

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática
Curso de Engenharia de Produção

**ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA DO USO DOS
EFLUENTES TRATADOS DE LAVANDERIA COMO ÁGUA
INDUSTRIAL -
ESTUDO DE CASO: LAVANDERIA INDUSTRIAL – MARINGÁ- PR**

LUENIR FELIZARDO DA SILVA

TCC-EP-58-2006

Maringá - Paraná
Brasil

**Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática
Curso de Engenharia de Produção**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA DO USO DOS
EFLUENTES TRATADOS DE LAVANDERIA COMO ÁGUA
INDUSTRIAL
ESTUDO DE CASO – LAVANDERIA INDUSTRIAL – MARINGÁ- PR**

LUENIR FELIZARDO DA SILVA

Trabalho apresentado como requisito de
avaliação no curso de graduação em
Engenharia de Produção na
Universidade Estadual de Maringá – UEM.
Orientador: Prof. Manoel Francisco Carreira

Maringá - Paraná

2006

Luenir Felizardo da Silva

**Análise da Viabilidade Financeira do Uso dos Efluentes Tratados de
Lavanderia como Água Industrial
Estudo de Caso: Lavanderia Industrial – Maringá- PR**

Este exemplar corresponde à redação final do Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá, pela comissão formada pelos professores:

Orientador: Prof. Dr. Manoel Francisco Carreira
Departamento de Engenharia Têxtil, CTC

Prof^a. Dra. Rosa Maria Ribeiro
Departamento de Engenharia Química, CTC

Maringá, novembro de 2006

DEDICATÓRIA

Dedico a meu pai, José Felizardo da Silva, pelo incentivo, apoio, esforço e confiança em mim depositado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, acima de tudo e de todos, pelo dom da vida, por sempre estar presente, me iluminando e concedendo as forças necessárias para superar o desânimo e obstáculos que surgiram.

Também agradeço a todos que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho, e em especial:

A minha mãe Zita Dias da Silva e minha irmã Lenir Felizardo da Silva, pelo apoio durante a caminhada.

Ao meu orientador Prof. Dr. Manoel Francisco Carreira, pela paciência, disponibilidade e dedicação na realização deste trabalho.

A indústria que disponibilizou o acesso ao sistema de tratamento, forneceu o efluente e dados de arquivo para a pesquisa.

A amiga Simoni Cristina Vieira, pelo apoio, ajuda e amizade.

A Prof.^a Dra. Rosa Maria Ribeiro pela cessão de material.

E a todos aqueles que individualmente ou coletivamente não tendo sido aqui citados, porém permitiram de alguma forma a concretização deste trabalho.

SUMÁRIO

1.1 INTRODUÇÃO	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 Objetivo Geral:.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos:.....	2
1.3 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO.....	3
1.4 DELIMITAÇÕES E LIMITAÇÕES DO TRABALHO	4
1.5 SEQÜÊNCIA LÓGICA DO TRABALHO	4
2.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
2.1.1 INDÚSTRIA TÊXTIL E O SEGMENTO DE LAVANDERIA INDUSTRIAL	6
2.1.2 Efluente têxtil	7
2.1.2 Conceituação dos tratamentos de efluentes em lavanderias.....	8
2.1.2.1 Corantes como fonte de poluição nas lavanderias.....	8
2.1.2.2 Corantes usados na indústria têxtil (lavanderias).....	8
2.1.2.3 Degradação dos corantes	11
2.1.2.4 TOXICIDADE	11
2.1.3 Principais tipos de tratamentos utilizados em efluentes têxteis	12
2.1.3.1 Consumo de água	12
2.1.4. Tratamento físico	13
2.1.4.1. Gradeamento	13
2.1.4.2. Peneiramento	13
2.1.4.3. Homogeneização e equalização	14
2.1.5. Tratamento físico-químico	14
2.1.5.1 Precipitação química com uso de coagulantes	15
2.1.5.2. Decantação	16
2.1.5.3 Flotação	17
2.1.6 Tratamento biológico	17
2.1.7 Reuso de água industrial	18
3.1 METODOLOGIA.....	20
3.1.1 Classificação da Pesquisa	20
3.1.2 Procedimento de Coleta de Dados	21

3.1.3 Forma de Tratamento dos Dados	21
4.1 Caracterização do Problema	22
4.1.1 Caracterização da Empresa	22
4.1.1.1 Fluxograma de Produção	23
4.2.1 Caracterização do Sistema de Tratamento do Efluente.....	30
4.2.1.1 Parâmetros Legais – Exigência da empresa de saneamento	30
4.2.1.2 Fluxograma do Sistema de Tratamento de Efluente da Lavanderia.....	31
5.1 PROPOSTA DE REFORMULAÇÃO	36
6.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS	40
6.1.1 Dados referentes à situação antes do reuso	40
6.1.2 Dados referentes à situação depois do reuso.....	42
6.2 Resultado referente à análise visual do efluente.....	44
7.1 CONCLUSÃO.....	45
8.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

FIGURAS

Figura 01 – Fluxograma do processo industrial.....	23
Figura 02 – Foto do processo de recebimento - Lavanderia	24
Figura 03 – Foto do processo de pesagem - Lavanderia	24
Figura 04 – Foto do processo de espatulado - Lavanderia	25
Figura 05 – Foto do processo de lixado - Lavanderia	26
Figura 6 – Foto do processo de lixado - Lavanderia	26
Figura 07 – Foto do processo de used - Lavanderia	27
Figura 08 – Foto do processo de corrosão - Lavanderia	28
Figura 09 – Foto da máquina de lavar, estonar e tingir - Lavanderia	28
Figura 10 – Foto da máquina para centrifugar - Lavanderia	29
Figura 11 – Foto do processo de secagem - Lavanderia	29
Figura 12 – Foto do processo de passadoria - Lavanderia	30
Figura 13 – Fluxograma do sistema de tratamento de efluentes da lavanderia	i
Figura 14 – Caixa de separação	32
Figura 15 – Peneira rotativa - escova.....	32
Figura 16 – Tanque de mistura	33
Figura 17 – Flotador	33
Figura 18 – Leito de secagem	34
Figura 19 – Despejo na rede de esgoto	34
Figura 20: Fluxograma do sistema de tratamento da lavanderia após reformulação	36
Figura 21 – Flotador 2	37
Figura 22 – Caixa de armazenamento	37
Figura 23 – Reservatório	38
Figura 24 – Gráfico de DQO ao longo de 2005 e 2006	39
Figura 25 – Gráfico de DBO ao longo de 2005 e 2006	39
Figura 26 – Amostra do efluente da Lavanderia.....	44

TABELAS

Tabela 1 - Estimativa de investimento no Sistema de tratamento antigo	40
Tabela 2 – Consumo mensal de produto químico – antes do reuso.	40
Tabela 3 - Despesas com mão-de-obra – antes do reuso	40
Tabela 4 - Investimentos na ETE	42

QUADROS

Quadro 01 – Capacidade das máquinas usadas na lavanderia	25
Quadro 02 – Parâmetros de despejos na rede de esgoto de Maringá	31

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
R\$	Unidade Monetária – Real

RESUMO

O presente trabalho tem como foco central apresentar um estudo de viabilidade do reuso como água de processo dos efluentes tratados de lavanderia industrial. Para tanto, utilizou-se para o estudo de caso uma lavanderia industrial de pequeno porte localizada em pleno centro urbano da cidade de Maringá-PR. O trabalho consistiu no levantamento dos custos operacionais antes do reuso e depois, assim como análise do retorno do investimento. Quanto à qualidade do efluente tratado, em termos de análise não se concluiu nada a respeito devido à falta de elementos (dados) recentes. Porém, em termos visuais o efluente tratado apresentou melhora considerável. Em relação à viabilidade econômica, salvo melhor juízo, se tornou questionável devido a questões de legislação de despejo. Em termos de impacto ambiental é indiscutível a melhorar, desde que não se discuta o passivo introduzido pelo lodo gerado. De forma geral, considerou-se satisfatório o reuso do efluente, no qual foi obtido como principal resultado a redução de custos com a Companhia de Saneamento na indústria pesquisada.

Palavras-chave: Reuso. Tratamento de efluente. Lavanderia Industrial.

**ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA DO USO DOS EFLUENTES
TRATADOS DE LAVANDERIA COMO ÁGUA INDUSTRIAL
ESTUDO DE CASO - LAVANDERIA INDUSTRIAL – MARINGÁ – PR.**

1.1 INTRODUÇÃO

O objeto de estudo deste trabalho é o caso de uma lavanderia industrial, situada na área central da cidade de Maringá-PR, cujos efluentes atualmente são tratados por meio de processo físico-químico simples (flotação) e posteriormente direcionados para a rede de esgoto sanitário. A situação em questão acaba por gerar um custo significativo, pois a empresa paga por volume de água despejada, mesmo depois de ter executado parte do tratamento.

Nas lavanderias industriais, o consumo de água em geral são superiores a 30 litros por quilo de roupa lavada ou tingida. Essas águas residuais contêm grande diversidade de compostos, entre os quais tensoativos, amaciantes, alvejantes, tinturas, fibras de tecidos, gomas e resíduos de sujeira em geral. Devido a esses produtos, o efluente acaba por apresentar significativa carga orgânica, coloração, baixa tensão superficial, além de razoável volume de sólidos suspensos, e que caso não sejam tratados acabam causando poluição dos recursos hídricos. Pode-se considerar que esse volume de efluente nas lavanderias acaba por se tornar uma preocupação constante para os empresários, haja vista, que a legislação imputa diversas sanções àquele que não cumprem os valores estabelecidos por ela, em alguns casos pode-se chegar até a interdição das unidades industriais.

Como o consumo de água é significativo, o reuso da mesma tem como objetivo minimizar custos industriais e os impactos ambientais. Baseado nesta vertente é que neste trabalho se pretende desenvolver na lavanderia industrial em questão a análise da viabilidade da recuperação de parte do efluente tratado para uso em fins industriais.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral:

Analisar a viabilidade financeira do reuso de efluentes tratados como água industrial numa lavanderia. Cujo processo se caracteriza por lavagem e tingimento de peças prontas.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- ✓ Apresentar um diagnóstico da situação atual do sistema de tratamento de efluentes em operação;
- ✓ Especificar as alterações recomendadas para implementação do reuso de efluentes;
- ✓ Acompanhar todas as modificações em projetos e estudar as suas efetivas viabilidades em termos práticos,
- ✓ Executar comparações visuais que demonstrem a efetiva eficiência do tratamento e viabilidade da recuperação, assim como analisar os aspectos referentes ao custo-benefício da implementação do sistema de recuperação em termos financeiros e ambientais;
- ✓ Comparar em termos de custos e resultados ambientais o “antes e depois” em relação às modificações efetuadas no sistema.

