotando medidas para diminuir sua extração de corpos d'água. Isso se torna possível por meio do tratamento e do reúso da água. Desta forma, foram analisados três estudos de casos em diferentes indústrias têxteis, as quais adotaram a prática do reúso de água em suas instalações. Os resultados alcançados com esta implantação foram tanto ambientais, como econômicos e sociais.

Palavras-chave: Escassez de água. Reúso de Água. Indústrias Têxteis.

ABSTRACT

Population growth leads to increased water consumption, mainly through the development of agriculture and industry. Textile industries have a high volume ratio of water consumed per volume of textile processed, thus the generation of wastewater and pollutant load is high. Therefore, the need to minimize consumption of potable water and effluent disposal is raised. This study presents a research related to water scarcity in order to raise people awareness of the importance of preserving this resource, not wasting it and taking measures to reduce its extraction from water bodies. That is possible through the treatment and reuse of water. Thus, three case studies were analyzed in different textile industries, which have adopted the water reuse practice. The results achieved with this implementation were environmental, economic and social.

Keywords: Water Scarcity. Water Reuse. Textile Industries.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do Ciclo Hidrológico.....	- 10 -
Figura 2 – Sistema convencional de tratamento de água.	- 11 -
Figura 3 - Processos de produção de uma indústria têxtil.....	- 18 -
Figura 4 – Uso da água nos diversas etapas do processo têxtil.....	- 25 -
Figura 5 - Processo de reúso de água da Empresa 1.	- 31 -
Figura 6 – Processo de reúso de água.	- 33 -
Figura 7 – Estação de Reúso de Água da Empresa 3.	- 34 -
Figura 8 - Consumo de água (m ³ /km de tecido).....	- 35 -

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Crescimento da população mundial.	- 4 -
Tabela 2 - Evolução do consumo mundial de água por setor.....	- 4 -
Tabela 3 - Padrões de lançamento de efluentes.....	- 8 -
Tabela 4 - Maiores produtores têxteis em 1997 (milhares de toneladas).....	- 16 -
Tabela 5 – Processos envolvidos na etapa de beneficiamento e de enobrecimento de uma indústria têxtil.....	- 21 -
Tabela 6 - Consumo de água devido ao tingimento na indústria têxtil.	- 26 -
Tabela 7 - Padrões de qualidade da água para uso na indústria têxtil.....	- 26 -
Tabela 8 – Parâmetros dos efluentes que são gerados e o consumo de água médio em indústrias têxteis.	- 28 -

SIGLAS E ABREVIACÕES

ABIT - Associação Brasileira da Indústria Têxtil
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA - Agência Nacional das Águas
CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CIRRA - Centro Internacional de Referência em Reúso de Água
CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA - Conselho nacional do Meio Ambiente
COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO - Demanda Química de Oxigênio
ERA – Estação de Reúso de Água
ETA - Estação de Tratamento de Água
ETB – Estação de Tratamento Biológico
ETE - Estação de Tratamento de Efluentes
FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
GLP - Gás Liquefeito do Petróleo
ISO - *International Organization for Standardization*
MF - Microfiltração
MMA - Ministério do Meio Ambiente
NBR - Norma Brasileira da ABNT
NF - Nanofiltração
OMS - Organização Mundial de Saúde
OR - Osmose Reversa
pH - Potencial Hidrogeniônico
PHI - Programa Hidrológico Internacional
PIB - Produto Interno Bruto
SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SESI – Serviço Social da Indústria
Sinditêxtil - Indicadores de Desempenho Ambiental do Setor Têxtil
S.S. - Sólidos em Suspensão
STAR - Sistema de Tratamento das Águas Residuárias
UF - Ultrafiltração
UNESCO - *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*
UNICEF - *United Nations Children's Fund*
WHO - *World Health Organization*

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	viii
SIGLAS E ABREVIACÕES	ix
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	- 1 -
1.1 JUSTIFICATIVA.....	- 1 -
1.2 OBJETIVOS.....	- 2 -
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	- 2 -
CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	- 3 -
2.1 A ÁGUA E A ESCASSEZ DOS RECURSOS HÍDRICOS	- 3 -
2.1.1 Ciclo Hidrológico.....	- 9 -
2.2 TRATAMENTO DE ÁGUA	- 11 -
2.3 REÚSO DE ÁGUA.....	- 13 -
2.4 A INDÚSTRIA TÊXTIL	- 15 -
2.4.1 Processos de Produção	- 18 -
2.4.1.1 <i>Preparação das Fibras Têxteis</i>	- 19 -
2.4.1.2 <i>Fiação</i>	- 20 -
2.4.1.3 <i>Tecimento (Tecelagem/Malharia)</i>	- 20 -
2.4.1.4 <i>Beneficiamento e Enobrecimento</i>	- 20 -
2.4.1.5 <i>Utilidades de Processo</i>	- 22 -
2.4.1.6 <i>Corantes</i>	- 23 -
2.4.2 Uso da Água na Indústria Têxtil	- 24 -
2.4.3 Qualidade da Água para a Indústria Têxtil.....	- 26 -
2.4.4 Geração e Tratamento de Efluentes	- 27 -

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA	- 30 -
3.1 ESUDO DE CASO 1 – Empresa 1	- 30 -
3.2 ESTUDO DE CASO 2 – Empresa 2	- 32 -
3.3 ESTUDO DE CASO 3 – Empresa 3	- 33 -
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	- 35 -
4.1 ESUDO DE CASO 1 – Empresa 1	- 35 -
4.2 ESUDO DE CASO 2 – Empresa 2.....	- 36 -
4.3 ESUDO DE CASO 3 – Empresa 3.....	- 36 -
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	- 37 -
CAPÍTULO 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	- 39 -

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

Embora seja de conhecimento de todos que a água recobre aproximadamente 70% da superfície do planeta, pouco se sabe que o que está disponível para o consumo humano é menos do que 1% deste total, seja para o consumo direto, para fins ambientais ou industriais (SPITZCOVSKY, 2010).

Com o enorme crescimento da população mundial e conseqüente elevação do consumo de água, seguido da poluição dos recursos hídricos, a água doce, a qual é ideal para consumo, estará cada dia menos acessível em quantidade e qualidade necessárias.

O setor industrial é o segundo maior consumidor das reservas hídricas do mundo e a indústria têxtil apresenta um elevado consumo de água por quilo de tecido, sendo o consumo médio do setor de 117 L/kg de tecido, dependendo da fibra e dos processos utilizados (TOLEDO, 2004; REVISTA ÁGUA, 2011). No Ceará, o setor têxtil é responsável pelo consumo de 25% da água bruta do estado (CASTRO JÚNIOR, 2003).

Com a cobrança pelo uso da água, feita pela Agência Nacional das Águas – ANA, seu consumo vem sendo avaliado como um componente a mais nas planilhas de custos das indústrias têxteis.

O reúso direto ou planejado da água está se tornando cada dia mais frequente nas empresas, por duas principais razões econômicas: a primeira, de ordem operacional, é para que estas possuam maiores quantidades desse insumo para a produção. A segunda razão diz respeito à imagem da empresa no mercado, pois a opção pelo reúso da água caracteriza uma preocupação muito valorizada no mercado nacional e internacional, que é de se poluir menos o ambiente, em geral, e, em particular, os rios (REBOUÇAS, 1999).

Muitas empresas brasileiras já adotam o sistema de reúso de água interno em seus processos de produção, havendo um custo inicial de instalação do sistema para o tratamento de efluentes e para o reúso desta água tratada. Porém, após um tempo, o valor investido é quitado e a empresa começa a ter lucros significativos com a redução do consumo de água potável.

A partir do conhecimento mais aprofundado desta situação, este trabalho pretende mostrar a necessidade da reutilização da água e discutir os casos de sucesso dessa implementação dentro das indústrias têxteis.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral conscientizar os leitores da importância da água, que está a cada dia menos disponível para consumo, e mostrar como o reúso de água nas indústrias têxteis pode e vem trazendo benefícios tanto ao meio ambiente como à economia e à imagem destas indústrias, reduzindo o uso de água potável.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Neste capítulo foi apresentada a relevância deste estudo e os objetivos que se pretende alcançar com o trabalho. No Capítulo 2 são abordados os conceitos e fundamentos importantes para compreensão global do tema. O Capítulo 3 traz os estudos de casos que foram realizados em três diferentes indústrias têxteis brasileiras que implantaram o reúso de água em seus processos de produção. No Capítulo 4 são apresentados e discutidos os resultados que estas indústrias alcançaram com o reúso de água. No Capítulo 5 as conclusões são feitas e as perspectivas são lançadas. Finalmente, no Capítulo 6 estão expostas todas as referências bibliográficas utilizadas neste trabalho.

CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A ÁGUA E A ESCASSEZ DOS RECURSOS HÍDRICOS

A água é uma substância que recobre aproximadamente 70% da superfície de nosso planeta. É geralmente encontrada no estado líquido e constitui um recurso natural e renovável por meio do ciclo hidrológico.

É essencial para a sobrevivência de todas as espécies de vida existentes no mundo, por isso é de fundamental importância que os recursos hídricos apresentem condições físicas e químicas adequadas para sua utilização.

A água pode dissolver diferentes substâncias em grandes quantidades sendo conhecida por muitos como *solvente universal*. Por ter essa característica e também por ser encontrada no estado líquido a uma grande faixa de temperatura, ela é muito usada em processos industriais. Grande parte dos componentes que os seres vivos necessitam como gases, minerais e nutrientes, dissolvem-se na água para serem transportados de um lugar a outro (COHEN e WOOD, 2002). Porém, a água também pode dissolver materiais indesejáveis, podendo torná-la imprópria para fins de consumo (PITOMBO; MARCONDES, 2005).

De acordo com Von Sperling (2005), estão disponíveis na Terra $1,36 \times 10^{18} \text{ m}^3$ de água, os quais se distribuem da seguinte forma: água do mar corresponde a 97% do total, geleiras a 2,2% e água doce a 0,8%, dos quais 97% são águas subterrâneas e 3% são águas superficiais.

Pode-se verificar que, da água disponível, apenas 0,8% pode ser mais facilmente utilizada para abastecimento público. Desta pequena fração de 0,8%, apenas 3% apresentam-se na forma de água superficial, de extração mais viável (VON SPERLING, 2005).

A água do mar não pode ser utilizada diretamente para abastecimento humano por ser salgada e as tecnologias atualmente disponíveis para dessalinização são ainda bastante caras quando comparadas aos processos normalmente utilizados para o tratamento de água para uso doméstico. Já as águas existentes nas geleiras geralmente se encontram em regiões

muito distantes dos centros consumidores, não sendo economicamente viável. A extração de águas subterrâneas também envolve alto custo para ser realizada.

De acordo com Diderich (2003), os mananciais de água doce no planeta estão se esgotando rapidamente e, somando-se isso ao crescimento populacional, à poluição e ao aquecimento global, eles serão reduzidos em um terço nos próximos 20 anos.

Segundo Costa e Barros Júnior (2005), o crescimento populacional mundial quadruplicou no último século. Isso acarretou o aumento do consumo da água que vem crescendo de forma espantosa nas últimas décadas, tanto para uso humano, quanto industrial ou agrícola.

Rosenberg (2011) expõe o crescimento da população mundial, que está apresentado na Tabela 1 e Shiklomanov (1993), na Tabela 2, apresenta a evolução do consumo de água no planeta, por setor de atividade de consumo, desde o ano de 1900.

Tabela 1 - Crescimento da população mundial.

