

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ

Ludmila Sanches Andrade Hoag

REUSO DE ÁGUA EM HOSPITAIS:

O CASO DO HOSPITAL “SANTA CASA DE MISERICÓRDIA DE ITAJUBÁ”.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia, como parte dos requisitos para obtenção do título de **Mestre em Engenharia da Energia**.

ORIENTADOR: Prof. Roberto Alves de Almeida, Dr.

Itajubá, julho de 2008.

SANCHES, Ludmila Andrade Hoag. Reuso de água em Hospitais: O Caso do Hospital Santa Casa de Misericórdia de Itajubá. Itajubá: UNIFEI, 2008. 204 p. (Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia da Universidade Federal de Engenharia de Itajubá).

Palavras-Chaves:

reuso de água; lavanderia hospitalar; concentrado da hemodiálise

Itajubá, julho de 2008.

FOLHA DE APROVAÇÃO**LUDMILA SANCHES MONTEMOR ANDRADE****REUSO DE ÁGUA EM HOSPITAIS:***O CASO DO HOSPITAL “SANTA CASA DE MISERICÓRDIA DE ITAJUBÁ”.*

Dissertação defendida e aprovada em / / pela comissão julgadora:

(Nome/Instituição)

(Nome/Instituição)

(Nome/Instituição)

(Nome/Instituição)

Dr. Edson da Costa Bortoni
Coordenador da Engenharia da Energia

Ao meu marido Christopher, ao meu filho
Tiago e aos meus pais Mariza e Alfredo.

Agradeço muito e primeiramente a Deus, por ter me dado força nos momentos difíceis que tive durante a realização deste.

Agradeço ao professor Roberto Alves de Almeida, meu orientador, pela paciência, amizade e compreensão.

Agradeço ao meu amigo Geandro pela sua enorme dedicação, aos meus pais Mariza e Alfredo e ao meu marido Christopher pela grande colaboração, que foram de fundamental importância para a conclusão deste trabalho.

Agradeço ao Hospital Santa Casa de Misericórdia de Itajubá, pela atenção e informações disponibilizadas.

Agradeço a CAPES pela ajuda financeira dada.

A todos, muito obrigado!

RESUMO

Este trabalho apresenta o estudo sobre reuso de água hospitalar, mais especificamente da lavanderia de roupa hospitalar incluindo também o reuso do concentrado oriundo do sistema de purificação da água para a hemodiálise. A metodologia desenvolvida considerou a possibilidade da utilização do reuso em cascata e reuso pós-tratamento com aplicação da tecnologia adequada para manter a qualidade da lavagem da roupa. A metodologia é composta de quatro etapas: Na primeira etapa elabora-se o diagnóstico hídrico do hospital, que por sua vez, tem como objetivo principal a identificação das atividades hidrotensivas; na segunda etapa é feita a descrição detalhada destas atividades, incluindo a caracterização quantitativa e qualitativa de seus efluentes; na terceira etapa é realizado o estudo do potencial de reuso em cascata e pós-tratamento e, finalmente, na última etapa efetua-se a análise econômica para implantação e operação do sistema de reuso proposto. A aplicação desta metodologia atende o objetivo estabelecido e possibilitará a redução de 20% do consumo de água do hospital, bem como o volume de efluente gerado. Os resultados obtidos nesta dissertação confirmaram que para a aplicação de um sistema de reuso em uma lavanderia hospitalar é necessário um investimento inicial para o tratamento da água de reuso que garanta a qualidade da roupa lavada e um acompanhamento permanente da ETE. Entretanto, o custo envolvido pode inviabilizar a prática do reuso principalmente para pequenos hospitais.

Palavras-chave: Reuso de água. Lavanderia hospitalar. Concentrado da hemodiálise.