1.3 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

Toda alteração em um sistema de tratamento de efluentes induz a duas perguntas diretas e simples, a eficiência ambiental do sistema melhorou? Houve redução dos custos operacionais? Neste estudo de caso em questão, as modificações ocorreram, porém nenhuma das duas perguntas acima formuladas foi respondida antecipadamente ao gestor da empresa, e a princípio pode ser visto como uma deficiência de planejamento empresarial.

Assim é que se justifica o presente trabalho, cujo objetivo principal é nortear o projetista e o gestor da empresa em termos de viabilidade financeira quanto ao reaproveitamento dos efluentes tratados da lavanderia industrial. É evidente que a questão ambiental é importante, porém se ela vem acompanhada de redução de custo é melhor ainda. Quanto se calcula a viabilidade financeira de um empreendimento ambiental e este se mostra com um custo-benefício vantajoso, o empresário passa a ver as questões ambientais com outros olhos. Daí a importância de se chegar a valores razoáveis em termos de viabilidade, talvez o melhor termo a ser usado é a viabilidade do custo-benefício.

Outra questão importante, é que ao se analisar o lado financeiro do empreendimento ambiental pode se despertar o olhar para o que é prático, racional e que muitas das vezes podem chegar a situações ambientais muito melhores do que quanto se vê apenas o lado ambiental.

Neste trabalho o resultado a ser encontrado não é questão principal, apesar de ser foco. A questão principal é a informação que se gera em termos práticos para que se possa ter uma visão ampla das questões ambientais, pois o simples fato de reduzir os despejos não implica necessariamente que houve redução do impacto ambiental global. Diz-se isso, por quê? Porque se deve ter muito cuidado quanto se reduz a quantidade de resíduos em uma fase (gasoso, líquido e sólido) da matéria, pois se pode estar gerando passivos ambientais em outras fases, ou seja, se está apenas transferido impacto de uma fase para outra. E muita das vezes usando recursos financeiros de forma equivocada.

1.4 DELIMITAÇÕES E LIMITAÇÕES DO TRABALHO

O presente trabalho fica delimitado à lavanderia do referente estudo de caso, situada na área central da cidade de Maringá-PR, cujo efluente é despejado na rede de esgoto sanitário.

Quanto às limitações, foram observados os seguintes itens:

- ✓ Alguns dados contidos no trabalho tiveram que ser estimados, por não haver condições de medição, tais como: energia elétrica e consumo de produto químico.
- ✓ Outra questão importante é que não houve análises químicas e bacteriológicas do efluente. As poucas análises apresentadas foram feitas com longos intervalos.
- ✓ Os dados de investimento inicial e das modificações foram estimados, pois a empresa não possui os mesmos.

1.5 SEQÜÊNCIA LÓGICA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado de forma a apresentar no capítulo inicial uma introdução que permita identificar o tema e sua problematização, os objetivos, as justificativas do trabalho, além de contemplar a própria estrutura dos capítulos.

O segundo capítulo trata da revisão bibliográfica, onde o tema do trabalho é abordado de forma objetiva para os efluentes têxteis com ênfase as lavanderias industriais.

O terceiro capítulo contempla a metodologia, onde a pesquisa é classificada segundo alguns pontos de visão. Neste capítulo, também, desenvolve-se um breve histórico da empresa, se caracteriza mais especificamente o problema a se abordar, os fluxogramas e a descrição do processo industrial e do sistema de tratamento de

efluentes. E, finaliza com o roteiro referente à coleta dos dados, bem como a forma que se tratarão os dados coletados.

O quarto capítulo trata da análise dos resultados, onde estão calculados todos os investimentos, custos operacionais, custo de mão-de-obra e a totalização dos mesmos.

O quinto capítulo contém a conclusão do trabalho como um todo.

2.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Muitas das considerações e fundamentações teóricas, neste trabalho, são reportadas à indústria têxtil, haja vista que a indústria de lavanderia está inserida dentro do contexto da atividade têxtil.

2.1.1 INDÚSTRIA TÊXTEL E O SEGMENTO DE LAVANDERIA INDUSTRIAL

A indústria têxtil constitui uma atividade industrial de grande importância na economia brasileira que foi implantada no Brasil em caráter industrial após a independência em 1822, mais precisamente entre o período de 1844 até o final da 1ª guerra mundial e atualmente supre 60% da demanda interna (OLIVEIRA, 1980).

No início, a indústria têxtil era basicamente artesanal e trabalhava com matérias-primas naturais, tais como o algodão, a lã e a seda. Com a modernização de máquinas e equipamentos, as fibras sintéticas e artificiais foram introduzidas, mas o algodão continua sendo uma das principais matérias-primas no beneficiamento e industrialização das fibras têxteis.

A pujança do setor têxtil no Brasil pode ser representada por dados citados por CONCHON (1999), como: a existência de aproximadamente 5000 indústrias, ocupando o 24º lugar entre as atividades industriais de maior importância no país, o 5º lugar em geração de empregos diretos e no 6º em faturamento, é um dos maiores segmentos industriais não só no Brasil, mas no mundo.

As fibras são as principais matérias-primas do setor têxtil, quer sejam naturais, artificiais ou sintéticas. As fibras naturais são, entre outros, o algodão, a lã e a seda; as fibras artificiais são fabricadas a partir de produtos naturais de composição macromolecular (animal/vegetal), como a viscose e o acetato de celulose. As fibras sintéticas são substâncias químicas orgânicas, em geral derivadas de processos petroquímicos, com alto grau de polimerização, obtidas a partir da hulha ou petróleo (LAROUSSE, 1973:6644 e 6645, citado por MARTINS, 1997).

As lavanderias inicialmente apresentavam a finalidade do processo de lavagem de

peças confeccionadas, porém passaram na década de 80 a se ocupar também no tingimento de peças confeccionadas. Atualmente, grande parte das lavanderias trabalha em parceria com as indústrias têxteis, onde são empregados os processos de tingimento das peças confeccionadas destas indústrias, apresentando vantagens tais como, rapidez, cor de acordo com os ditames da moda e uniformidade de cores. Daí as lavanderias possuem efluente muito semelhante às indústrias têxteis que tingem seus produtos.

2.1.2 Efluente têxtil

Os principais problemas das indústrias têxteis é o efluente gerado, principalmente pela elevada DQO e a coloração devido à presença de corantes, pigmentos e produtos químicos auxiliares, que fazem com que o efluente têxtil necessite de um tratamento específico (KANG *et. al*, 1999).

Além dos corantes, pigmentos e produtos auxiliares, o efluente têxtil apresenta grande quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos, fazendo com esse tipo de efluente apresente toxicidade à vida aquática, pois diminuem o oxigênio dissolvido e modificam as propriedades e características físicas dos cursos d'água (BRAILE & CAVALCANTI (1993); SOTTORIVA (2002)).

As tecnologias utilizadas para o tratamento desses efluentes, mesmo atingindo resultados satisfatórios para substâncias isoladas, não consideram os efeitos dessas substâncias como um conjunto. Sem deixar de mencionar que amostras aquáticas ambientais contêm uma mistura de substâncias que podem apresentar efeitos sinérgicos, antagônicos, neutros ou aditivos (ZIOLI, 1997).

No Brasil, desde a década de 70, pesquisadores da CETESB avaliaram a toxicidade de vários despejos industriais e constataram que os efluentes têxteis estavam entre os mais tóxicos. No Estado de São Paulo, a Secretaria do Meio Ambiente adotou a Resolução sobre a utilização do parâmetro Toxicidade aguda e crônica, no controle da poluição industrial (Resolução SMA nº 3 – 23/02/2000).

Com isso, as indústrias têxteis foram obrigadas a investir na prevenção à poluição, implantando programas para a redução do consumo de água e energia, minimização

de resíduos, bem como na produção limpa, visando reduzir os impactos ambientais do processo produtivo (SOTTORIVA, 2002).

2.1.2 Conceituação dos tratamentos de efluentes em lavanderias

Existem diversos fatores de caráter industrial (processo) que influenciam diretamente na caracterização dos efluentes, haja vista, a dinâmica dos processos industriais têxteis que variam de acordo com a moda e as estações do ano. Na seqüência são apresentados alguns destes fatores.

2.1.2.1 Corantes como fonte de poluição nas lavanderias

Devido à extrema complexidade e diversidade de compostos que podem ser encontrados nos efluente têxteis, incluído as lavanderias, cada estudo de viabilidade de tratamento deve ser realizado de maneira específica, isto é, os processos desenvolvidos devem ser direcionados a um tipo particular de efluente, uma vez que não existem procedimentos padronizados que possam ser aplicados a uma grande gama de resíduos. Em função deste fato, segundo RODRIGUES (2001) muitas alternativas têm sido estudadas. Os principais métodos disponíveis para o tratamento, serão abordados com maior detalhe na seqüência desta fundamentação teórica.

2.1.2.2 Corantes usados na indústria têxtil (lavanderias)

Até a metade do século XIX, todos os corantes eram derivados de folhas, ramos, raízes, frutos ou flores de várias plantas e de substâncias extraídas de animal. Durante grande parte deste século, o Brasil também foi fonte principal do índigo natural (extraído da *Indigofera tinctoria*). Embora a indústria de corantes têxteis tenha se originado na Europa no século XVI, o primeiro corante sintético só foi descoberto em 1856, século XIX, na Inglaterra (MORAES et al., 1996).

Os corantes sintéticos são usados extensivamente em indústria têxtil e tinturarias, impressão de papel, fotografia e como aditivo em derivados de petróleo. São

aplicados, diluídos em um líquido, no qual os corantes sejam solúveis (total ou parcialmente). Devem possuir afinidade específica com o substrato.

As diferentes classes de corantes sintéticos são denominadas de acordo com a estrutura química do grupo cromóforo (que são estruturas atômicas que fazem com que o produto, a água, absorva uma radiação eletromagnética na faixa visível) ao qual pertence, tais como: azo, trifenilmetano, heterocíclicos, antraquinomas e poliméricos. Os corantes têm sido empregados devidos principalmente à facilidade de produção, constância na estrutura e variedade de cores (MORAES *et al.*, 1996).