ANO	1900	1950	1970	1980	1999	2006	2009
POPULAÇÃO							
MUNDIAL (x 10⁹ habitantes)	1,6	2,55	3,7	4,5	6	6,5	6,8

FONTE: ROSENBERG (2011).

Tabela 2 - Evolução do consumo mundial de água por setor.

SETOR / CONSUMO ANUAL (km³)	1900	1950	1970	1980	2000
Agricultura	409	859	1400	1730	2500
Indústria	4	15	38	62	117
Municipal	4	14	29	41	65
Reservatório	-	7	66	120	22
Total	417	894	1540	1950	2900

FONTE: SHIKLOMANOV (1993).

Ao fazer uma análise dos dados da Tabela 1 e da Tabela 2, é possível verificar o que foi apresentado por Costa e Barros Júnior (2005), tendo em vista que a população mundial no ano de 1999 é aproximadamente quatro vezes maior que a população no ano de 1900. Segundo as estimativas apresentadas por Shiklomanov (1993), o consumo global de água teve um aumento de aproximadamente sete vezes durante o mesmo período, passando de 417 km³ de água para 2900 km³. Não é difícil notar que a água potável será cada vez mais

escassa devido ao constante aumento da população mundial, e o conseqüente consumo nos diversos setores.

A agricultura apresenta a maior média mundial de consumo de água. De acordo com Nebel e Wright (2000), a irrigação retira aproximadamente 69% da água de boa qualidade do planeta, as atividades industriais consomem cerca de 23% e o ser humano, através do uso direto, é responsável pelo consumo de 8% da água disponível no planeta. Estes valores variam de acordo com a disponibilidade da água, o grau de desenvolvimento e os aspectos culturais da região. Em algumas partes dos Estados Unidos, por exemplo, o uso doméstico da água pode atingir 600 litros por habitante, por dia. Em alguns países africanos, ao contrário, o uso de água per capita não é superior a 10 litros ao dia.

Segundo a Organização Mundial de Saúde - OMS, as necessidades sanitárias básicas de água potável para alimentação e higiene das populações urbanas seriam equivalentes ao fornecimento diário de, no mínimo, 80 litros por pessoa.

A *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* - UNESCO, a partir do Programa Hidrológico Internacional (PHI), estima que, na pior das hipóteses, sete bilhões de pessoas em 60 países estarão enfrentando falta de água na metade deste século. Na melhor das hipóteses, serão dois bilhões de pessoas em 48 países nesta situação. Isto vai depender do desenvolvimento de políticas públicas de uso e conservação da água disponível e de uma drástica mudança de mentalidades (REBOUÇAS, 2004).

Segundo Rebouças *et al.* (1999), o Brasil também não deverá escapar da crise hídrica que está sendo prevista, mesmo que este possua cerca de 12% da água doce disponível no mundo, onde mais de 80% de todo o volume de águas superficiais disponíveis se encontra na região amazônica. Os 20% restantes estão distribuídos por todo o país, de maneira pouco uniforme, e se destinam a abastecer aproximadamente 95% da população brasileira.

Costa e Barros Júnior (2005) publicaram que o Brasil se apresenta como uma nação bastante promissora em recursos hídricos, possuindo, aproximadamente, 14% de toda a reserva de água doce do planeta, segundo dados do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal – MMA. Com essa percentagem, a disponibilidade *per capita* hídrica brasileira alcança a mais alta do mundo, $50.810 \text{ m}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$. Porém, como em todo o planeta, a distribuição ocorre de forma irregular. O Estado de São Paulo, sendo o mais populoso, possui apenas 1,6% do recurso nacional. Já a região Norte, a menos populosa, possui em torno de 80% da reserva de água doce do país.

O aumento da população vem demandando, continuamente, água em quantidade e qualidade compatíveis às suas necessidades. E ao mesmo tempo, muitos dos

mananciais utilizados estão cada vez mais poluídos e deteriorados, principalmente pela falta de tratamento e disposição final de esgotos. Além disso, novos mananciais, necessários para suprir essas demandas, encontram-se cada vez mais distantes dos centros consumidores (MANCUSO e SANTOS, 2003).

Para as projeções das Nações Unidas (1989), enquanto na metade do século XX a população havia aumentado em 150%, no século XXI a população deverá ter um crescimento de 300%, e estará vivendo nas zonas urbanas. Várias são as cidades que têm de extrair água de áreas amplas de drenagem ou aquíferos, e a grande maioria delas já tem os sistemas de água totalmente explorados, sendo necessário desenvolver e tratar fontes de água de baixa qualidade, ou captar água de outras bacias hidrográficas (CUTOLO, 2009).

Os principais resíduos poluidores das reservas hídricas são compostos por substâncias que têm características químicas orgânicas e inorgânicas. Eles originam-se de efluentes industriais, domésticos, hospitalares e agrícolas (COSTA e BARROS JÚNIOR, 2005).

No Brasil, a Resolução número 430 de 13 de maio de 2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes e complementa e altera a Resolução do CONAMA de número 357, de 17 de março de 2005. Esta classifica os corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

De acordo com a Resolução do CONAMA (2011), os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam as condições e padrões previstos nesta Resolução, resguardada outras exigências cabíveis. As condições para lançamento de efluentes são:

- pH: entre 5 a 9;
- Temperatura: inferior a 40 °C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3 °C na zona de mistura;
- Materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff (ensaio realizado em laboratório para a quantificação de materiais sedimentáveis em uma amostra, utilizando uma vidraria em formato de cone com volume graduado). Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

- Regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;
- Óleos e graxas:
 - óleos minerais: até 20mg/L;
 - óleos vegetais e gorduras animais: até 50mg/L;
- Ausência de materiais flutuantes;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO cinco dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

O CONAMA determina os padrões de lançamento de efluentes, apresentado na

Tabela 3.

Tabela 3 - Padrões de lançamento de efluentes.

PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total (não se aplica para o lançamento em águas salinas)	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	1,0 mg/L CN
Cianeto livre (destilável por ácidos fracos)	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo hexavalente	0,1 mg/L Cr ⁺⁶
Cromo trivalente	1,0 mg/L Cr ⁺³
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Mercúrio total	0,01 mg/L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,30 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Benzeno	1,2 mg/L
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroetano (somatório de 1,1 + 1,2cis + 1,2trans)	1,0 mg/L
Estireno	0,07 mg/L
Etilbenzeno	0,84 mg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH
Tetracloroeto de Carbono	1,0 mg/L
Tricloroetano	1,0 mg/L
Tolueno	1,2 mg/L
Xileno	1,6 mg/L

FONTE: CONAMA (2011).

Cerca de 2,2 milhões de pessoas nos países em desenvolvimento, sendo a maioria delas crianças, morrem anualmente de doenças associadas à falta de água potável, saneamento inadequado e falta de higiene (WHO e UNICEF, 2000). Muitas são as enfermidades causadas pelo uso de água de má qualidade, dentre estas se destacam: amebíase, giardíase, gastroenterite, febres tifóides e paratifoídes, hepatite infecciosa e cólera e,

indiretamente, a água também está ligada à transmissão de verminoses, como: esquistossomose, ascaridíase, teníase, oxiúriase e ancilostomíase. Vetores, como o mosquito *Aedes aegypti*, que se relacionam com a água podem ocasionar a dengue, a febre amarela e a malária (também conhecida como paludismo) (COPASA, 2011).

Estimativas apresentadas pelo relatório da WHO e UNICEF (2000) mostram que: com respeito ao paludismo, dois bilhões de pessoas correm o risco de contraí-lo, 100 milhões podem tornar-se enfermos em qualquer momento e entre 1 - 2 milhões podem morrer por sua causa; a cada ano ocorrem cerca de 4 milhões de casos de diarreia e 2,2 milhões de mortes; próximo de 10% da população do mundo em desenvolvimento está infectada com parasitas intestinais; cerca de 6 milhões de pessoas ficam cegas por causa do tracoma; e 200 milhões de pessoas estão afetadas por esquistossomoses.

2.1.1 Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico descreve como a água se move de um meio a outro no nosso planeta. De acordo com Von Sperling (2005), o ciclo hidrológico se baseia em cinco diferentes mecanismos de transferência da água, são eles: precipitação, escoamento superficial, infiltração, evaporação e transpiração.

A precipitação é toda água que cai da atmosfera para a superfície da Terra, podendo ocorrer por meio de chuva, neve, granizo ou orvalho. Quando a água precipita, esta pode escoar na superfície ou infiltrar no solo, ou pode ocorrer diretamente sobre o mar, lagos ou cursos d'água. O escoamento superficial é responsável pela formação de córregos, lagos e rios. Já a infiltração corresponde à água que forma os lençóis d'água que são responsáveis por alimentar corpos d'água superficiais, principalmente em períodos secos. A água infiltrada também alimenta a vida das plantas superficiais, sendo parte delas absorvida pelas raízes dessas plantas e depois de assimiladas, são transpiradas a partir das superfícies das folhas. O caminho inverso da água, partindo da superfície da Terra para a atmosfera, pode ocorrer de duas maneiras, por evaporação e por transpiração, ocorrendo devido à radiação solar. A evaporação é a transferência da água superficial do estado líquido para o gasoso. A transpiração ocorre por meio das plantas, quando estas retiram a água do solo pelas raízes e

transferem para as folhas e, em seguida, a água evapora. Estes mecanismos são representados na Figura 1.

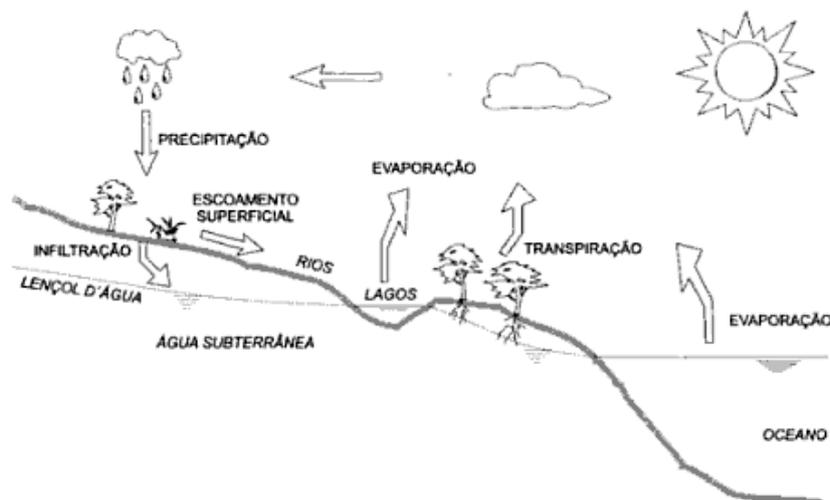


Figura 1 - Representação do Ciclo Hidrológico.
FONTE: VON SPERLING (2005).

Ainda que o total da água que participa do ciclo hidrológico não se altere, por se tratar de um ciclo fechado, podem modificar-se a sua distribuição e a sua qualidade nos principais ambientes que veiculam a água (atmosfera, oceanos e continentes). Ou seja, mesmo não se alterando o total de chuvas, a água pode ficar cada vez mais inacessível àqueles que dela necessitam, se cuidados não forem tomados para a sua permanência em boas condições de uso no local de interesse (HÉLLER e PÁDUA, 2006).

Embora o ciclo sempre ocorra, não há nenhuma uniformidade com que isso acontece. Por exemplo, a intensidade e a frequência do ciclo dependem da geografia e do clima, que variam de acordo com a latitude e a estação do ano.