ABSTRACT

This research involves a general study of Hospital water recycling and reuse, specifically for the hospital laundry including the reuse of concentrate coming from the water purification system treated for hemodialysis. The methodology developed considered the possible usage of cascading reuse and post-treatment reuse with appropriate technology application to maintain the quality of clothes washed. The methodology consists of four steps: the first step is elaborated the diagnosis of the hospital water, which have as its main objective the identification of the largest water consumers inside the hospital; the second step is a detailed description of those activities, including the qualitative and quantitative characterization of their wastewater and the third step accomplish the study for the potential of cascading reuse and post-treatment of the water and, finally, the last step which makes up the proposed economic analysis for deployment and operation of the recycle and reuse system. This methodology application meets the goal and allowed the possibility reduction of 20% of the water consumption indicator from the hospital, thus also reducing the volume of wastewater generated by the hospital. This research confirmed that the implementation of a system for water recycling and reuse in a hospital laundry requires an initial investment for the water treatment to ensure the quality of clothes washed and continuous monitoring the ETE. However, the involved cost can make unfeasible the practice of water recycling and reuse mainly for small hospitals and also depending on water availability in the area.

Keywords: Water reuse and recycled. Hospital laundry. Concentrated from hemodialysis. Wastewater management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 - Ciclo dos efluentes hospitalares.....	8
Figura 2.2 – Capacidade de depuração de uma ETE.....	9
Figura 2.3 – Parâmetros analisados antes e após tratamento físico-químico.....	35
Figura 3.1 – Fluxogramas esquemáticos dos sistemas de filtração direta.....	101
Figura 3.2 - Sistema esquemático das tecnologias de tratamento aplicadas aos efluentes de lavanderias.....	104
Figura 3.3 – Gráfico da adsorção dos fosfatos com relação à tecnologia de filtração composta por carvão ativo.....	105
Figura 4.1 – Fotografia Máquina de hemodiálise.....	107
Figura 4.2 – Fluxograma do processo da osmose reversa.....	112
Figura 5.1 – Diagrama esquemático para a obtenção da variação da concentração SDT no efluente e na água de reuso, com o reuso de efluentes.....	124
Figura 6.1 – Fotografia do Bloco 1 – Capela.....	128
Figura 6.2 – Fotografia do Bloco 2 – Pronto-socorro (prédio antigo).....	128
Figura 6.3 – Fotografia do Bloco 3 – Internação (prédio novo).....	129
Figura 6.4 – Fotografia do Bloco 4 – Maternidade.....	129
Figura 6.5 – Sistema de distribuição de água do Hospital Santa Casa de Misericórdia de Itajubá.....	130
Figura 6.6 – Gráfico de consumo de água do Hospital no período de um ano.....	132
Figura 6.7 – Gráfico de contribuição individual de cada hidrômetro existente.....	133
Figura 6.8 – Gráfico da representação da média de consumo de água dos setores da hemodiálise e lavanderia em relação ao consumo médio hospitalar.....	134
Figura 6.9 – Fotografia Máquina A.....	137
Figura 6.10 – Fotografia Máquina B.....	138
Figura 6.11 – Gráfico da representatividade do consumo de água da lavanderia em relação ao consumo de água do hospital.....	141
Figura 6.12 – Gráfico dos valores obtidos das concentrações de poluentes em cada etapa de lavagem de roupa.....	145

Figura 6.13 – Gráfico dos valores obtidos das concentrações de turbidez em cada etapa de lavagem de roupa.....	146
Figura 6.14 – Fotografia do sistema de purificação da hemodiálise (deionizador, abrandador, filtro de carvão ativador e osmose reversa).....	147
Figura 6.15 – Fotografia Equipamento de osmose reversa.....	148
Figura 6.16 – Fotografia Reservatório de água purificada após osmose reversa.....	148
Figura 6.17 – Gráfico das variações da eficiência do sistema de purificação da água tratada.....	149
Figura 6.18 – Tempo de operação de osmose.....	150
Figura 6.19 – Gráfico comparativo dos parâmetros restritivos com os valores das análises obtidas.....	153
Figura 6.20 – Gráfico comparativo do parâmetro restritivo de turbidez com os valores das análises obtidas.....	154
Figura 6.21 – Gráfico comparativo dos parâmetros restritivos com os valores das concentrações calculadas para o reservatório A.....	155
Figura 6.22 – Gráfico da variação das concentrações dos produtos químicos adicionados entre as etapas de lavagem.....	158
Figura 6.23 – Esquema proposto para o reuso.....	160
Figura 6.24 – Diagrama esquemático para obtenção da variação da concentração STD no processo de lavagem de roupa e no reservatório B.....	163
Figura 6.25 – Gráfico da variação de concentração de SDT no reservatório B.....	166
Figura 6.26a – Gráfico da variação de concentração de SDT no processo de lavagem de roupa.....	167
Figura 6.26b – Gráfico da variação de concentração de SDT no processo de lavagem de roupa.....	167
Figura 6.27 – Gráfico demonstrando o ciclo que apresenta o maior aumento de SDT no processo de lavagem.....	168