Segundo WEBER e STICKNEY, citados por MORAIS *et al.*, (1999), estima-se que atualmente 12% dos corantes têxteis sintéticos são perdidos a cada ano nas operações de manufatura e processamento e que 20% destes corantes perdidos entram no meio ambiente através dos resultantes das estações de tratamento. Atualmente, a produção mundial de corantes é de 700.000 toneladas por ano, sendo que deste montante, mais de 50% são usados na indústria têxtil e conseqüentemente nas lavanderias industriais (BISHOP, 1996). Existem vários tipos de corantes, dentre os quais podemos destacar:

Corantes reativos

Este grupo de corantes apresenta como característica uma alta solubilidade em água e o estabelecimento de uma ligação covalente entre o corante e a fibra, que confere maior estabilidade na cor do tecido, quando comparado a outros tipos de corantes em que o processo de coloração se opera através de ligações de maior intensidade. São corantes contendo um grupo eletrofílico (reativo), capaz de formar ligação covalente com grupos hidroxila das fibras celulósicas, com grupos amino, hidroxila e tióis das fibras protéicas e também com grupos amino das poliamidas. Existem numerosos grupos de corantes reativos, porém as principais contêm a função azo. Os azo corantes são classificados pela presença de um ou mais grupos azo (-N=N-), ligados a um ou mais núcleos aromáticos (BISHOP, 1996).

Corantes diretos

São corantes que foram originalmente concebidos para tingir algodão; são formalmente definidos como “corantes aniônicos para celulose quando aplicados a

partir de um banho aquoso contendo um eletrólito”. O primeiro corante Direto foi o Velho Congo, sintetizado em 1884 (BASF 2000)

Os corantes diretos apresentam a maneira mais simples de colorir materiais celulósicos, uma vez que são normalmente aplicados a partir de banhos neutros ou levemente alcalinos, próximo ou no ponto de ebulição, no qual são adicionados Cloreto ou Sulfato de Sódio em quantidades e intervalos de tempo apropriados (BISHOP, 1996).

Corantes sulfurosos

No processo de fabricação dos corantes sulfurosos utilizam-se compostos que visam garantir a estabilidade desta redução, tais como, açucares redutores e diversos outros tipos de compostos orgânicos. Todos estes componentes são solúveis em água e inócuos. A quantidade residual de sulfetos presente em cada corante é mínima, tendo sido reduzida a níveis apenas absolutamente necessários, para garantir a manutenção da estabilidade do corante em sua forma reduzida. Adicionalmente, os corantes sulfurosos, quando diluídos pela mistura com as águas provenientes dos processos de preparação, alvejamento, tintura e acabamento, os produtos oriundos destes processos, promovem a oxidação complementar do corante sulfuroso por precipitação ou floculação (que se encontrava reduzido durante toda a fase de tintura) presente no tanque de equalização e porventura ainda não oxidado. Conseqüentemente, a eliminação deste corante na forma oxidada (sólida), torna-se muito simples, independente do tipo de sistema ou instalação de tratamento de efluentes. Por outro lado, comparativamente, os corantes solúveis tais como, os diretos e reativos, normalmente utilizados na tintura de fibras celulósicas, apresentam maiores dificuldades no tratamento de efluentes.

Esta dificuldade deriva do fato de que a precipitação ou floculação destes corantes exige tratamentos mais complexos, necessitando de adições de polieletrólitos, cal, sais de alumínio ou ferro, etc. Desta forma, a afirmação de que os corantes sulfurosos são problemáticos para o tratamento de efluentes, tem origens nos antigos corantes enxofre (que algumas empresas ainda insistem em vender no Brasil) que contém alto teor de sulfetos, ou de empresas que ainda tingem com redutor à base de sulfeto de sódio (Texpal 2006).

2.1.2.3 Degradação dos corantes

A remoção de cor dos efluentes têxteis tem despertando atenção, não somente por sua toxicidade, mas principalmente pelo seu aspecto visual. Os corantes são formados por moléculas altamente estruturadas e por isso são de difícil degradação biológica e não se pode tratá-los com eficiência por processos de lodos ativados ou quaisquer combinações de métodos biológicos, químicos e físicos (LIN e LIN, 1993, *apud* ALVES, 2000).

A maioria dos corantes azo não é biodegradável sob condições aeróbias. Porém, em condições anaeróbias, muitos tipos de bactérias podem reduzir os corantes, rompendo a ligação e formando aminas aromáticas, como benzidina e acetilbenzedina. Em geral, estes corantes não possuem efeitos citotóxicos, mutagênicos ou carcinogênicos, mas as aminas produzidas pelo rompimento das ligações podem ser recalcitrantes, não podendo ser biotransformadas sob condições anaeróbias (BISHOP, 1996).

2.1.2.4 TOXICIDADE

Os efeitos do corante azo no organismo humano estão sendo estudados há muito tempo. De todas as classes de compostos orgânicos essa substância foi a mais pesquisada (BROWN e DeVITO, 1993). Muitos dos compostos corantes não apresentam caráter tóxico, mas sua biotransformação é responsável pela formação de compostos com potencialidade carcinogênica e mutagênica (GONÇALVES *et al.*, 1999; VANDEVIVERE *et al.*, 1998).

A troca dos corantes naturais por sintéticos é um fato recente. Considerando a necessidade de alta estabilidade dos corantes têxteis em contato com uma série de influências físico-químicas, faz com que também apresentem elevada estabilidade contra a ação de microrganismos no curto prazo de retenção dos processos de tratamento aeróbio (MORAES *et al.*, 1996). Conchon (1995) relatou que após longa aclimação do efluente ao processo biológico convencional (lodos ativados) houve

significativa diminuição desta toxicidade.

Segundo Banat *et al.* (1996) (apud Vulczak, 2005) o tratamento de efluentes têxteis por processos puramente biológicos é acentuadamente melhorado com a inclusão de outras fontes de carbono, como, por exemplo, esgoto doméstico. No entanto, a remoção dos corantes do efluente continua sendo o problema principal para a indústria têxtil, pois estes tendem a se fixar no lodo e a disposição final deste fica comprometida (HU, 1996).

2.1.3 Principais tipos de tratamentos utilizados em efluentes têxteis

Na seqüência serão abordados alguns temas referentes aos parâmetros e processos mais utilizados no tratamento dos efluentes têxteis e em especial os de lavanderia. Principalmente os que estão em foco com o estudo de caso envolvido neste trabalho.

2.1.3.1 Consumo de água

A utilização da água dentro de uma indústria têxtil, mais precisamente no processo de beneficiamento ocorre basicamente em todas as etapas, seja diretamente no processo de lavagem, tingimento, amaciamento, assim como, indiretamente para fazer o resfriamento de água de processo, aquecimento ou produção de vapor em caldeiras.

As indústrias têxteis estão entre as que mais consomem água. São utilizados aproximadamente 100.000 litros de água e gerado em torno de 100 kg de DQO por tonelada de tecido produzido (JEKEL, 2000, *apud* ALVES, 2000). Em geral, os cursos de água são na maioria das vezes usadas como corpo receptor de toda essa carga poluidora.

Existe atualmente uma grande preocupação com o meio ambiente por parte dos empresários, no sentido de adequar-se à legislação ambiental e uma procura de soluções internas para controlar a poluição gerada. Uma destas possíveis soluções

é o reaproveitamento dos efluentes tratados como água industrial, onde se minimiza os rejeitos lançados no corpo receptor, e ao mesmo tempo, se bem dimensionado o processo, minimiza os custos industriais.

2.1.4. Tratamento físico

Nos processos físicos, há predominância de um sistema ou dispositivo que permite a remoção das substâncias que são fisicamente separáveis dos líquidos. Em geral, os principais tratamentos físicos estão representados por processos de separação de fases (decantação, sedimentação, filtração, centrifugação e flotação), transição de fases (destilação, evaporação, cristalização), transferência de fases (extração por solventes, adsorção), e separação molecular (hiperfiltração, ultrafiltração, osmose reversa e diálise) (GULYAS, 1997).

2.1.4.1. Gradeamento

As grades, na maioria das vezes, fazem parte da primeira etapa na remoção de sólidos, retendo material grosseiro em suspensão e corpos flutuantes. Tem a vantagem de além de remover sólido, proteger os equipamentos subseqüentes (bombas, registros, válvulas de retenção, tubulações em geral, etc.) e evitar obstruções na tubulação, as quais podem danificar válvulas e bombas de recalque (NUNES, 2001).

2.1.4.2. Peneiramento

Tem como principal finalidade remover sólidos grosseiros suspensos das águas residuárias com granulometria superior a 0,25 mm de diâmetro. Há dois tipos de diferentes de peneiras: estáticas e rotativas. Em geral, as mais usadas são as peneiras rotativas.

Nas peneiras estáticas ou hidrodinâmicas, o efluente flui na parte superior, desce pela tela e cai pelas malhas para dentro, onde é recolhido e direcionado para unidade subseqüente, enquanto que os sólidos grosseiros deslizam na tela

inclinada, sendo que os sólidos são empurrados pelo próprio líquido, e então são recolhidos na parte inferior do equipamento.

Nas peneiras rotativas, o efluente passa por um defletor, alcança a peneira na parte superior, atravessa as fendas, sendo recolhido na caixa inferior. Os sólidos são removidos por uma lâmina raspadora, caindo num vaso coletor (NUNES, 2001).

As peneiras podem ser instaladas recebendo o efluente por recalque ou por gravidade, situando-se antes ou depois do tanque de equalização. Nos casos em que a concentração de sólidos orgânicos é muito considerável, poderá ser removida de 15 a 25% da DBO₅ em suspensão grosseira (NUNES, 2001).

2.1.4.3. Homogeneização e equalização

Trata-se do tanque de reunião de despejos, objetivando regularizar e homogeneizar e regularizar a vazão aduzida para as unidades subseqüentes, passando assim o sistema a operar com vazão constante. É neste tanque que ocorre a homogeneização da cor, turbidez, pH, temperatura, carga orgânica, etc. O tanque de homogeneização e equalização deve permanecer com lâmina mínima d'água de 1,0m, para que os despejos efluentes sejam sempre homogeneizados e as bombas submersas ou afogadas. O tanque dispõe de agitador tipo aerador, com montagem flutuante e duas bombas de recalque. A densidade de potência é de 10w/m³, para manter os sólidos sedimentáveis em suspensão (NUNES, 2001).

2.1.5. Tratamento físico-químico

Em tratamentos de despejos, os métodos químicos podem ser utilizados para remover material coloidal, cor e turbidez, odor, ácidos, álcalis, metais pesados e óleos. Além disso, os reagentes químicos são utilizados para neutralizar ácidos e álcalis (BRAILE & CAVALCANTI, 1993).

Dos diversos tipos de processos químicos existentes, destacam-se: floculação, precipitação química, oxidação química, cloração, correção de pH e incineração. E,

entre os processos químicos citados, a precipitação, cloração e a incineração são processos de tratamentos bastante discutíveis em termos de impacto ambiental (RODRIGUES, 2001).