Um gerenciamento adequado dos recursos de água pode garantir a sua disponibilidade futura para o uso humano. Algumas medidas que podem ser implantadas com esse objetivo são: o controle do tratamento de efluentes industriais e domésticos; a preservação das fontes de fornecimento de água; evitar desperdícios durante o uso, a partir de sistemas de irrigação mais eficientes; manutenção dos sistemas urbanos de distribuição de água e aplicação de sistemas de reúso das águas consumidas.

De acordo com Hespanhol (2003), quando a água é reciclada através de sistemas naturais, é um recurso limpo e seguro que, através da atividade antrópica, é deteriorada a níveis diferentes de poluição. Entretanto, uma vez poluída, a água pode ser recuperada e reusada para diversos fins benéficos. Segundo o mesmo autor, a qualidade da

água utilizada e o objeto específico do reúso estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de capital, operação e manutenção associados.

2.2 TRATAMENTO DE ÁGUA

Numa Estação de Tratamento de Água (ETA) acontecem diversas etapas de tratamento. Um sistema de tratamento de água convencional é representado pela Figura 2. As descrições das etapas desse tipo de tratamento, assim como outras técnicas para tratar a água, são apresentadas em seguida.



Figura 2 – Sistema convencional de tratamento de água.
FONTE: SABESP (2011).

As etapas de um sistema convencional de tratamento são:

- Coagulação: esse processo tem como principal objetivo neutralizar as cargas elétricas das partículas em suspensão, por meio da adição de compostos químicos com cargas positivas, como sais de ferro, sais de alumínio e polímeros, chamados de agentes coagulantes;
- Floculação: consiste na formação de flocos, a partir da reação do agente coagulante com as partículas em suspensão na água. O processo acontece

por uso de uma leve agitação da suspensão. Os flocos formados ganham tamanho e peso suficientes para sedimentar por gravidade.

- Decantação: processo pelo qual se verifica a deposição do material em suspensão na água, no caso os flocos, pela ação da gravidade. Ocorre em decantadores.
- Filtração: passagem da água por um leito filtrante, constituído principalmente de areia (de granulometria variada – tamanho dos grãos) e cascalho, onde ficarão retidos os flocos que não foram decantados .
- Desinfecção: destruição ou inativação de organismos patogênicos usando oxidação química, luz ultravioleta, calor ou processos de separação física.
- Correção de pH: efetuada através da adição de produtos químicos à base de carbonatos, para que a água não se torne excessivamente ácida para não agredir as tubulações e equipamentos, nem seja excessivamente alcalina para provocar incrustações.

Algumas outras técnicas que podem ser utilizadas independentemente para o tratamento de água ou ser implementadas ao sistema convencional, são apresentadas a seguir:

- Tratamento por membranas: esse processo utiliza membranas sintéticas, porosas ou semipermeáveis para separar da água partículas sólidas de pequenos diâmetros, moléculas e até mesmo compostos iônicos dissolvidos. Utiliza-se um gradiente de pressão hidráulica ou um campo elétrico. Os processos de separação por membranas são divididos em cinco categorias: microfiltração (MF), ultrafiltração (UF), nanofiltração (NM), osmose reversa (OR) e eletrodialise. O que difere cada uma das categorias são o diâmetro dos poros das membranas e o tipo e intensidade da força motriz que promove a separação dos contaminantes.
- Lodo ativado: 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. O processo é susceptível à composição do efluente, além de produzir grande volume de lodo.
- Reação oxidativa por ozônio: método baseado na remoção da cor do efluente através da clivagem das moléculas do corante em processo catalítico ou radiação ultravioleta. Tais técnicas podem ser usadas em

grandes volumes de efluentes, sendo razoavelmente rápidas, porém apresentam um alto custo.

- Troca iônica: remove da água certas substâncias dissolvidas, principalmente compostos iônicos. Estes compostos são retidos em uma fase sólida insolúvel denominada resina de troca iônica. Ao reter estes sólidos, a resina libera uma quantidade equivalente de outras espécies iônicas, armazenadas em sua estrutura, inofensivas à qualidade da água.
- Carvão ativado: técnica no qual os contaminantes são adsorvidos na superfície do carvão ativado. Adsorve diversos tipos de compostos orgânicos dissolvidos em efluentes, sendo empregado como pré-tratamento da osmose inversa e para tratamentos biológicos, assim como auxilia na redução de cor e odor do efluente.

2.3 REÚSO DE ÁGUA

O reúso das águas residuais tem sido uma alternativa para o aproveitamento das águas em diferentes níveis de qualidade e para diferentes usos (MANCUSO; SANTOS, 2003). De acordo com Asano e Tchobanoglous (1991), para o gerenciamento dos recursos hídricos há necessidade da inclusão de um plano de recuperação, reciclagem e reúso de águas residuais com o desenvolvimento tecnológico complementar e avançado, que contemple a preocupação com os riscos à saúde e à aceitação pública.

Para não prejudicar as atividades que vão utilizar água de reúso, é preciso realizar um planejamento cuidadosamente. Para isso, é importante conhecer os principais conceitos de reúso de água, suas aplicações e restrições.

Para Mancuso e Santos (2003), os princípios de cada tipo de reúso estão relacionados à saúde pública e aos possíveis riscos epidemiológicos. A Organização Mundial de Saúde, OMS (1973), classifica o reúso em três formas distintas, sendo elas:

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

- Reúso indireto: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente à jusante, de forma diluída;
- Reciclagem interna: é o reúso da água internamente nas instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Os termos reciclagem e reúso diferenciam-se pelo fato de o primeiro ser definido como um reúso interno da água para o uso original, antes de ser descartado para um sistema de tratamento ou outro ponto de disposição. Já o segundo termo designa descargas de efluentes que são subsequentemente utilizados por outros usuários, diferentes do original.

Se formos nos basear nessas definições, o âmbito global deste estudo visa mostrar tanto a importância do reúso da água, como da reciclagem. Os estudos de casos das indústrias têxteis que são apresentados no Capítulo 4 deste trabalho mostram como estas foram beneficiadas tanto pela reciclagem interna da água como pelo reúso direto, considerando que em alguns casos as águas passaram por sistemas de tratamento antes de serem reutilizadas dentro das próprias fábricas.

Mancuso e Santos (2003) comentam em sua obra que o reúso planejado direto da água pode ser classificado como reciclagem, desde que os efluentes tratados sejam utilizados novamente pela mesma entidade que os produziu, num circuito fechado.

O reúso direto ou planejado da água vem se tornando mais frequente nas empresas, por duas razões econômicas principais: a primeira é de ordem operacional, para que estas possam possuir maiores quantidades deste bem para a produção. A segunda razão diz respeito à imagem da empresa no mercado, pois a opção pelo reúso da água acaba caracterizando uma preocupação muito valorizada no mercado nacional e internacional, que é de se poluir menos o ambiente (REBOUÇAS, 1999).

Segundo vídeo publicado em 2009 no programa “Cidades e Soluções” do canal de televisão Globo News, com tema, “O Brasil tem o maior projeto de reúso de água do mundo”, o esgoto tratado, na Califórnia, torna-se água potável; uma multinacional, que foi pioneira no Brasil na utilização de água tratada do esgoto em processos industriais, tem hoje uma conta de água 80% mais barata; praticamente toda água de lavagem das ruas que é usada na capital (Rio de Janeiro) é água de reúso; em Israel 80% da água de abastecimento vem de esgoto e a Espanha reaproveita 12% da água.

A Agência Nacional das Águas - ANA vem desenvolvendo ações para implementação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos no Brasil desde 2001, em conjunto

com gestores estaduais e comitês de bacias. Essa cobrança é um dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos instituídos pela Lei nº 9433/97, que tem como objetivo estimular o uso racional da água e gerar recursos financeiros para investimentos na recuperação e preservação dos mananciais das bacias, devido às condições de escassez da água em quantidade e ou qualidade (ANA, 2011).

Compete à ANA operacionalizar a cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio da União, ou seja, daqueles rios ou demais cursos d'água que atravessam mais de um Estado da federação. Em 2010, a cobrança implementada em três bacias hidrográficas de rios de domínio da União e dezessete de domínio estadual, totalizando vinte bacias em cobrança, foi feita num valor total de R\$ 108.288.457,75 e teve um total arrecadado de R\$ 105.785.380,86. A cobrança em rios de domínio da União se inicia após a aprovação pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH dos mecanismos e valores de cobrança propostos pelos comitês de bacia hidrográfica (ANA, 2011).

Segundo o Centro Internacional de Referência em Reúso de Água – CIRRA (2002), no Brasil, as atividades industriais respondem por aproximadamente 20% do consumo de água, sendo que, pelo menos 10% desta água são extraídas diretamente de corpos d'água e mais da metade são tratadas de forma inadequada ou não recebem nenhuma forma de tratamento. Face à sistemática de outorga e cobrança pelo uso da água, que vem sendo implementada pela ANA, a indústria será duplamente penalizada, tanto em termos de captação de água como em relação ao lançamento de efluentes. Logo, o reúso e reciclagem na indústria deverão passar a serem ferramentas de gestão fundamentais para a sustentabilidade da produção industrial.

2.4 A INDÚSTRIA TÊXTIL

O setor têxtil é uma atividade tradicional brasileira que vem nas últimas décadas investindo em tecnologias e técnicas para a melhoria contínua no seu processo produtivo, visando garantir maior sustentabilidade. O setor Têxtil é pioneiro em práticas de Produção Mais Limpa - P+L, tendo publicado o Guia de P+L em 2009 (NETTO, 2009).

A indústria destinada à fabricação de tecidos tem o início de seu processo na matéria prima, tais como algodão e outros tipos de fibras, utilizadas para fiação. O início do

processo acontece com a transformação da fibra em fio, e em seguida os fios são tramados para que possam constituir os tecidos, os quais são utilizados na fabricação de peças de vestuário, peças de uso doméstico ou em complementos de uso técnico como *airbags*, cintos de segurança e outros (ANTONIALI, 2009).

De acordo com Conchon (1999), esse tipo de indústria representa um extraordinário valor econômico e social, absorvendo expressiva quantidade de mão de obra e gerando divisas. No Brasil, há cerca de 5000 indústrias têxteis, das quais 11% são de grande porte, 21% de pequeno porte e 68% são consideradas micro-empresas. Segundo o mesmo autor, o setor têxtil situa-se, na economia brasileira, dentre 24 setores de atividades industriais, no quinto lugar em empregos diretos, e no sexto em faturamento.

Gorini (2000) mostra que o Brasil em 1997 encontrava-se entre os 10 maiores produtores mundiais de fios/filamentos, tecidos e malhas, especialmente de algodão. Nesse último segmento, malhas com predominância de algodão, o país era o terceiro maior produtor mundial, somente atrás dos Estados Unidos e da Índia, conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4 - Maiores produtores têxteis em 1997 (milhares de toneladas).

PAÍS	FIOS/FILAMENTOS	TECIDOS	MALHAS
Estados Unidos	6.319	3.733	922
China	4.926	5.630	n.d.*
Índia	3.837	2.528	550
Taiwan	3.595	1.070	241
Coréia do Sul	2.064	1.813	n.d.*
Paquistão	1.562	1.017	n.d.*
Japão	1.315	854	151
Brasil	1.261	837	430
Turquia	866	420	n.d.*
Alemanha	649	324	59
Outros	1.926	1.146	256
Total	28.320	19.372	2.609

FONTE: GORINI (2000).

* não determinado.