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Classificação dos hospitais por número de leitos ativos.....	13
Tabela 2.2 – Características de um efluente doméstico e de um efluente hospitalar.....	15
Tabela 2.3 – Caracterização físico-química e microbiológica de um efluente do Departamento de Infecções de doenças tropicais na França.....	16
Tabela 2.4 – Caracterização de efluentes de hospitais portugueses.....	18
Tabela 2.5 – Tipos de poluentes encontrados por setores.....	25
Tabela 2.6 – Algumas tecnologias de tratamento para efluentes.....	28
Tabela 2.7 – Características dos filtros biológicos percoladores de alta taxa.....	44
Tabela 2.8 – Tecnologias de pré-tratamento aos efluentes hospitalares segregados.....	52
Tabela 3.1 – Relação da característica do hospital com a carga da roupa utilizada.....	68
Tabela 3.2 – Etapas do processo de lavagem.....	73
Tabela 3.3 – Composição típica de um efluente de lavanderia.....	85
Tabela 3.4 – Composição dos despejos de lavanderia.....	85
Tabela 3.5 – Caracterização físico-química do efluente bruto nas mais diversas etapas de lavagem.....	86
Tabela 3.6 – Característica do efluente da lavanderia do hospital Português.....	87
Tabela 3.7 – Qualidade da água requerida para a lavanderia hospitalar.....	91
Tabela 3.8 – Determinação dos parâmetros do efluente antes e depois do tratamento de coagulação.....	93
Tabela 3.9 – Determinação dos parâmetros do efluente antes e depois do tratamento com as membranas filtrantes.....	94
Tabela 3.10 – Resultados obtidos após o tratamento por sedimentação e após a filtração..	99
Tabela 3.11 – Eficiência na remoção de SDT e condutividade pela osmose reversa.....	100
Tabela 6.1 – Setores existentes em cada bloco.....	130
Tabela 6.2 – Contribuição dos hidrômetros no consumo total mensal do hospital.....	132
Tabela 6.3 – Média do consumo de água do setor de hemodiálise.....	133
Tabela 6.4 – Resultado das análises de caracterização do efluente hospitalar.....	135
Tabela 6.5 – Indicadores de consumo de hospital.....	136
Tabela 6.6 – Processo de lavagem de roupa com grau de sujeira pesada e super pesada....	138
Tabela 6.7 – Processo de lavagem de roupa com grau de sujeira leve.....	139
Tabela 6.8 – Características técnicas das máquinas.....	139