Em geral, os tratamentos químicos requerem antes um processo de neutralização de despejos industriais, não só para se evitar o lançamento de águas ácidas ou alcalinas no corpo de água receptor, mas também, como medida necessária para preparação do efluente para o tratamento químico e adequação ao processo biológico (BRAILE & CAVALCANTI, 1993).

Em linhas gerais, os principais reagentes químicos utilizados para neutralização são os seguintes:

- ✓ Para despejos ácidos: lama de cal, calcáreo, carbonato de sódio, soda caustica, amônia, despejo alcalino;
- ✓ Para despejos alcalinos: ácido sulfúrico, ácido clorídrico, dióxido de carbono, gás de água, enxofre, despejo ácido;

2.1.5.1 Precipitação química com uso de coagulantes

O tratamento físico-químico por coagulação-floculação das águas residuárias decorrentes de processos industriais, tem sido empregado, na maioria das vezes, em nível de depuração, objetivando reduzir a carga orgânica do efluente, conseqüentemente, obtendo-se menores dimensões nestas unidades.

Sua concepção básica consiste em transformar em flocos, impurezas em estado coloidal, suspensões, etc, posteriormente removê-los em decantadores. Para se obter a floculação com maior rapidez e eficiência utiliza-se como auxiliar para a decantação ou flotação coagulantes químicos, como os sais de alumínio e de ferro, que reagem com a alcalinidade contida ou adicionada propositalmente nas águas residuárias, formando hidróxidos que desestabilizam colóides e partículas em suspensão (NUNES, 2001).

A coagulação é uma técnica para tratar as águas residuárias com produtos químicos como coagulantes e polímeros. Esta aplicação visa agregar as partículas de difícil

sedimentação, em forma de flocos, e assim pode ser retirados mais facilmente (BRAGA *et al.*, 2002).

Segundo (IMHOFF, 1996) no limite entre substâncias dissolvidas e não-dissolvidas encontram-se as suspensões coloidais. Os colóides podem transformar-se em substâncias insolúveis por processos físicos, químicos ou eletroquímicos. Um exemplo de colóide coagulado é a clara de ovo fervida.

2.1.5.2. Decantação

Quando no efluente os sólidos sedimentáveis são em grande quantidade, estes podem ser recolhidos sem coagulação, somente através da decantação, então é dita simples ou primária, pois ocorre devido as condições físicas do ambiente (gravidade e sólidos com massa considerável).

Os decantadores são dimensionados em função de taxas de escoamento, conforme o tipo e as características do efluente. As taxas empregadas para efluentes industriais são bem menores que as empregadas em tratamento de água para abastecimento público (NUNES, 2001).

A decantação é eficiente na remoção da matéria em suspensão, dependendo do tamanho e da densidade das partículas existentes e do tempo disponível para o processo. Partículas grandes ou pesadas são removidas em um intervalo de tempo relativamente curto, enquanto mais tempo é exigido para materiais leves ou finamente dividido (BRAGA *et al.*, 2002).

Segundo LEME (1982), a teoria da decantação, se resume no efeito da gravidade sobre partículas suspensas num líquido de densidade inferior. Sob a influência da gravidade, qualquer partícula com densidade maior que a água se sedimentará com uma velocidade crescente até o momento em que a resistência do líquido se igualar ao peso efetivo da partícula. A temperatura da água influi na sedimentação através da viscosidade, variando diretamente com a velocidade de sedimentação da partícula, tornando este processo mais eficiente nas águas de temperaturas mais elevadas e possibilitando o emprego de maiores taxas nas águas quentes do que

nas frias.

2.1.5.3 Flotação

Os processos de retenção de óleos e gorduras são, na verdade, exemplos de flotação simples ou natural. Para separar materiais de peso específico maior que a água ou remover óleos emulsionados, é necessário insuflar ar comprimido, cujas bolhas arrastam a superfície líquida, sólidos e líquidos de difícil separação, que são removidos por um sistema mecânico de superfície, enquanto o efluente clarificado fica nas camadas mais baixas do tanque onde é removido.

Em relação à sedimentação, a flotação apresenta as seguintes vantagens: lodo mais concentrado, remoção de sólidos de difícil sedimentação, ocupa menor área e volume, assim como as taxas de aplicação superficial são em geral maiores. Quando empregada em sistemas físico-químicos (coagulação-floculação) obtém-se melhores resultados de eficiência de remoção de DBO_5 quando comparado ao processo de sedimentação (NUNES, 2001).

2.1.6 Tratamento biológico

Os processos biológicos são fundamentados na utilização de microrganismos, os quais proliferam na presença dos resíduos, utilizando-os como fonte de carbono e nitrogênio. São utilizados desde 1987 na Inglaterra e, a partir de 1910, no Brasil (HANCOCK, 1993). Os principais processos biológicos utilizados em rotinas de tratamento são fundamentados em processos de oxidação biológica aeróbia (ex. sistemas de lodos ativados, filtros biológicos, valos de oxidação e lagoas de estabilização e aeradas), anaeróbia (reatores anaeróbios de fluxo ascendente) e processos combinados (digestão do lodo e fossas sépticas) (BRAILE & CAVALCANTI, 1993).

Dentre as várias alternativas biológicas desenvolvidas, o sistema de lodos ativados tem um lugar de destaque, em função da sua elevada capacidade para remoção de DBO_5 em tempos relativamente pequenos e alta eficiência. Neste processo, os

microrganismos transformam as substâncias orgânicas em biomassa, H₂O (água) e CO₂ (gás carbônico). As formas orgânicas nitrogenadas são transformadas em íons amônio e nitrato, enquanto que as espécies fosforadas em ortofosfato (RODRIGUES, 2001). Este tipo de sistema opera com pouco substrato, sendo capaz de remover a toxicidade crônica e aguda, com um menor tempo de aeração. No lodo existe uma quantidade variada de microorganismos, o que pode favorecer a degradação de um grande número de compostos.

Uma importante característica do processo por lodos ativados é a recirculação do lodo. Isto faz com que um grande número de microorganismos permaneça por um longo tempo de residência no meio, o que facilita o processo de oxidação dos compostos orgânicos, diminuindo o tempo de retenção do efluente no tanque biológico.

2.1.7 Reuso de água industrial

O reuso e reciclo de águas servidas em indústrias vem ganhando espaço nos tempos atuais, face à necessidade de redução dos custos finais de produção, numa época em que a economia globalizada condiciona as empresas a uma maior competitividade. Sendo, portanto, de extrema necessidade, o aumento de produtividade com a conseqüente redução dos custos industriais em função do reaproveitamento dos efluentes.

Com a deterioração crescente da qualidade das águas dos mananciais, a necessidade de tratamentos cada vez mais sofisticados onera o produto final acabado, motivo pelo qual, o reuso e reciclo de águas descartadas como resíduos podem retornar ao processo, minimizando, por conseguinte os custos de processo fabril, ou sendo empregado em outros setores das unidades industriais, não ligados diretamente à esfera produtiva, mas da mesma maneira acarretando uma maior economia em água limpa.

As atividades industriais no Brasil respondem por aproximadamente 20% do consumo de água, sendo que, pelo menos 10% é extraída diretamente de corpos d'água.

A lavagem de roupas de forma comercial em empresas de pequeno e médio porte é comum nos dias atuais. Segundo BRAILE & CAVALCANTI (1993), poucas empresas tratam seus efluentes de forma a atingir os padrões de qualidade exigidos pela legislação. Os principais parâmetros a serem considerados na efluente gerado na lavanderia são: cor, carga orgânica (expressos em termos de DQO e DBO₅), sólidos suspensos e surfactantes. Em termos de toxicidade o efluente pode ser considerado como extremamente tóxico. (Menezes *et al.*, 2005).

O reuso e a reciclagem nas indústrias constitui ferramentas de gestão fundamentais para a sustentabilidade da produção industrial pode ser estendida na produção de água para caldeiras, em sistemas de resfriamento, em lavadores de gases e como água de processos. Observa-se cada vez mais a necessidade de se obter água em quantidade e qualidade.

Porém, hoje em dia não existe na natureza água suficiente e em boas condições para atender a todas as necessidades. Logo, esforços devem ser efetuados para a diminuição do consumo, reciclagem e o tratamento das águas contaminadas (VON SPERLING, 1996).

Os custos elevados da água industrial, associado às demandas crescentes têm levado as indústrias a avaliar as possibilidades internas de reuso e considerar ofertas das companhias de saneamento para a compra de efluentes tratados a preço inferiores ao da água potável dos sistemas públicos de abastecimento (BRAGA *et al.*, 2002).

3.1 METODOLOGIA

Na metodologia são abordados três itens distintos: o primeiro trata da classificação da pesquisa, o segundo os procedimentos para obtenção dos dados. E na última etapa, a forma de obtenção dos resultados (forma de cálculo).

3.1.1 Classificação da Pesquisa

A pesquisa é classificada segundo quatro critérios distintos: o primeiro quanto à natureza, o segundo é quanto a forma de abordagem, o terceiro se refere aos objetivos e o último é quanto às características técnicas da pesquisa.

Do ponto de vista da natureza a pesquisa é considerada “aplicada”, pois gera conhecimento de cunho prático e específico para uma determinada atividade industrial (efluente de lavanderia).

Quanto à forma de abordagem, em fase ao uso de análises laboratoriais e dados de custo, cujas informações, em geral, são expressas através de expressões numéricas, a pesquisa enquadra-se como quantitativa. Porém, existe a análise das características visuais do efluente têxtil, que induz a pesquisa ao campo qualitativo, ou seja, uma análise subjetiva de melhoria das características do efluente tratado após a modificação do sistema em função do aspecto físico.

Do ponto de vista objetivo, é uma pesquisa exploratória e descritiva. Exploratória, pois está baseado em um estudo de caso em que se exploram duas situações distintas: a primeira o tratamento através de um processo físico-químico simples de flotação, e em um segundo momento o refinamento do processo de flotação. Também pode ser uma pesquisa descritiva, pois narra as duas situações citadas na fase exploratória.

Quanto à visão técnica, a pesquisa se caracteriza por um estudo de caso em que se estuda o refinamento do processo de flotação em efluente de lavanderia industrial.

3.1.2 Procedimento de Coleta de Dados

O procedimento para a coleta de dados foi dividido em seis etapas distintas:

- ✓ Estudo do processo de tratamento existente até o mês de março 2006.
- ✓ Acompanhamento do processo de tratamento ainda nas condições anteriores a maio de 2006.
- ✓ Registrar toda a situação existente na unidade, através de fotos e análises laboratoriais e de custo.
- ✓ Acompanhamento das modificações implantadas após maio de 2006.
- ✓ Nova coleta de dados, fotos e análises laboratoriais.
- ✓ Cálculos da viabilidade econômica.