Notícias do Departamento de Economia da Associação Brasileira da Indústria Têxtil (ABIT), divulgadas no encerramento da Tecnotêxtil 2008 – Feira de Tecnologias para a Indústria Têxtil, em Goiás, informaram que o Ceará caiu, neste ano, da terceira para a sexta

posição em participação no Produto Interno Bruto (PIB) têxtil nacional, ficando atrás de São Paulo, Santa Catarina, Minas Gerais, Paraná e Rio de Janeiro. No mesmo ano, o Ceará ainda mantinha a liderança no PIB têxtil na região nordeste, à frente de Rio Grande do Norte, Pernambuco, Bahia, Paraíba, Sergipe, Piauí, Alagoas e Maranhão. Esse estudo mostrou que o Ceará era o sexto no país em geração de empregos formais na cadeia têxtil, com 52.499 postos. Em relação ao número de empresas, o estado passou à oitava posição, com 2.491 estabelecimentos, somando 268 indústrias têxteis e mais 2.223 de confecção. Os números, vale ressaltar, não levam em conta os empreendimentos informais (GUIA TÊXTIL E CONFECÇÃO, 2008).

A indústria têxtil, especialmente o setor de beneficiamento, é responsável pela poluição, principalmente dos corpos de água das regiões em que atua. Maiores exigências impostas pela legislação e cobranças sociais vêm criando a necessidade de mudar este quadro. Atualmente, as indústrias utilizam sistemas de gestão ambiental para aumentar a sua produtividade, seja na eficiência das máquinas, na redução dos custos ou agregando alguma característica ao produto final, que possa valorizá-lo no mercado, gerando a menor quantidade de resíduos possível (PITOLI, 2000; TRALLI, 2000).

Inúmeras alterações quanto às políticas e regulamentos, tanto em nível nacional como internacional, foram feitas especialmente nas últimas três décadas. Os valores limites dos parâmetros controlados de efluentes foram se ajustando para proteger o meio ambiente. Esses valores são estabelecidos para cada indústria e diferem segundo os países. Normalmente os padrões quantitativos se estabelecem no setor têxtil para os seguintes parâmetros: vazão de efluente, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos em suspensão (SS), pH, e temperatura. Em alguns casos se adiciona a cor e o cromo (SANIN, 1997).

2.4.1 Processos de Produção

De acordo com Netto (2010), o processo de produção de uma indústria têxtil pode ser resumido e esquematizado conforme a Figura 3.

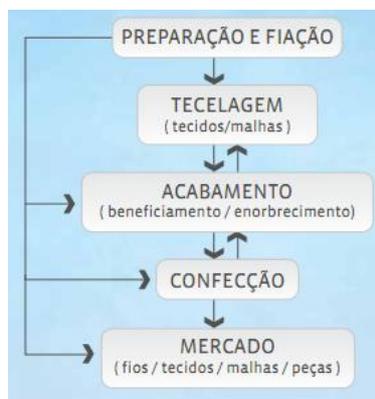


Figura 3 - Processos de produção de uma indústria têxtil.
FONTE: SINDITÊXTIL (2010).

Segundo Braile e Cavalcanti (1993), a indústria têxtil envolve em sua cadeia produtiva os processos de fiação, tecelagem e beneficiamento do tecido. O processo de fiação nada mais é do que a transformação de fibras têxteis, matéria prima em questão, em fios, os quais ficam armazenados até se iniciar o processo seguinte que é o de tecelagem, no qual os fios crus, ou tingidos, são tramados de forma a constituírem tecidos. A etapa seguinte à fiação é chamada de malharia quando se transforma os fios em malha. Essas duas etapas, fiação e tecelagem e/ou malharia ocorrem a seco e, em função disso não apresentam geração de efluentes líquidos.

A próxima etapa, como mostrado na Figura 3, é o acabamento do tecido, que envolve o beneficiamento e o enobrecimento. Segundo Netto (2009), a etapa de beneficiamento é a etapa de preparação dos fios para seu uso final ou não, envolvendo tingimento, engomagem, retorção (linhas, barbantes, fios especiais, etc.) e tratamento especiais. Já o enobrecimento é etapa de preparação, tingimento, estamparia e acabamento de tecidos, malhas ou artigos confeccionados.

Araújo e Castro (1984) consideram que após a tecelagem, a etapa envolvida antes da confecção é o beneficiamento englobando tratamento, tingimento, estamparia e acabamento do tecido. Na etapa de beneficiamento o substrato têxtil é tratado com o objetivo de adquirir características como cor, toque e estabilidade dimensional. As etapas do beneficiamento são:

- Tratamento prévio ou preparação: nesta etapa eliminam-se as impurezas das fibras e melhora-se a estrutura do substrato têxtil para prepará-lo para as operações de tingimento, estamparia e acabamento;
- Tingimento: nesta etapa os substratos têxteis são coloridos;
- Estamparia: etapa em que é aplicado um desenho colorido sobre o substrato têxtil já tratado;
- Acabamento: são operações que conferem as características desejáveis ao substrato têxtil como brilho, toque, caimento, estabilidade dimensional e outros acabamentos ditos especiais como anti-ruga, impermeável e anti-chama.

Após o acabamento, o tecido será levado para confecção, onde se transformará nos mais variados produtos, ganhando variadas formas, podendo ainda ser incorporados acessórios nas peças, e então é levado ao mercado para ser comercializado. A seguir será apresentado de forma mais detalhada cada etapa da produção.

2.4.1.1 Preparação das Fibras Têxteis

De acordo com o Netto (2009), a cadeia produtiva pode ser inicialmente classificada em função das fibras têxteis utilizadas que podem ser divididas em dois grupos denominados de Fibras Naturais e Fibras Manufaturadas, conhecidas também como fibras químicas.

As fibras naturais podem ser de origem vegetal (algodão), animal (lã) e mineral (amianto). As fibras manufaturadas podem ser classificadas em artificiais ou sintéticas, dependendo do seu processo de produção, que consiste na transformação química de matérias-primas naturais. As fibras artificiais (acetato e viscose) são obtidas por intermédio da celulose natural e as sintéticas (poliéster, poliamida, elastano) resultam de subprodutos do petróleo (VASCONCELOS, 2006).

2.4.1.2 Fiação

De forma resumida, o processo de fiação envolve a transformação da matéria-prima em fios, com processos que consistem em separar as fibras de diferentes tamanhos, remover impurezas, estirar, torcer e unir os fios, enrolar os fios e fixá-los por meio de calor.

2.4.1.3 Tecimento (Tecelagem/Malharia)

As principais etapas do tecimento são (NETTO, 2009):

- Urdimento: dispor fios de urdume (conjunto de fios dispostos longitudinalmente através dos quais a trama – fio que cruza os fios do urdume- é tecida), provenientes de cones, em rolos de urdume.
- Engomagem: aplicar película de goma (natural ou sintética) nos fios de urdume, para posterior tecimento.
- Tecimento: confeccionar tecido plano – teares de pinça, de ar ou de água (se for tecelagem) ou confeccionar tecido de malha utilizando teares circulares ou retilíneos – de cone ou urdume (se for malharia).

2.4.1.4 Beneficiamento e Enobrecimento

Estas duas etapas são bem semelhantes, sendo consideradas por alguns autores como uma única etapa, como mostrado anteriormente. Netto (2009) faz uma pequena distinção entre elas e apresenta, para cada etapa, uma tabela com os principais processos envolvidos em cada uma e suas finalidades. Foi possível notar que todos os processos envolvidos no beneficiamento constavam na etapa do enobrecimento, exceto pela compactação. Logo, serão apresentados na Tabela 5 os processos envolvidos tanto no enobrecimento quanto no beneficiamento, evidenciando qual processo faz parte somente de uma dessas duas etapas e qual faz parte das duas.

Tabela 5 – Processos envolvidos na etapa de beneficiamento e de enobrecimento de uma indústria têxtil.

PRINCIPAIS PROCESSOS	FINALIDADE BÁSICA
Chamuscagem ^{be}	Eliminar fibrilas da superfície do material têxtil, por meio de queima.
Desengomagem (tecidos planos) ^e	Remover a “goma” aplicada ao fio de urdume durante o processo de engomagem de fios (aplicado para favorecer o tecimento).
Purga / Limpeza ^{be}	Remover materiais oleosos e impurezas através de reações de saponificação, emulsão e solvência.
Alvejamento ^{be}	Remover coloração amarelada (natural) do material têxtil
Mercerização e Caustificação ^{be} (operações individuais)	Tratamento alcalino do material têxtil com objetivo de melhorar propriedades físico-químicas da fibra (brilho, aumento da afinidade por corante, estabilidade dimensional etc.). Nota: a diferença básica entre a mercerização e caustificação é que a primeira trabalha com maior concentração de álcali, sob tensão e em equipamento específico (mercerizadeira).
Efeito “seda” ^e	Tratamento alcalino do material têxtil de poliéster com objetivo de conferir toque sedoso.
Tingimento ^{be}	Conferir coloração ao material têxtil.
Estamparia ^{be}	Conferir coloração de forma localizada ao material têxtil.
Secagem ^{be}	Retirar umidade do material, através de energia térmica.
Compactação ^b	Proporcionar encolhimento do material (através de ação física), a fim de evitar encolhimento posterior da peça confeccionada, quando submetida à lavagem. Processo usado em malhas.
Sanforização ^e	Tem a mesma função da compactação, porém é utilizada em tecidos planos.
Calandragem ^{be}	Eliminar vincos e conferir brilho (mais utilizada em malha).
Felpagem ^{be}	Conferir aspecto de felpa à superfície do material podendo atuar como isolante térmico (utilizado em moletons, malhas <i>soft</i> etc.) ou apenas alterar o aspecto

	(felpado).
Navalhagem ^e	Cortar / Aparar pelos.
Esmerilhagem ^e	Espécie de “lixamento” da superfície do material, a fim de melhorar o toque, tirando o brilho.
Amaciamento ^{be}	Conferir toque agradável ao material.
Repelência água/óleo ^e	Conferir repelência à água e às sujidades.
Acabamento anti-ruga ^e	Evitar amarrotamento.
Encorpamento ^e	Conferir toque volumoso ou encorpado ao material.
Acabamento anti-chama ^{be}	Evitar propagação de chama.

^e Etapas presentes somente no enobrecimento.

^{be} Etapas presentes no beneficiamento e no enobrecimento.

^b Etapas presentes somente no beneficiamento.

FONTE: Adaptado de NETTO (2009).

2.4.1.5 Utilidades de Processo

É importante apresentar as utilidades de processo que são os equipamentos que dão suporte a todas as etapas citadas anteriormente. As utilidades de processo são apresentadas a seguir como suas finalidades:

- Gerador de vapor (caldeira): fornecer vapor para os equipamentos e/ou operações que envolvem transferência de calor;
- Aquecedor de fluido térmico: fornecer fluido aquecido para os equipamentos e/ou operações que envolvem transferência de calor;
- Compressores de ar: fornecer ar comprimido para equipamentos pneumáticos;
- Armazenamento de GLP: fornecimento de combustível para processo de combustão (caldeira, rama, chuscagem, etc.);
- Sistema de climatização: realiza a circulação do ar interior dos prédios mantendo em condições específicas para: fiação, tecelagem e outros;
- Estação de Tratamento de Água: trata da unidade responsável pela captação (superficial ou subterrânea) e tratamento de água bruta que processa e purifica a água para uso na linha de produção ou mesmo para consumo humano (potável);

- Sistema de Tratamento das Águas Residuárias – STAR: trata dos efluentes líquidos de origem industrial ou doméstica, gerados numa planta industrial. Despeja e armazena temporariamente o lodo gerado;
- Armazenamento de produtos perigosos: instalações e sistema de proteção para armazenamento de produtos perigosos.
- Atividades administrativas: trata das etapas e atividades de suporte na administração da empresa.

2.4.1.6 Corantes

Considerando a utilizados nos processos de acabamento. Aproximadamente 10.000 diferentes divisão produtiva da cadeia têxtil não se pode deixar de mencionar a importância dos corantes e pigmentos são usados industrialmente (GUARANTINI e ZANONI, 2000).

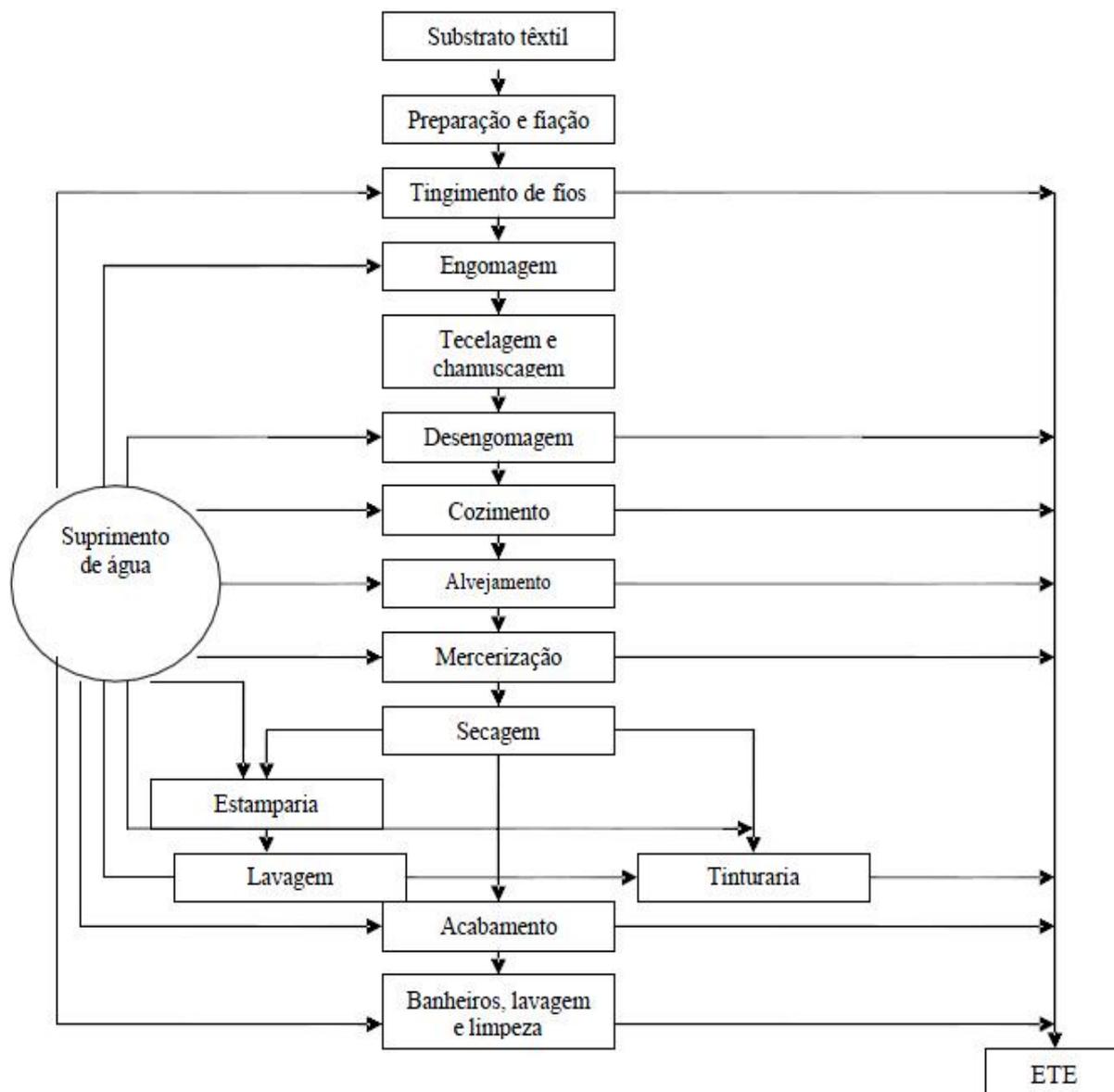
A molécula do corante utilizada para tingimento da fibra têxtil pode ser dividida em duas partes principais, o grupo cromóforo e a estrutura responsável pela fixação à fibra. O grupo cromóforo mais utilizado mundialmente pertence à família dos azocorantes, caracterizando-se por apresentarem um ou mais grupamentos $-N=N-$ ligados a sistemas aromáticos. Segundo a fixação dos corantes, estes podem ser divididos em várias classes, como, por exemplo, ácido, direto, básico, de enxofre e reativos, sendo este último o mais utilizado em nível mundial (KUNZ *et al.*, 2002).

Segundo Guarantini e Zanoni (2000), devido à sua própria natureza, os corantes são altamente detectáveis a olho nu, sendo visíveis em alguns casos mesmo em baixas concentrações. Este comportamento apresenta vantagens e desvantagens, pois uma pequena quantidade lançada em efluentes aquáticos pode causar uma acentuada mudança de coloração dos rios, mas pode também ser facilmente detectada pelo público e autoridades que controlam os assuntos ambientais.

2.4.2 Uso da Água na Indústria Têxtil

Segundo Twardokus (2004), a utilização da água dentro de uma indústria têxtil, mais especificamente no beneficiamento, ocorre basicamente em todas as etapas, de modo direto nos processos de lavagem, tingimento e amaciamento, e de modo indireto para realizar aquecimento ou resfriamento nos processos do beneficiamento. Ela é usada na indústria têxtil como meio de transporte para os produtos químicos que entram no processo, bem como para a remoção do excesso daqueles produtos considerados indesejáveis para o substrato têxtil.

No que se refere ao consumo da indústria, o setor têxtil consome aproximadamente 15% da água (TOLEDO, 2004). A etapa de beneficiamento é de grande importância na geração de resíduos líquidos e devido à utilização de água em todos os processos, há uma geração muito elevada de efluentes. No tratamento prévio, o tecido passa por um processo semelhante à lavagem e a água residual desse processo não volta ao ciclo tendo de passar por tratamento para ser utilizada novamente. No tingimento os tecidos são coloridos, sendo que nesta etapa também se necessita de muita água. A água residual desse processo apresenta sérios problemas para ser tratada por apresentar alto teor de corantes, os quais na maioria das vezes não são tratados por processos destrutivos. O acabamento também é um processo que origina grande quantidade de efluente (TWARDOKUS, 2004). Na Figura 4 é apresentado um fluxograma do processo produtivo têxtil, destacando-se as etapas nas quais ocorrem o consumo de água e a geração de efluentes aquosos.



**Figura 4 – Uso da água nos diversas etapas do processo têxtil.
FONTE: BRAILE e CAVALCANTI (1993).**

Em um levantamento realizado em cem empresas, verificou-se uma grande variação no consumo de água em diferentes etapas do processo produtivo têxtil, notadamente entre aquelas que têm água abundante e de baixo custo, e as que pagam preço elevado. Enquanto uma tinturaria na Alemanha o consumo de água é de 80 L/kg de malha beneficiada, já em alguns países na América Latina, com equipamentos de tecnologia similares e com controladores automáticos, este consumo chega a 150 L/kg, utilizando o mesmo substrato, no caso 100% algodão e corantes reativos do mesmo fornecedor (HART, 1994). A Tabela 6 mostra alguns dados do consumo de água devido ao tingimento de fios, malhas e tecidos.

Tabela 6 - Consumo de água devido ao tingimento na indústria têxtil.

TINGIMENTO DE:	CONSUMO DE ÁGUA (L/kg PRODUZIDO)	INTERVALO DE VARIAÇÃO (L/kg)
Fios acrílicos e nylon	130	80-170
Fios acrílicos, nylon e algodão	180	130-350
Malha de algodão	120	80-160
Malha de algodão e poliéster	110	90-170
Tecido plano de algodão	110	85-130
Tecido plano de seda e viscose	100	80-150

FONTE: HART (1994).

2.4.3 Qualidade da Água para a Indústria Têxtil

A qualidade da água utilizada no processo têxtil possui limites de tolerância e restrições variáveis. Para LITTLE (1975) nem todos os processos precisam ter a mesma exigência de qualidade. A Tabela 7 contém os limites de tolerância que definem os padrões de qualidade da água para utilização no processo têxtil.

Tabela 7 - Padrões de qualidade da água para uso na indústria têxtil.

QUALIDADE OU SUBSTÂNCIA	TOLERÂNCIA (mg/L)	QUALIDADE OU SUBSTÂNCIA	TOLERÂNCIA (mg/L)
Turbidez	< 5	Sulfato	< 250
Sólidos suspensos	< 5	Sulfito	< 1
Cor	< 5 (unidade Hazen)	Cloreto	< 250
pH	7-9	Fosfato	Sem limite
Acidez/alcalinidade	< 100 como CaCO ₃	Oxigênio dissolvido	Sem limite
Dureza	< 70 como CaCO ₃	Dióxido de carbono	< 50
Ferro	< 0,3	Nitrito	< 0,5
Mangânes	< 0,05	Cloro	< 0,1
Cobre	< 0,01	Amônia	< 0,5
Chumbo e metais pesados	< 0,01	Óleos, graxas, gorduras e sabões	1
Alumínio	< 0,25	Agentes de clareamento fluorescentes	< 0,2
Sílica	< 10	Sólidos Totais	< 500

FONTE: LITTLE (1975).

2.4.4 Geração e Tratamento de Efluentes

O setor têxtil apresenta um especial destaque, devido a seu grande parque industrial instalado gerar grandes volumes de efluentes, os quais, quando não são corretamente tratados, podem causar sérios problemas de contaminação ambiental (KUNZ; PERALTA-ZAMORA, 2002). O potencial contaminante da indústria têxtil, em sua totalidade, é considerado médio, sendo a tinturaria e o acabamento as etapas mais contaminantes do processo produtivo têxtil se comparadas com a fiação e a tecelagem (TOLEDO, 2004).

A maior parte da carga contaminante dos efluentes aquosos contém impurezas inerentes à matéria-prima, tais como os produtos adicionados para facilitar os processos de fiação e tecelagem, produtos químicos auxiliares e corantes eliminados durante as diferentes etapas do acabamento. A quantidade e a qualidade da carga poluidora estão relacionadas com as fibras utilizadas para elaboração dos tecidos (TWARDOKUS, 2004).

Esses efluentes, sem o devido tratamento, podem provocar a morte da fauna e flora aquáticas, assim como a interferência nos processos de fotossíntese dos corpos d'água atingidos. Além deste fato, estudos têm mostrado que algumas classes de corantes e seus subprodutos podem ser carcinogênicos e/ou mutagênicos. Devido a estas implicações ambientais, é de grande importância o conhecimento das principais características dos efluentes gerados neste setor industrial, bem como de sistemas de tratamento passíveis de serem utilizados neste setor industrial (ANTONIALI *et al.*, 2009).

CORREIA (1995) apresenta uma tabela (Tabela 8) mostrando as principais características dos efluentes gerados por diferentes etapas do processo da indústria, usando diferentes matérias-prima. Nessa tabela também é apresentado o consumo de água em L/kg.