3.1.3 Forma de Tratamento dos Dados

Baseado nas análises de custo e nos aspectos visuais dos efluentes tratados comparou-se a situação do “antes” e “depois” das modificações implantadas no sistema de tratamento. Também, através de dados financeiros se estabeleceu uma comparação entre os gastos que ocorriam antes das modificações e que passaram a ocorrer a posteriori, visando definir se o processo de reciclagem da água nesta situação se mostrou viável ou não.

4.1 Caracterização do Problema

A lavanderia industrial em estudo apresenta um sério problema ambiental e industrial. Devido a sua localização, em pleno centro urbano da cidade, a única possibilidade de despejo é a rede esgoto. O órgão ambiental exige que seja feito um tratamento, além de que a empresa precisa pagar a empresa de saneamento público para fazer o despejo final. O fato de estar localizada no centro da cidade, os vizinhos se sentem incomodados com o barulho e o odor. Na seqüência, os problemas são mostrados com detalhamento.

4.1.1 Caracterização da Empresa

O estudo de caso em questão foi realizado em uma lavanderia industrial, localizada na área central da cidade de Maringá – PR. Sem possibilidade de despejos em corpos receptores, além de que, não dispõe de terreno suficiente para a construção de um sistema de tratamento condizente com a vazão que se precisa tratar.

Esta indústria iniciou suas atividades em 1990 com objetivo de atender a demanda de peças acabadas (lavadas e tingidas) da indústria de confecção do próprio grupo. Em 1997, com o crescimento em produtividade, a lavanderia passou a ser uma empresa independente. Atualmente conta com 53 funcionários que se revezam para cumprir um turno de 17 horas por dia, de segunda a sexta-feira e de 12 horas aos sábados (folga aos domingos).

A empresa atua no ramo têxtil oferecendo serviços de lavagem, estonagem, tingimento e diferenciação de peças acabadas, no jeans e no tecido pronto para tingir (PT). A capacidade de processamento é extremamente variável em função do tipo de peça a ser acabada, por exemplo, calças, *shorts*, jaquetas (lavagens e customização das peças), além também de tingir as peças prontas. Em função do tipo de serviços o número de peças trabalhadas mensalmente é muito variável.

A empresa tem uma produção de aproximadamente 70.000 peças/mês, como cada peça pesa aproximadamente 700g e cada quilo de tecido consome aproximadamente 30 litros de água, a lavanderia gera algo em torno de 65m³/dia de efluente.

4.1.1.1 Fluxograma de Produção

Na seqüência tem-se o fluxograma do processo industrial da lavanderia e posteriormente a descrição de cada etapa.

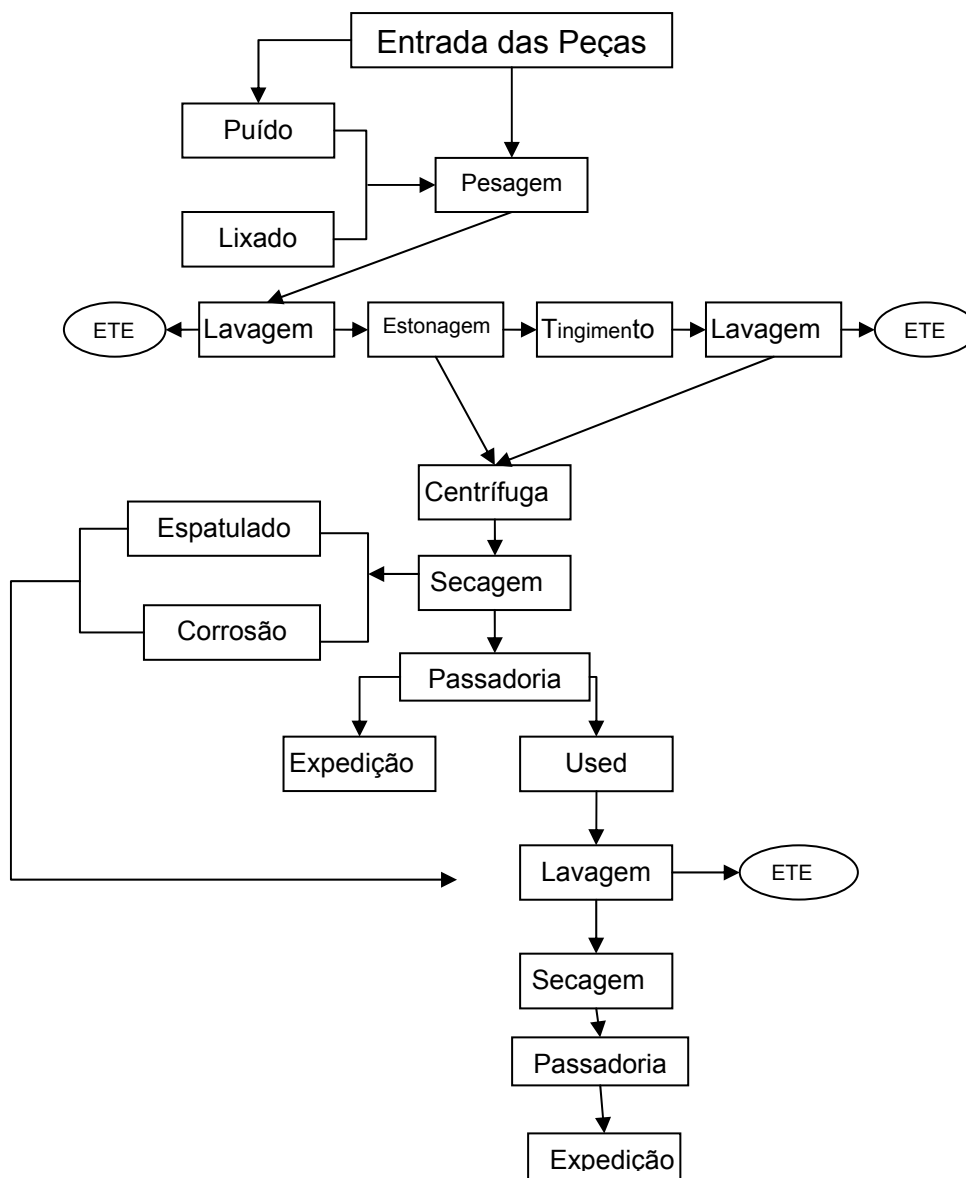


Figura 01 – Fluxograma do processo industrial
Fonte: Primária

Descrição do processo:**Recebimento das Peças Acabadas**

O processo produtivo de inicia com a entrada das peças acabadas na indústria, onde são separadas de acordo com os tipos: jeans e algodão cru e os respectivos serviços em que as peças serão submetidas.

A figura a seguir mostra o recebimento das peças acabadas.



Figura 02 – Foto do processo de recebimento - Lavanderia
Fonte: Primária

Pesagem

Existe a necessidade da pesagem das peças, devido ao fato da capacidade das máquinas serem mensuradas em quilos por partida.

A figura a seguir mostra a pesagem das peças acabadas.



Figura 03 – Foto do processo de pesagem - Lavanderia
Fonte: Primária

Estonagem

Neste processo o amido do índigo é retirado do jeans para que o mesmo fique desbotado, com melhor aparência, melhor toque e como preparação para o tingimento, caso haja necessidade. A empresa conta com 8 máquinas, com capacidade variadas, como mostra o quadro 01, a seguir:

Quadro 01 – Capacidade das máquinas usadas na lavanderia

Quantidade	Capacidade Nominal	Capacidade Real
4	100 Kg	30 Kg
2	250 Kg	100 Kg
1	50 Kg	12 Kg
1	50Kg	8 Kg

Fonte: Primária

Espatulado

Em peças com efeitos específicos como desbotamento, em partes ou na peça inteira, é aplicado permanganato de potássio manualmente. As peças são colocadas em “bombas” que enchem de ar através de um pedal, e em seguida aplica-se o produto.

As peças devem ser lavadas (retirada da goma) antes da aplicação. A figura a seguir mostra o processo de espatulado da lavanderia.



Figura 04 – Foto do processo de espatulado - Lavanderia
Fonte: Primária

Lixado

Para dar aparência envelhecida as peças são lixadas com lixas d'água. Para este processo as peças não devem ser lavadas para retirada da goma. A figura a seguir mostra o processo de lixado da lavanderia.

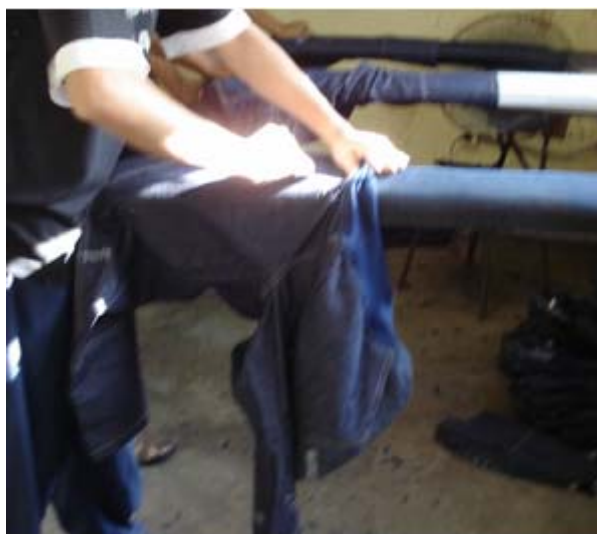


Figura 05 – Foto do processo de lixado - Lavanderia
Fonte: Primária

Puído

O puído é usado para “rasgar”, puir a peça. Neste processo é usado um esmeril, onde é desgastado o fio de urdume sem danificar o fio de trama, esta operação é feita antes da lavagem para retirada da goma.

A figura a seguir mostra o processo de puído da lavanderia.



Figura 6 – Foto do processo de lixado - Lavanderia
Fonte: Primária

Used

Neste processo com uso de pistola é aplicado o permanganato de potássio. Para este processo as peças devem ser lavadas, secas e passadas antes da aplicação do produto.

O processo é utilizado para desbotamento da peças, o uso da pistola se faz necessário para dar efeito uniforme. A figura a seguir mostra o processo de used da lavanderia.



Figura 07 – Foto do processo de used - Lavanderia
Fonte: Primária

Corrosão

A corrosão dá o efeito esbranquiçado, efeito local. Para este processo é utilizado permanganato de potássio sendo feita a aplicação manual com pincéis ou giz escolar.