Tabela 8 – Parâmetros dos efluentes que são gerados e o consumo de água médio em indústrias têxteis.

FIBRA	PROCESSO	pH	DBO (mg/L)	SÓLIDOS TOTAIS	USO DE ÁGUA (L/kg)
Algodão	Desengomagem	...	1700-5200	16000-32000	3-9
	Purga	10-13	50-2900	7600-17400	26-43
	Alvejamento	8,5-9,6	90-1700	2300-14400	3-124
	Mercerização	5,5-9,5	45-65	600-1900	232-308
	Tingimento	5-10	11-1800	500-14100	8-300
Lã	Purga	9-14	30000-40000	1129-64448	46-100
	Tingimento	4,8-8	380-2200	3855-8315	16-22
	Lavação	7,3-10,3	4000-11455	4830-19267	334-835
	Neutralização	1,9-9	28	1241-4830	104-131
	Alvejamento	6	390	908	3-22
Nylon	Purga	10,4	1360	1882	50-67
	Tingimento	8,4	308	641	17-33
Acrílico	Purga	9,7	2190	1874	50-67
	Tingimento	1,5-3,7	175-2000	833-1968	17-33
	Lavação	7,1	668	1191	67-83
Poliéster	Purga	...	500-800	...	25-42
	Tingimento	...	480-27000	...	17-33
	Lavação	...	650	...	17-33
Viscose	Purga	8,5	2832	3334	17-33
	Tingimento	6,8	58	4890	4-13
Acetato	Purga/Tingimento	9,3	2000	1778	33-50

FONTE: CORREIA (1995).

Para Correia (1995), é difícil determinar qual seria o tratamento ideal para ser aplicado aos efluentes têxteis, pelo fato de que os efluentes têxteis possuem um alto volume e uma composição química muito variada, que podem incluir desde corantes não biodegradáveis a substâncias tóxicas.

Os efluentes têxteis caracterizam-se por serem altamente coloridos, devido à presença de corantes que não se fixam na fibra durante o processo de tingimento (ARAÚJO e CASTRO, 1984). Desse modo, métodos para remoção da cor das águas de rejeito têxteis têm recebido enorme atenção nos últimos anos.

Na indústria têxtil os processos de tratamento estão geralmente fundamentados nas operações de sistemas físico-químicos de precipitação e coagulação, seguidos de tratamento biológico via sistema de lodos ativados. Essa técnica pode remover aproximadamente 80% da carga de corantes (KUNZ *et al.*, 2002).

O tratamento convencional, coagulação seguida por flotação ou sedimentação, apresenta uma grande eficiência na remoção de sólidos. Todavia, para remoção de cor e compostos orgânicos dissolvidos, este método não é suficiente, sendo necessário lançar mão de tratamentos complementares. Métodos como filtro por carvão ativado, resina de troca iônica, osmose reversa e filtração por membranas podem ser usados para este fim. Os processos de adsorção em carvão ativado geralmente apresentam elevado desempenho na remoção da cor, embora existir uma limitação para a adsorção de corantes de caráter catiônico em função da superfície química do carvão ser positiva (HEMKEMEIER, 2005).

As técnicas de tratamento utilizando-se degradação química baseiam-se principalmente na reação oxidativa pelo cloro ou ozônio. As baseadas no uso de ozônio tem se mostrado mais efetivas do que aquelas com cloro, que são insatisfatórias para alguns tipos de corantes (corantes dispersos e diretos), além de apresentarem a vantagem adicional de não produzir íons inorgânicos, como no caso do tratamento com cloro (GOULD, 1987).

Uma alternativa recente para o tratamento de efluentes em compostos resistentes à degradação refere-se ao uso de agentes quelantes naturais, produzidos por alguns fungos e bactérias. Estes compostos, denominados sideróforos, apresentam uma alta afinidade por metais, principalmente ferro, formando complexos de alta estabilidade. Estudos recentes mostram resultados muito interessantes com alguns fungos e bactérias produtoras destes compostos que permitem a descoloração de efluentes e a degradação de compostos de difícil degradação (ANTONIALI *et al.*, 2009).

Em decorrência do custo da água, as indústrias estão utilizando meios de racionalização de seu uso através de instalação de equipamentos de controle de fluxo ou por meio de reúso da água em algum processo, fazendo um pré-tratamento, se necessário, para que não afete a qualidade do produto final e nem aumente de forma excessiva o custo do processo.

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA

Serão abordados três estudos de casos, envolvendo diferentes indústrias têxteis brasileiras que adotaram a prática do reúso de água em suas instalações. Em cada estudo será apresentado um pouco sobre a empresa e depois serão descritas as metodologias adotadas por cada um delas. No capítulo seguinte, serão apresentados e discutidos os resultados alcançados por cada uma das indústrias. O estudo de caso 1 tem referência em uma notícia no site *Guia Têxtil e Confecção*, o estudo de caso 2 é baseado em dados fornecidos pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – FIESP e o estudo de caso 3 tem com base dados tomados pela FIESP e pelo Serviço Social da Indústria – SESI.

3.1 ESUDO DE CASO 1 – Empresa 1

A Empresa 1 é uma das maiores indústrias têxteis do mundo. Está há mais de 40 anos no mercado e possui unidades em vários estados brasileiros e algumas filiais no exterior. No mundo, é uma das principais fabricantes de índigos e brins, sendo responsável por aproximadamente 40% da produção brasileira de índigo. Além disso, a empresa possui programas de sustentabilidade, como um projeto de redução, reutilização e reciclagem, aumentando o uso de recursos naturais e reduzindo a geração de resíduos que são formados a partir de suas atividades.

O reúso de água da Empresa 1 foi projetado e desenvolvido por uma empresa terceirizada que possui experiência em soluções para águas e efluentes. Este foi implementado no ano de 2001, conseguindo, a partir da parceria, aproximadamente 70 m³/hora de efluente reutilizável. Em termos de porcentagem, a empresa reutiliza em torno de 70% dos resíduos hídricos gerados em duas fábricas. Em números, uma unidade da fábrica produz cerca de 75.000 m³/mês de efluente industrial, o qual é enviado para outra unidade. Do total, aproximadamente 50.000 m³/mês de efluente são reutilizados nessa unidade e o restante é lançado na rede de esgoto. Essa realização é devido a um projeto de tratamento de efluentes industriais, que é certificado pela NBR ISO14001, norma internacional de Gestão Ambiental.

O processo de geração e tratamento de efluentes dessas unidades está mais bem representado na Figura 5.

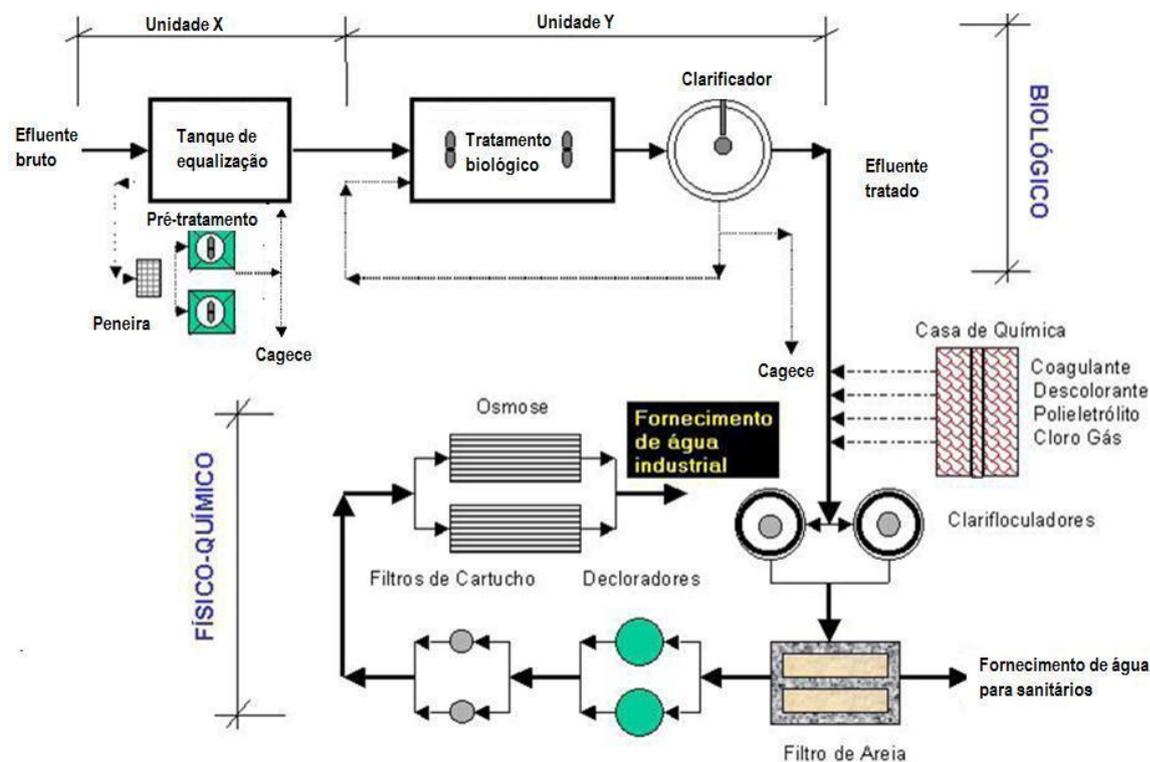


Figura 5 - Processo de reuso de água da Empresa 1.
 FONTE: GEOPLAN.

O efluente gerado pela Unidade X passa por um pré-tratamento antes de ser enviado à unidade seguinte. Os sólidos maiores são retirados a partir das peneiras. O tanque de equalização é usado para homogeneizar o efluente. Na Unidade Y, primeiramente é feito um tratamento biológico para remover todos os microorganismos. Em seguida, o efluente passa por um clarificador e a partir de então o efluente é dividido, sendo que uma parte continua no processo de tratamento e a outra parte vai ser enviada para a rede de esgotos. O tratamento prossegue com processos físico-químicos, desde a coagulação até a filtração das menores partículas. A partir da osmose reversa, ocorre a remoção dos sais e garante características de água industrial ao efluente. Após o tratamento, este é estocado e distribuído dentro da fábrica, dos quais 95% são reutilizados no próprio processo e os outros 5% são destinados para irrigação e banheiros.

3.2 ESTUDO DE CASO 2 – Empresa 2

A Empresa 2 é uma empresa brasileira que foi fundada em 1929. Primeiramente, deram início à fábrica as operações com processos de fiação e tecelagem, no estado de São Paulo. Em seguida, foi realizada a introdução da planta química, com o início dos processos de tingimento e acabamento dos tecidos, assim como a instalação da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE).

A água utilizada na unidade de fabricação é captada do rio Piracicaba, havendo uma vazão média mensal de captação de 125 m³/hora. O efluente resultante dos processos de produção da fábrica é rico em carga orgânica e tem sua coloração alterada devido à presença de corantes. Antes do lançamento no rio, com vazão média de 65 m³ por hora, este efluente passa por um tratamento, assim reduz o impacto ambiental e viabiliza o posterior reúso do efluente. A Empresa 2 também adotou algumas outras medidas visando proteger o meio ambiente, como as apresentadas a seguir:

- Redução do desperdício por meio da racionalização do uso da água: instalação de medidores de vazão e controladores de bóia, instalação de válvulas com fechamento automático em pontos de consumo, conscientização quanto ao desperdício de água.
- Reúso da água dentro dos processos industriais, tais como: mercerizadeira, reúso de água de resfriamento de cilindros resfriadores no acabamento, torre de resfriamento, reutilização da água de refrigeração dos compressores.
- Melhoria dos processos de tratamento de efluentes a fim de mitigar impactos ambientais e viabilizar o reúso dos efluentes.