Também se faz necessário lavar as peças antes da aplicação para a retirada da goma. A figura a seguir mostra o processo de corrosão.



Figura 08 – Foto do processo de corrosão - Lavanderia
Fonte: Primária

Tingimento

Esta etapa ocorre quando o tecido é pronto para tingir, denominado tecido PT. São utilizados como matéria-prima, o algodão cru ou o jeans estonado. Nesta fase as peças recebem os corantes, que são nas cores amarela, vermelha, azul, preta e suas combinações. As máquinas utilizadas no processo de tingimento são as mesmas do processo de estonagem e lavagem.

Lavagem

No processo de lavagem, os corantes e pigmentos em excesso são retirados, e alguns produtos químicos são adicionados, como por exemplo, os detergentes e amaciantes, também se faz a retirada da goma, neste caso é necessário antes de qualquer processo, exceto para lixado e puído. A figura a seguir as máquinas usadas para lavagem, estonagem e tingimento.



Figura 09 – Foto da máquina de lavar, estonar e tingir - Lavanderia
Fonte: Primária

Centrifuga

No processo de centrifugar, é retirado o excesso de água proveniente da lavagem. A figura a seguir mostra a máquina usada para centrifugar.



Figura 10 – Foto da máquina para centrifugar - Lavanderia
Fonte: Primária

Secagem

A secagem ocorre após a lavagem, em máquinas a vapor, para que assim a peças possam ir para o acabamento final, denominado passadoria. A indústria trabalha com 6 máquinas de secagem.

A figura a seguir mostra os secadores utilizados na lavanderia.



Figura 11 – Foto do processo de secagem - Lavanderia
Fonte: Primária

Acabamento ou Passadoria

É a etapa final do processo, onde as peças são passadas em ferro a vapor e dobradas, estando assim prontas para serem entregues aos clientes da indústria.

A figura a seguir mostra o processo de passadoria.



Figura 12 – Foto do processo de passadoria - Lavanderia
Fonte: Primária

4.2.1 Caracterização do Sistema de Tratamento do Efluente

Antes de maio de 2006, existia um tratamento que se pode definir como “físico-químico”. Era constituído de uma caixa de separação de sólidos grosseiros, uma peneira para retirar os sólidos, um tanque de mistura (tanque de homogeneização), onde são adicionados: sulfato de alumínio, polímero, soda cáustica ou cal hidratada e por último flotador por ar dissolvido, em seguida recebia uma carga de antiespumante (evitar formação de espuma) e na seqüência o efluente era despejado na rede de esgoto (empresa de saneamento).

4.2.1.1 Parâmetros Legais – Exigência da empresa de saneamento

O efluente que pode ser despejado na rede de esgoto deve possuir algumas características mínimas necessárias para que a empresa de saneamento aceite tratar o despejo industrial. Este tipo de ação é muito difícil de ser visto praticado pelas empresas de saneamento público. Neste caso ela se submeteu por não haver alternativa de despejo no local, desta forma, caso não houvesse a concessão somente restaria opção de interdição das atividades da lavanderia.

Os parâmetros estabelecidos pela empresa de saneamento pública (Sanepar) são os seguintes, conforme o quadro 02, a seguir:

Quadro 02 – Parâmetros de despejos na rede de esgoto de Maringá

Parâmetros	Valores limites máximos para vazões > 50,1m ³ /dia	Unidades
DBO	400	mg/l O ₂
DQO	1000	mg/l O ₂
ST	1000	mg/l
SD	10	ml/l
pH	6 a 9	
Óleos graxos	20	mg/l
NTK	100	mg/l N
Nitrato	20	mg/l N
Surfactantes (MBAS)	10	mg/l
Ferro solúvel (Fe ²⁺)	15	mg/l Fe
Sulfato	1000	mg/l SO ₄
Temperatura	<40	°C

Fonte: Sanepar (2006)

4.2.1.2 Fluxograma do Sistema de Tratamento de Efluente da Lavanderia

Na seqüência é descrito o sistema de tratamento de efluentes que operava até maio de 2006. Em seguir se tem o fluxograma e a descrição de cada etapa do sistema.

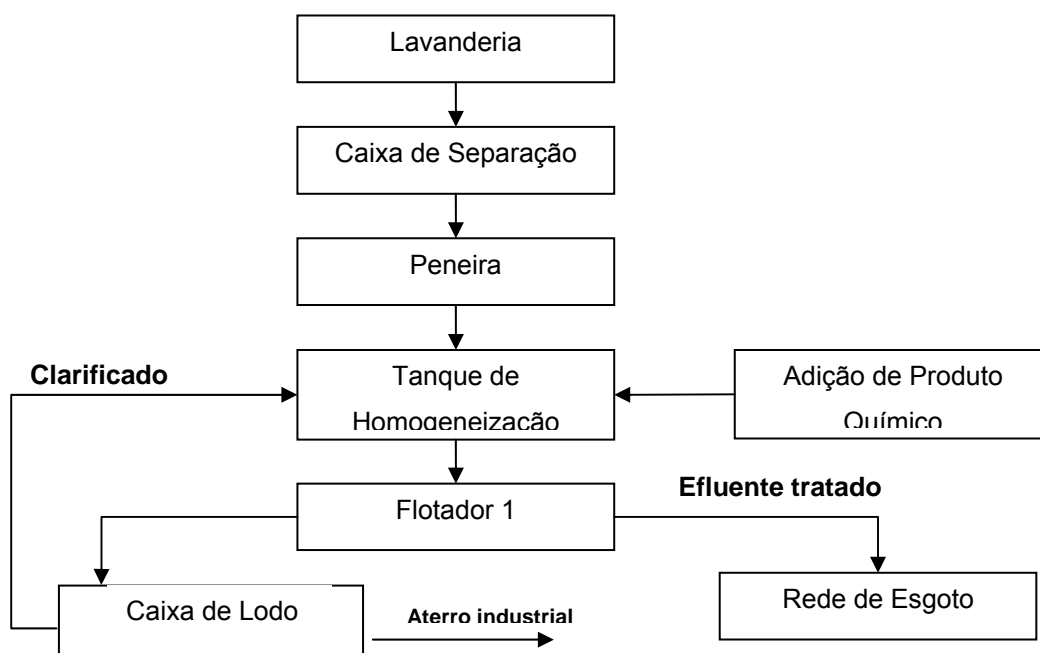


Figura 13 – Fluxograma do sistema de tratamento de efluentes da lavanderia

Fonte: Primária

Descrição do Processo

Caixa de Separação

Na caixa de separação são retirados os sólidos grosseiros (tecidos, plástico, acessórios e outros materiais que podem prejudicar o sistema de tratamento, como por exemplo, um entupimento de válvulas ou bombas de recalque). A figura a seguir mostra a caixa de separação do sistema de tratamento.



Figura 14 – Caixa de separação
Fonte: Primária

Peneira rotativa

O efluente que sai das máquinas passa pela peneira para a retirada as fibras que se soltam durante a lavagem e enxágüe. O material retirado é encaminhado para leito de secagem. A figura a seguir mostra em detalhes a peneira rotativa do sistema.



Figura 15 – Peneira rotativa - escova
Fonte: Primária

Tanque de Mistura

Após efluente passar pela peneira, o mesmo segue para o tanque de mistura onde são adicionados produtos químicos, tais como: Sulfato de alumínio, polímero e soda cáustica ou cal hidratada. A figura a seguir mostra o tanque de mistura do sistema.



Figura 16 – Tanque de mistura
Fonte: Primária

Flotador

Saindo do tanque de mistura, o efluente segue para o flotador. O lodo é então retirado através de uma esteira e direcionando para leito de secagem do mesmo e o efluente tratado vai direto para a rede de esgoto. A figura a seguir mostra o flotador.



Figura 17 – Flotador
Fonte: Primária

Leito de Secagem

No leito de secagem o lodo fica armazenado, sendo mexido diariamente para diminuir o tempo de secagem, após seco é retirado e levado a um aterro industrial na cidade de Curitiba –PR. A figura a seguir mostra o leito de secagem do lodo.



Figura 18 – Leito de secagem
Fonte: Primária

Rede de Esgoto

Após atingir aos parâmetros legais, o efluente é despejado na rede de esgoto, sendo adicionado antiespumante nessa etapa. A figura a seguir mostra o despejo do efluente na rede de esgoto.



Figura 19 – Despejo na rede de esgoto
Fonte: Primária

Situação Problema

O problema da empresa em relação aos seus efluentes é o alto custo que se paga à Companhia de Saneamento (Sanepar), pois paga-se por m³ despejado na rede de esgoto. E ressaltando-se que o efluente tem que ser tratado previamente antes de ser direcionado para a rede de esgoto, aumentando o custo do mesmo.

5.1 PROPOSTA DE REFORMULAÇÃO

Como já é realizado um tratamento antes do despejo do efluente na rede de esgoto e o mesmo já sai sem coloração e pH adequado, sugere-se que seja instalado um segundo flotador, seguido de um tanque de armazenamento e um reservatório para que então o efluente seja reutilizado no processo industrial, preferencialmente em operações menos nobre. A figura abaixo mostra o fluxograma da ETE após a reformulação.