Foram realizadas tanto ações de conscientização voltadas ao público interno, como ações que visam à conscientização da comunidade e de terceiros.

3.3 ESTUDO DE CASO 3 – Empresa 3

A Empresa 3 foi fundada em 1966 e atua no setor de tecelagem para o mercado de moda. Possui unidades fabris em mais de um estado brasileiro. Dados expõem que em 2004, a produção era de cerca de 180.000 kg/mês, e que hoje, em 2011, a produção ultrapassa a quantidade de 1.400.000 kg/mês.

A empresa adotou a prática do reúso de água em suas unidades com o objetivo de melhorar a qualidade do efluente tratado e aumentar o seu nível de sustentabilidade. Para isso, em 2005, realizou investimento de R\$ 500.000 em uma Estação de Reúso de Água (ERA). Além da ERA também foram instaladas Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) e Estação de Tratamento de Água. O processo do reúso ocorre como mostrado na Figura 6.

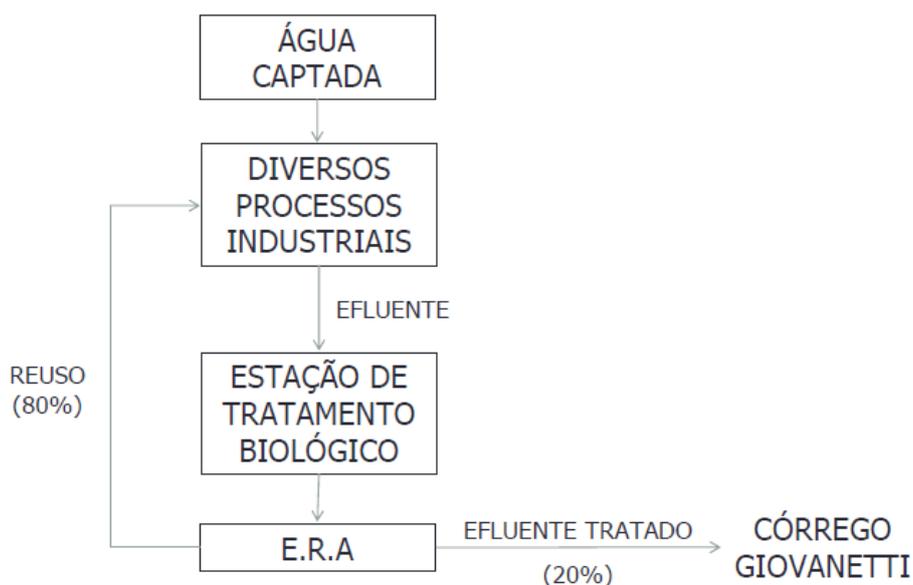
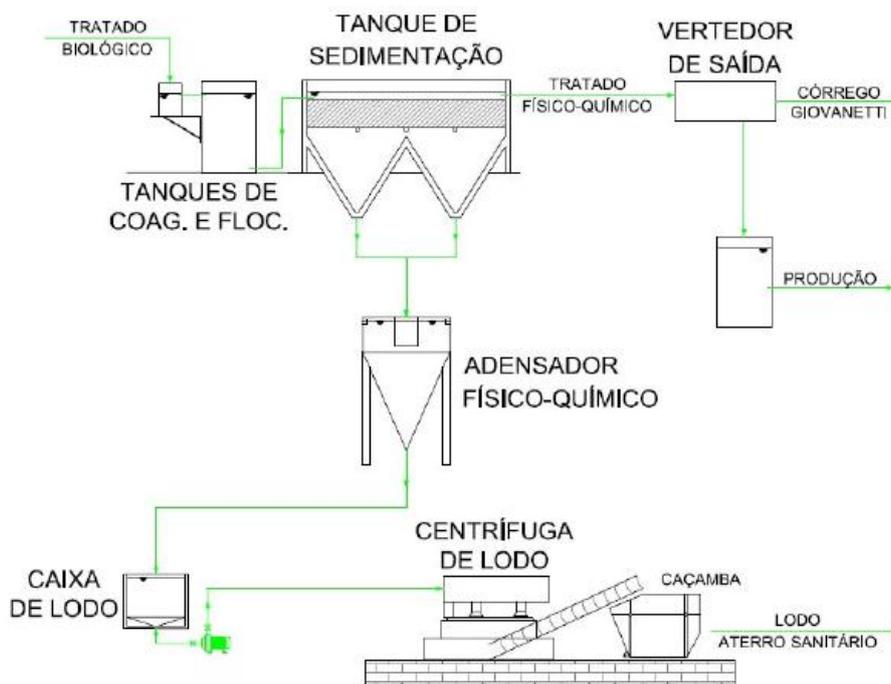


Figura 6 – Processo de reúso de água.
FONTE: SESI-SP.

A água captada passa pelos processos de produção da fábrica e então o efluente gerado passa por uma Estação de Tratamento Biológico (ETB). Em seguida o efluente livre de microorganismos é levado para a ERA, a qual vai dar continuação ao tratamento do efluente, do qual, depois de tratado, 80% vai ser reencaminhado para o reúso nos processos industriais e 20% serão lançado em um córrego. Na ERA ocorrem os processos mostrados na Figura 7.



**Figura 7 – Estação de Reúso de Água da Empresa 3.
FONTE: SESI-SP.**

Na ERA o efluente que passou pelo tratamento biológico vai passar por um processo de coagulação e floculação, onde os sólidos que estavam em suspensão vão se transformar em flocos que poderão ser sedimentados por gravidade, em seguida, em um tanque sedimentação. Os sólidos sedimentados passarão por um adensador físico-químico, caixa de lodo e centrífuga de lodo para que seja retirada toda a umidade do lodo para ser lançado em aterro sanitário. O sobrenadante do tanque de sedimentação, que é uma água tratada, vai passar por um vertedor, o qual divide a corrente, sendo parte lançada em um córrego e parte volta para a produção.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ESUDO DE CASO 1 – Empresa 1

O consumo de água da Empresa 1 antes da implementação do reúso de água era em torno de 16,40 m³/km de tecido produzido. No ano da implementação, em 2001, o consumo já reduziu para 12,28 m³/km de tecido e no ano seguinte apresentou uma redução de aproximadamente 37%, sendo esse resultados melhores do que os planejados.

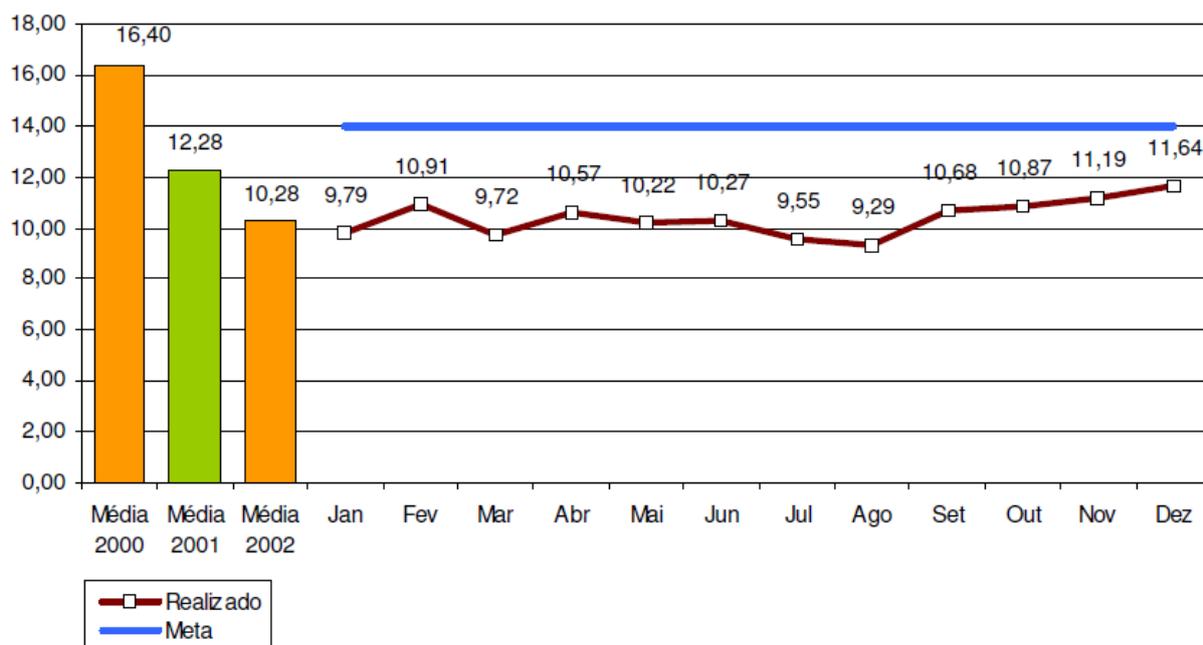


Figura 8 - Consumo de água (m³/km de tecido).
FONTE: CASTRO JÚNIOR (2003).

No ano de 2008, com o processo contínuo do reúso de água, foi relatado uma redução de 63% do consumo de água, gerando uma economia de R\$ 810.000, representando 12,5% a menos na conta mensal de água.

Além dessas conquistas, a empresa passou a consumir dos recursos hídricos, a qualidade do efluente lançado na rede de esgotos melhorou, devido aos tratamentos prévios, tornando-os livres de metais pesados. E, com essa prática, a empresa se tornou um diferencial competitivo na exportação de tecidos para a Europa, visto que este continente se preocupa bastante com o desenvolvimento sustentável.

4.2 ESUDO DE CASO 2 – Empresa 2

Com as medidas adotadas, a Empresa 2 melhorou a qualidade do efluente lançado, pois antes do lançamento passa por um tratamento interno. Os resultados alcançados mostraram que, mesmo com o efluente anteriormente lançado atender os requisitos legais, o efluente lançado após estas melhorias passa a ter qualidade superior nas características de DBO, DQO e cor.

Os esforços de conscientização dos colaboradores estão sendo recompensados não só através do uso racional de recursos, mas também pela proposição de melhorias nos processos.

O índice de reúso no ano de 2006 foi de 45,5%, sendo 24,7% oriundos do reúso dentro do processo de produção e 20,8% da reutilização do efluente tratado. Dessa forma, a implantação do reúso de água e de efluente gera uma economia anual de aproximadamente R\$ 5.348.944.

4.3 ESUDO DE CASO 3 – Empresa 3

A Empresa 3 antes da implementação do reúso de água retirava água da rede pública e de poços artesianos, após passou a fazer captação em ETA, além dos poços artesianos. O consumo de antes era de 18 m³/hora de água e atualmente é de 35 m³/hora, sendo que somente 7 m³/hora eram captados da ETA e dos poços artesianos e 28 m³/hora vêm do processo de reúso. Com isso, houve uma redução da captação para 20% da sua necessidade e também reduziu a geração de efluentes líquidos em 80%, devolvendo ao manancial apenas 7 m³/hora dos 35 m³/hora que são usados nos seus processos.

Dados mostram que se o consumo antes do reúso já fosse de 35 m³/hora, o custo seria de aproximadamente R\$ 360.000/ano. Com a aplicação do reúso de água, a economia gerada foi cerca de R\$ 280.000/ano.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

É possível concluir, através desta revisão bibliográfica, que medidas de preservação do ambiente tornam-se necessárias, em todos os setores de consumo de água, visto que já se enfrentam problemas relacionados à falta de água em alguns lugares do planeta e inúmeras estimativas foram feitas mostrando a possível escassez das reservas hídricas para o consumo humano.