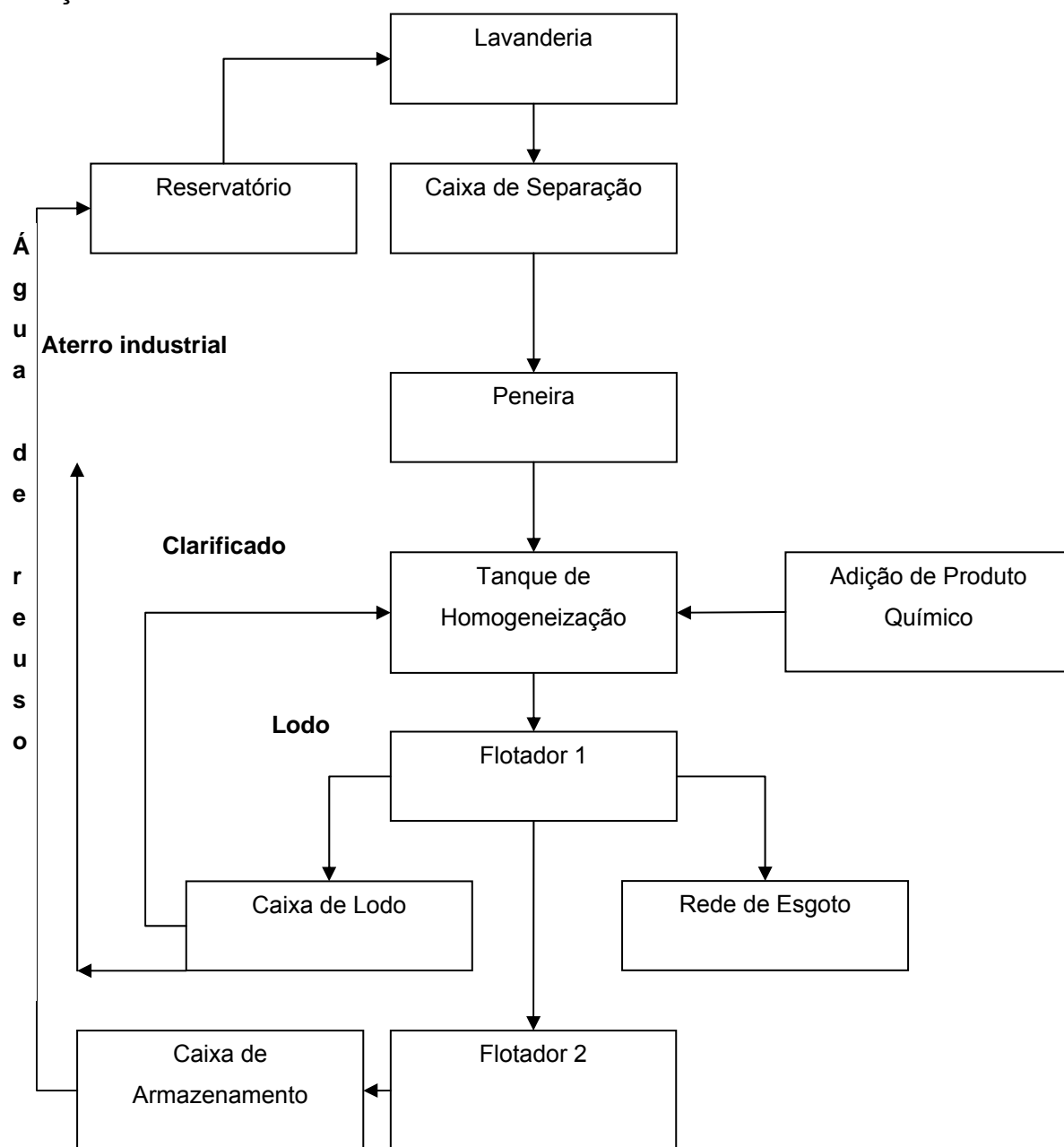


Figura 20: Fluxograma do sistema de tratamento da lavanderia após reformulação
Fonte: Primária

Flotador 2

O segundo flotador tem a função de flotar os resíduos que não foram retirados no primeiro flotador. A figura a seguir mostra o segundo flotador.



Figura 21 – Flotador 2
Fonte: Primária

Caixa de armazenamento

A caixa de armazenamento tem como finalidade armazenar o efluente antes do mesmo ser direcionado para o reservatório. A figura a seguir mostra a caixa de armazenamento.



Figura 22 – Caixa de armazenamento
Fonte: Primária

Reservatório

O efluente do reservatório, que é proveniente da caixa de armazenamento é direcionado para a lavanderia, onde é usado nos processos como, lavagem, estonagem, tingimento, exceto para alvejamento e tingimento branco. A figura 23 a seguir mostra o reservatório.



Figura 23 – Reservatório
Fonte: Primária

5.2 DADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Ao longo de 2005 foram realizadas diversas análises físico-químicas no efluente bruto, conforme mostra as figuras a seguir:

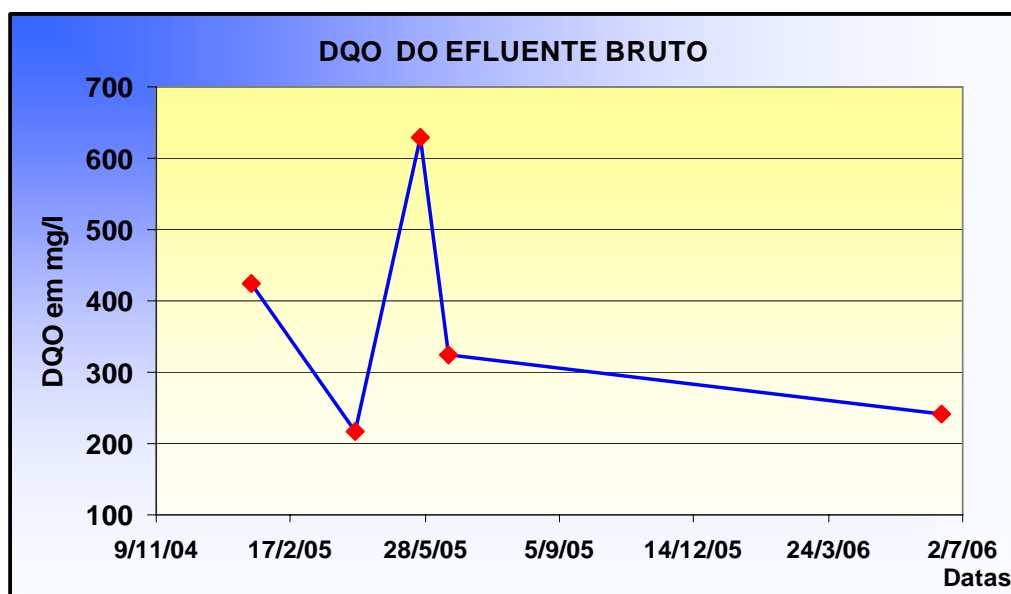


Figura 24 – Gráfico de DQO ao longo de 2005 e 2006
Fonte: Primária

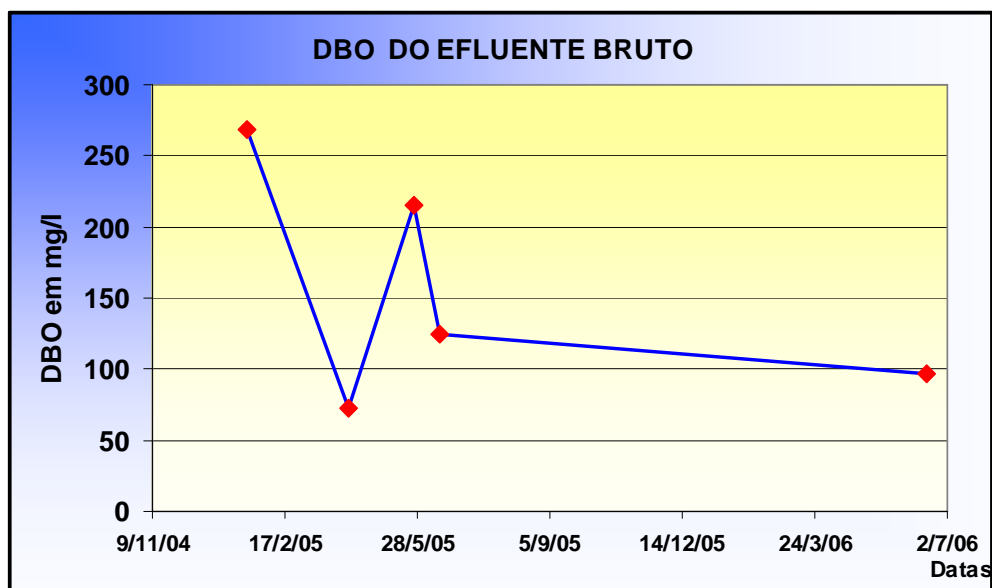


Figura 25 – Gráfico de DBO ao longo de 2005 e 2006
Fonte: Primária

O que se deve ressaltar em relação aos dados das análises é que tanto em relação à DQO quanto em relação à DBO os valores encontrados são muito inferiores aos usado como valores limites de despejos pela empresa de saneamento.

6.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS

6.1.1 Dados referentes à situação antes do reuso

A tabela abaixo apresenta os dados de investimento realizado no sistema quando da sua implantação.

Tabela 1 - Estimativa de investimento no Sistema de tratamento antigo

Descrição	Valor (R\$)
Projeto	8.000,00
Canalizações	2.000,00
Grade	1.000,00
Peneira rotativa	3.000,00
Tanque homogeneizador com agitador	10.000,00
Bombas dosadoras	4.000,00
Flotador	35.000,00
Leito de secagem	10.000,00
Diversos	7.000,00
Total	80.000,00

Fonte: primária

Tabela 2 – Consumo mensal de produto químico – antes do reuso.

Descrição	Valor unitário (R\$)	Cons. mensal (kg)	Valor total (R\$)
Sulfato de alumínio	0,90	200	180,00
Polímero	24,00	6	144,00
Soda Cáustica	1,20	60	72,00
Antiespumante	7,34	15	110,00
Total			506,00

Fonte: primária

Tabela 3 - Despesas com mão-de-obra – antes do reuso

Descrição	Salário (R\$)	Encargos (R\$)	Total (R\$)
1 operador	410,00	370,00	780,00
Assistência técnica	400,00		400,00
Total			1.180,00

Fonte: primária

O efluente da indústria gera duas toneladas de lodo por mês, sendo que o mesmo custa cerca de R\$ 300,00 por tonelada para a disposição em aterro industrial, resultando em um custo de R\$ 600,00/ mês. Em relação ao consumo de energia elétrica a estimativa é de aproximadamente R\$ 605,00/mês.

Resumo do custo operacional antes do reuso

O sistema de tratamento gera cerca de 65m³/dia de efluente. Considerando que a lavanderia trabalha uma média de 25 dias/mês, logo, tem-se:

$$65\text{m}^3/\text{dia} \times 25 \text{ dias} = \mathbf{1625\text{m}^3/\text{mês de efluente}}$$

Custo operacional antes do reuso:

$$\begin{aligned} &= \text{Produto químico} + \text{mão-de-obra} + \text{energia} + \text{disposição do lodo} \\ &= 506,00 + 1180,00 + 605,00 + 600,00 \end{aligned}$$

Custo operacional = **2.891,00 / mês – ou seja, R\$ 1,78/m³**.

De acordo com a tabela 1, o sistema de tratamento de efluentes antigo teve investimento de aproximadamente **R\$ 80.000,00**, considerando o tempo de vida útil do sistema de 120 meses, que é equivalente ao tempo de depreciação. Logo, a depreciação mensal para o sistema antigo fica em aproximadamente R\$ 667,00. Com isso, tem-se que o custo operacional mais a depreciação totalizam **R\$ 3.558,00**, o que representa **R\$ 2,19/ m³**.