As empresas, estão mais preocupadas em promover ações que protejam o meio ambiente, tendo em vista que as atividades produtivas dependem diretamente deste. E muitas indústrias têxteis, que consomem enormes quantidades em seus processos de produção, estão adotando ações de sustentabilidade ambiental, mais especificamente, em relação aos recursos hídricos, a reciclagem e reúso da água utilizada dentro de suas fábricas.

Vários são os benefícios que podem ser alcançados pelas indústrias com o reúso da água, tanto ambientais, como econômicos e sociais. Dentre os benefícios gerados ao meio ambiente podemos citar: redução do lançamento de efluentes industriais em corpos d'água, redução da captação de águas superficiais e subterrânea; aumento da disponibilidade de água para usos prioritários, como abastecimento público e hospitalar. No que diz respeito aos benefícios sociais, pode-se considerar uma ampliação na geração de empregos diretos e indiretos, além da melhoria da imagem do setor produtivo junto à sociedade, com o reconhecimento de empresas socialmente responsáveis. Por fim podemos enumerar os retornos econômicos, considerando que o reúso possibilita à empresa um aumento da competitividade no setor, assim como redução nos custos de produção, possibilidade de receber incentivos e redução de cobrança pelo uso da água.

Os estudos de casos mostraram que as empresas apresentaram economia com custo mensal e anual de água, pois reduziram a utilização dos recursos hídricos do estado. Além disso, o volume de efluentes gerados diminuiu e se tornou mais limpo devido ao seu tratamento antes de ser lançado, o que ameniza os impactos ambientais. As empresas tornaram mais competitivas no mercado, por causa da preocupação com o meio ambiente.

Com o reúso, aumenta a disponibilidade dos recursos hídricos para usos prioritários, como abastecimento público e hospitalar, e a dessedentação de animais. É possível gerar mais empregos e é mais provável que as empresas que adotem o sistema

ganhem competitividade industrial, além de recebimento de incentivos, como prêmios de reconhecimento.

É preciso lembrar que o objetivo do reúso de água vai estabelecer a qualidade da água, os tratamentos necessários e os custos associados para a implantação. Acredita-se que no Brasil, muitas empresas ainda não adotaram a prática por este possuir em torno de 12% das reservas hídricas do mundo. Desta forma, muitas pessoas não acreditam que possa haver escassez de água no país e evitam tomar medidas que vão elevar o custo de processo inicialmente, sem perceber que o retorno que vem posteriormente é muito maior.

Espera-se que a população compreenda o benefício e a necessidade de preservar a água, e, adotem ações para tal, seja utilizando-a de maneira racional, sem desperdícios, seja pela implantação do sistema de reúso. Deseja-se também que mais indústrias têxteis brasileiras implantem o sistema de reúso em suas instalações, pois das cerca de 550 indústrias têxteis de grande porte, na pesquisa bibliográfica encontrou-se apenas 3 que utilizam o reúso, mesmo sabendo que deve existir um número maior, ainda é muito pouco. Por fim, espera-se que a porcentagem da captação de água cearense por parte das indústrias têxteis seja reduzida, visto que a pesquisa mostrou que em torno de 25% da água bruta do estado é consumida por essas indústrias.

CAPÍTULO 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. Agência Nacional de Águas. Disponível no site da ANA na Internet. URL: www.ana.gov.br. Acesso em 10 de Outubro de 2011.
- ANTONIALI, N; OLIVEIRA, L. G.; VIDAL, C. M. S. Caracterização e Propostas de Tratamento para Efluentes de Indústrias Têxteis. VII Semana de Engenharia Ambiental. Campus Irati. (2009).
- ASANO, A.; TCHOBANOGLIOUS, G. The Role of Wastewater Reclamation and Reuse in the USA. Water Science and Technology. V.23, Kyoto, 2049-2059 (1991).
- ARAÚJO, M.; CASTRO, E. M. M., Manual de Engenharia Têxtil, v.2. Fundação Calouste Gulbenkian, (1984).
- BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais. São Paulo, CETESB, (1993).
- BOSCARDIN BORGHETTI, N. R. B. *et al.* Aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do Mercosul. Curitiba, 214p. (2004).
- CASTRO JÚNIOR, O. V. Modelo de Avaliação da Estratégia Ambiental: Estudo em uma Empresa do Setor Têxtil. Fortaleza, 2003.
- CIRRA. CENTRO INTERNACIONAL DE REFERÊNCIA EM REÚSO DE ÁGUA. Disponível no site do CIRRA na Internet. URL: www.usp.br/cirra. Acesso em 10 de Outubro de 2011.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, 200. 23p. (2005).
- CONAMA; Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Ministério do Meio Ambiente, 200. 8p. (2011).
- CONCHON, J. A. Tratamento de Efluentes. Transcrição do Artigo Publicado na Revista Base Têxtil, da Federación Argentina de la Industria Textil, n. 123, (1999).
- COHEN, B. J.; WOOD, D. L. O Corpo Humano na Saúde e na Doença. 1. ed. São Paulo: Manole, 483p. (2002).
- COPASA. Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Disponível na site da COPASA na Internet. URL: www.copasa.com.br. Acesso em 14 de Outubro de 2011.

- CORREIA, V. M.; STEPHENSON, T.; JUDD, S. J., Characterisation of Textile Wastewaters – A Review, School of Water Sciences, Cranfield University, United Kingdom, July 1994, Environmental Technology, vol. 15, p. 917-929, (1995).
- COSTA, D.; BARROS JÚNIOR, A. - Avaliação da Necessidade do Reúso de Águas Residuais. Holos. (2005).
- CUTOLO, S. A. Reúso de Águas Residuárias e Saúde Pública. 1. ed. São Paulo: Annablume editora.comunicação, 94 p. (2009).
- DIDERICH, J. Crise de Água Vai Se Agravar Com Diminuição de Reservas - ONU. Reuters. Paris, (2003).
- FIESP. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. Disponível no site da Fiesp na Internet. URL: www.fiesp.com.br. Acesso em 28 de Setembro de 2011.
- FRANCKO, D. A.; WETZEL, R. G. To quench out thirst: Present and future freshwater resources of the United States. University of Michigan, (1983).
- GEOPLAN. Soluções para Abastecimento de Água, Tratamento e Reúso de Efluentes. Disponível no site da Geoplan na Internet. URL: www.geoplan.com.br. Acesso 10 de Novembro de 2011.
- GUIA TÊXTIL E CONFECÇÃO. Ceará cai e passa a sexto pólo têxtil nacional. Disponível no site do Guia Têxtil na Internet. URL: www.guiatextil.com. Acesso 25 de Outubro de 2011.
- GUIA TÊXTIL E CONFECÇÃO. Vicunha reutiliza 75% de efluente industrial. Disponível no site do Guia Têxtil na Internet. URL: www.guiatextil.com. Acesso 15 de Setembro de 2011.
- GORINI, A. P. F. Panorama do Setor Têxtil no Brasil e no Mundo: Reestruturação e Perspectivas. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social Setorial, Rio de Janeiro, n. 12, p. 17 – 50, (2000).
- GOULD, P. P.; GROFF, K. A., Ozone Science. Eng., 9º ed., p.153, (1987).
- GRASSI, M. T. As águas do planeta terra. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. p. 31-40, (2001).
- GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B., Corantes Têxteis. Química Nova, v.23, n.1, p.71-78, (2000).

- HART, E., Reciclagem de Água, um Programa Economicamente Viável e Tecnicamente Inovativo. Tecnologia Meio Ambiente. Química Têxtil, p.07-10, (1994).
- HÉLLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte, 898p. (2006).
- HEMKEMEIER, M. Pós- tratamento de efluente de embalagens metálicas utilizando reator de batelada sequencial (RBS) para remoção da demanda química de oxigênio. Campo Grande-MS, 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, (2005).
- HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. Bahia - Análise e dados. nº especial, v.13, Salvador, p.411-437. (2003).
- KUNZ, A. *et al.* Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. Química. Nova, Vol. 25, No. 1, 78-82, (2002).
- LITTLE, A. H. Water Supplies and the Treatment and Disposal of Effluents. The Textile Institute Manchester, n. 2, (1975).
- MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Reúso de água. São Paulo: USP, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações em saúde Ambiental, 579p. (2003).
- NEBEL, B. J. e WRIGHT, R. T. Environmental Science. 7a. ed. New Jersey: Prentice Hall, (2000).
- NETTO, R. C. Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil – Série P+L. Sinditêxtil – SP. Sindicato das indústrias têxteis do estado de São Paulo, 99p. (2009).
- NETTO, R. C. Indicadores de Desempenho Ambiental do Setor Têxtil. Sinditêxtil – SP. Sindicato das indústrias têxteis do estado de São Paulo, 9p. (2010).
- PITOLI, M. Iso 14.001 no Setor Têxtil. Revista Textília, n. 37, (2000).
- PITOMBO, L. R. M.; MARCONDES, M. E. R. Interações e transformações IV: Química: Ensino Médio: Livro do Aluno. 1. ed. São Paulo: USP, 200p. (2005).
- QUADRADO, A.; VERGARA, R. Vai Faltar Água?. Revista Superinteressante. Ed. 189, Junho, (2003).
- REBOUÇAS, A., GALÍZIA TUNDISI J., BRAGA, B. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados, USP, (1999).
- REBOUÇAS, A. Uso inteligente da água. São Paulo: Escrituras Editora, 208p. (2004).

- REVISTA ÁGUA. Humanização Azul na Linha de Montagem. Disponível no site da Revista Água na Internet. URL: www.revistaagua.com.br. Acesso em 02 de Outubro de 2011.
- ROSEGRANT, M.W. Water resources in the twenty-first century: challenges and implications for action. International Food Policy Research Institute (IFPRI). Washington, D.C. (1997).
- ROSENBERG, M. Current World Population. About.com Guide. May 11 2011. Disponível no site do About.com na Internet. URL: www.about.com. Acesso em 31 de Outubro de 2011.
- SANIN, L. B. B. A Indústria Têxtil e o Meio Ambiente. Química Têxtil, p.13-34, 1997.
- SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível no site da Sabesp na Internet. URL: www.sabesp.com.br. Acesso em 07 de Novembro de 2011.
- SESI-SP. Serviço Social da Indústria. Disponível no site do Sesi-SP na Internet. URL: www.sesisp.org.br. Acesso 10 de Novembro de 2011.
- SPITZCOVSKY, D. Tanta água disponível é incentivo ao desperdício. Disponível no site do Planeta Sustentável na Internet. URL: www.planetasustentavel.abril.com.br. Acesso em 02 de Outubro de 2011.
- SHIKLOMANOV, I. A. World Freshwater Resources. In P. H. Gleick (ed.), Water in Crisis: A Guide to the World's Freshwater Resources. New York, Oxford University Press, (1993).
- TOLEDO, R. A. S., Tecnologia da Reciclagem. Química Têxtil, p.8-14, Março de 2004.
- TRALLI, V. J. Noções Básicas para Engomagem. Revista Textília, n. 37, 2000.
- TWARDOKUS, R. G. Reúso de água no processo de tingimento da indústria têxtil. Florianópolis – SC, UFSC, (2004).
- VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 452p. (2005).
- WHO. Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards. Of a WHO meeting of experts. Technical report series N° 517. Genebra, (1973).
- WHO; UNICEF. Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000 Report. Geneva and New York, World Health Organization and United Nations Children's Fund. (2000).