Outro custo significativo que a lavanderia tem é com o pagamento da Companhia de Saneamento. O valor mensalmente pago é fruto de um acordo com a empresa de saneamento, onde a lavanderia paga o valor de **R\$ 2.880,00** para efetuar o despejo do efluente na rede de esgoto, independente da vazão. Como o montante de efluente gira em torno de 1625m³/mês, tem-se o valor médio de **R\$ 1,77/m³**. O projeto de se recuperar parte do efluente tratado se deve principalmente a tentativa de se reduzir o custo com a empresa de saneamento, pois a partir da implantação do reuso deve se buscar nova forma de tarifação, como, por exemplo, a medição real do efluente e assim minimizar parte desta despesa.

Custo total com sistema antes do reuso

$$CT = \text{custo operacional total/m}^3 + \text{custo do despejo /m}^3$$

$$CT = R\$ 2,19 + R\$ 1,77$$

$$CT = R\$ 3,96 /\text{m}^3$$

Considerando antes do reuso $1.625\text{m}^3/\text{mês}$

$$CT \text{ mensal} = 1.625\text{m}^3 \times R\$ 3,96$$

$$CT \text{ mensal} = R\$ 6.435,00 / \text{mês}$$

6.1.2 Dados referentes à situação depois do reuso

A tabela abaixo apresenta os dados de investimento realizado no sistema quando da modificação do projeto para o reuso do efluente.

Tabela 4 - Investimentos na ETE

Descrição	Valor (R\$)
Projeto	5.000,00
Assessoria	3.000,00
1 reservatório de 20m^3	5.000,00
2 reservatórios de 10m^3	6.000,00
2 bombas	5.000,00
Tubulações	3.000,00
Válvulas	1.500,00
Total	28.500,00

Fonte: primária

Em relação ao tempo de depreciação das modificações do sistema é de 120 meses, resultando em um valor de R\$ 237,50/mês. Com isso, tem-se que a depreciação total é de 904,50/mês, ou seja, depreciação da ETE antiga + depreciação das modificações efetuadas.

Em relação ao consumo de energia depois das modificações é que haja um

aumento de cerca de R\$ 217,00/mês. Com isso, tem-se o custo total:

CT= custo operacional antes+energia elétrica +depreciação

CT= R\$ 2.891,00 +R\$ 217,00 + R\$ 904,50

CT= R\$ 4.012,50/mês

CT= R\$ 2,47/m³

A estimativa de recuperação, ou seja, de reuso é cerca de 70%, o que é equivalente a aproximadamente 1.137m³/mês de efluente recuperado, haja vista que a vazão mensal é estimada em 1.625m³/mês.

A companhia de saneamento irá colocar um hidrômetro (medidor) na entrada para rede de esgoto. O valor cobrado pela empresa de saneamento será de R\$ 2,64/m³ despejado na rede de esgoto.

Com o reaproveitamento do efluente tratado a indústria passará a pagar algo em torno de 488m³/mês (1625m³-1137m³) à companhia de saneamento, resultando em custo de cerca de R\$ 1.288,00 (488m³xR\$ 2,64). E em consequência estima-se uma economia de R\$1.592,00/mês (2.880,00-1.288,00).

Resumo do custo total depois do reuso do efluente

CT= (custo operacional+depreciação)+custo companhia de saneamento

CT= R\$ 4.012,50 + R\$ 1.288,00

CT= R\$ 5.300,50 / mês

Considerando a vazão de 1.625m³/mês, o custo total é de R\$ 3,26/m³.

Considerações referente ao resultado financeiro

Através dos cálculos acima citados, tem-se o que o custo total antes da recuperação é de R\$ 3,96/m³ e que o custo total depois da recuperação é de R\$ 3,26/m³, com um retorno de R\$ 1.592,00/mês. Como o custo total do investimento fora de aproximadamente R\$ 28.500,00, com retorno de R\$ 1.592,00/mês, em 18 meses a indústria terá o retorno do investimento.

OBS: Os investimentos foram considerados como despesa, pois o mesmo não pode

agregar valor, ou seja, não valoriza ao longo do tempo nem tão pouco pode ser reaproveitado totalmente em outro local.

6.2 Resultado referente à análise visual do efluente

A figura a seguir ilustra as amostras do efluente da lavanderia.



Figura 26 – Amostra do efluente da Lavanderia
Fonte: Primária

A figura acima mostra a análise visual do efluente, onde o recipiente da esquerda, o mais escuro é o efluente proveniente das máquinas de estonagem e tingimento, ou seja, o efluente antes de ser tratado. O mesmo apresenta alta coloração devido a corantes.

O recipiente do meio, mostra o efluente tratado que é despejado na rede de esgoto sanitário, proveniente do flotador 1.

O recipiente da direita mostra o efluente recuperado que é proveniente do flotador 2. O mesmo apresenta pouca diferença do anterior, já que só são adicionados produtos químicos em uma fase do processo (tanque de mistura).

Esse efluente é utilizado para tingimento com cores escuras, lavagem para retirada da goma e estonagem, não sendo usado para tingimento branco e alveamento, pois pode causar amarelamento nas peças.

7.1 CONCLUSÃO

O presente trabalho alcançou o objetivo que é analisar a viabilidade financeira do reuso de efluentes tratados como água industrial.

Com isso, chegou-se a um custo total de R\$ 3,96/m³ antes das modificações e um custo total de R\$3,26/m³ após as modificações, com retorno de R\$1.592,00/mês, comprovando assim a viabilidade financeira do reuso de efluentes de lavanderia como água industrial, já que a indústria terá o retorno do investimento em 18 meses.

Caso a mesma não reutilizasse o efluente, teria um custo de aproximadamente R\$ 4.290,00/mês para despejo na rede de esgoto sanitário, além de ter que efetuar parte do tratamento que tem um custo operacional de aproximadamente R\$ 2.891,00/mês, resultando em R\$ 7.181,00/mês para o despejo de 1.625m³, resultando em R\$ 4,42/m³.

8.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, K. C. G., 2000. **Tratamento de Efluentes Têxteis usando reator de leito fluidizado trifásico aeróbio com pré ou pós-ozonização**. Florianópolis 90 p., Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina.

BASF, 200. Apostila do Grupo de Tecnologia e Processos da Fábrica de Jacaref.

BISHOP, P. L., 1996, The Biodegradation of Textile Dyes Using Biofilm treatment Systems. **Biodegradación de Compuestos Organicos Industriales**. México, v. 1, p. 1.

BRAGA, BENEDITO et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall 2002.

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

BROWN, M. A., DE VITO, S. C. Predicting azo dye toxicity. *Critical. Reviews in Environmental Science and Technology*. V. 23, p. 249-324, 1993.

CONCHON, J.A. **Tratamento de Efluentes na Indústria Têxtil**. *Base Têxtil*, n. 123, p. 1-5, 1999.

GONÇALVES, M. S. T.; OLIVEIRA CAMPOS, A. M. F.; PINTO, E. M. M. S.; PLASÊNCIA, P. M. S. **Photochemical treatment of solutions o azo dyes containing TiO₂**. *Chemosphere*, v. 39, n. 5, p. 781-786, 1999.

GULYAS, H. Process for the removal of recalcitrant organics from industrial **wastewaters**. *Water Sci. Technol.*, v. 36, n. 2-3, p. 9-16, 1996.

HANCOCK, F.E. **Catalytic strategies for industrial water reuse**. *Catal. Today*, v. 53, p. 3-9, 1993.

IMHOFF, KARL e IMHORFF, KLAUS R., 1996. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias**. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo-SP.

KANG, S. F.; LIAO, C. H.; HUNG, H. Peroxidation treatment of dye manufacturing wastewater in the presence of ultraviolet light and ferrous ions. *Journal Hazardous Materials*, v. 65, p. 317-333, 1999.

LIN, S. H. and LIN, C. M., 1994. **Treatment of textile wastewater by ozonation in a packed-bed reactor**. *Environmental Technology*, v. 15, n. 12, p. 299-311.

LEME, Francilio Paes, **Engenharia do Saneamento Ambiental**. Rio de Janeiro LTC- Livros Técnicos e Científicos, 1982.

MARTINS, G. B. H., 1997. **Práticas Limpas Aplicadas às Indústrias Têxteis de Santa Catarina**. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção) Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina.

MENEZES, J. C. S. S. **Tratamento e reciclagem do efluente de uma lavanderia industrial**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais. Área de Concentração Tecnologia

Mineral/Metalurgia Extrativa. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

MORAES, S. G.; PERALTA-ZAMORA, P.; ESPOSITO, E. e DURÁN, N.;1996. **Degradação enzimática de corantes e efluentes derivados da indústria têxtil**. In: REUNIÃO NACIONAL DE MICROBIOLOGIA APLICADA AO MEIO AMBIENTE, Campinas, janeiro **Anais** Campinas: UNICAMP, 1997. 276 p.p. 121-128.

NUNES, José Alves, 2001. **Tratamento Físico-Químico de Águas Residuárias**. Editora Triunfo. Aracajú. SE.

OLIVEIRA, A. C. M. et al., 1980. **Matérias primas e Insumos Industriais: Situação atual e perspectivas**. Rio de Janeiro, Confederação das Indústrias, 425 p.

RODRIGUES, M. **Degradação de espécies químicas de relevância ambiental utilizando-se processos oxidativos avançados**. Curitiba, 2001. dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Paraná.

SOTTORIVA, P. R. S. **Degradação de corantes reativos utilizando-se processos oxidativos avançados**. Curitiba, 2002. P. 3-11. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Paraná.

VANDEVIVERE, P. C.; BIANCHI, R.; VERSTREAETE, W. Treatment and reuse of wastewater from the textile wet-processing industry: review of emerging technologies. J. Chem. Technol. Biotechnol., v. 72, p. 289-302, 1998.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Belo Horizonte: Dep. de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG, 1996. 243 p.

VULCZAK, Cristiane. **Tratabilidade do Efluente de uma Tinturaria e Aplicação de Tratamento Foto-Fenton**. PUC PR – Curitiba, 2005.

ZIOLI, R. L. **Avaliação da toxicidade por ensaios com microorganismos aquáticos**. Tecnia Rer. Ed. Tec. Da ETEFG., v. 2, n. 2, p. 148-151, 1997.

Corantes Sulforosos, disponível em: <<http://www.texpal.com.br>>, acesso 05/08/2006.

Parâmetros para despejos na rede de esgoto de Maringá, disponível em: <<http://www.sanepar.com.br>>, acesso 03/10/2006.

Universidade Estadual de Maringá
Departamento de Informática
Curso de Engenharia de Produção
Av. Colombo 5790, Maringá-PR
CEP 87020-900

Tel: (044) 3261-4324 / 4219 Fax: (044) 3261-5874