Tabela 6.9 – Média do peso de roupa lavada por mês no ano de 2005 para os diferentes graus de sujeira.....	140
Tabela 6.10 – Consumo médio de água na lavanderia no ano de 2005.....	141
Tabela 6.11 – Demanda de água por etapas das máquinas A e B.....	142
Tabela 6.12 – Característica da água proveniente da concessionária.....	143
Tabela 6.13 – Análises de amostras de efluentes provindos da máquina A.....	144
Tabela 6.14 – Valores médios obtidos a partir do histórico de eficiência do equipamento da osmose reversa.....	149
Tabela 6.15 – Característica do concentrado de hemodiálise.....	151
Tabela 6.16 – Concentrações resultantes da junção das correntes de efluentes selecionadas para o reuso.....	155
Tabela 6.17 – Concentrações dos produtos químicos utilizados no processo de lavagem da roupa.....	157
Tabela 6.18 – Demanda de água para as etapas de lavagens da máquina A para o uso da água de reuso.....	161
Tabela 6.19 – Demanda de água para as etapas de lavagens da máquina B para o uso da água de reuso.....	161
Tabela 6.20 – Oferta da água das etapas definidas para o tratamento do efluente para ser reutilizado e, do descarte do concentrado da hemodiálise.....	161
Tabela 6.21 – Ciclo do reservatório da água de reuso.....	162
Tabela 6.22 – Economia e custos gerados pela implantação e operação das tecnologias propostas no tratamento dos efluentes para o reuso.....	170
Tabela 6.23 – Oferta de água proposta para o reuso.....	171
Tabela 6.24 – Demanda de água provinda da concessionária pela lavanderia, antes e depois da implementação do reuso de água proposto.....	172
Tabela 6.25 – Geração de efluente na lavanderia e hemodiálise, antes e depois da implementação do reuso de água proposto.....	172

LISTA DE ABREVIATURAS

A – Área

AOX - Organohalogenados

COT – Carbono Orgânico Total

DBO₅ – Demanda Bioquímica de Oxigênio (5 dias)

DQO – Demanda Química de Oxigênio

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

SST – Sólidos Suspensos Totais

STD – Sólidos Totais Dissolvidos

Q - Vazão

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 RELEVÂNCIA DO TEMA ABORDADO.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 Objetivo geral.....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 METODOLOGIA.....	5
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	6
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1 CARACTERIZAÇÃO DE ESGOTO E EFLUENTE HOSPITALAR.....	12
2.1.1 Caracterização físico-química.....	15
2.1.2 Caracterização microbiológica.....	21
2.2 TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO APLICÁVEIS A HOSPITAIS.....	26
2.2.1 Tratamento preliminar.....	31
2.2.2 Coagulação e floculação.....	32
2.2.3 Processo de recarbonatação.....	36
2.2.4 Processo de neutralização.....	37
2.2.5 Sedimentação ou decantação.....	37
2.2.6 Filtração.....	38
2.2.7 Membranas filtrantes.....	40
2.2.8 Tratamento biológico.....	42
2.2.9 Desinfecção.....	46
2.2.10 Aplicações de tecnologias de tratamento a efluentes hospitalares segregados..	50
2.3 REUSO DA ÁGUA.....	55
2.3.1 Considerações sobre a qualidade da água.....	60
2.3.2 Aspectos legais de reuso de águas servidas no Brasil.....	63
3 PROCESSAMENTO DE ROUPAS DE SERVIÇO DA SAÚDE.....	66
3.1 OPERAÇÃO DA LAVANDERIA HOSPITALAR.....	68
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES DE LAVANDERIA.....	74
3.2.1 Produtos químicos utilizados no processamento de roupas.....	74
3.2.2 A natureza das sujeiras.....	82

3.2.3 Alguns estudos realizados sobre caracterização de efluentes de lavanderias hospitalares.....	84
3.3 PADRÕES MÍNIMOS DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA USO DA LAVAGEM NA ROUPA.....	88
3.4 TECNOLOGIAS DE TRATAMENTOS INDICADOS AOS EFLUENTES GRADOS NA LAVANDERIA.....	92
3.4.1 Alguns estudos feitos sobre a aplicação da tecnologia de tratamento.....	92
3.4.2 Filtração direta.....	101
3.4.3 Filtração em carvão ativado.....	103
4 HEMODIÁLISE.....	107
4.1 PROCESSO DE PURIFICAÇÃO DA ÁGUA PARA USO NA HEMODIÁLISE.....	108
4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES GERADOS.....	111
5 METODOLOGIA.....	113
5.1 ETAPA 1: AVALIAÇÃO GLOBAL DO HOSPITAL.....	113
5.1.1 Diagnóstico preliminar.....	113
5.1.2 Caracterização do efluente.....	114
5.1.3 Cálculo do indicador do consumo de água.....	114
5.2 ETAPA 2: DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS SELECIONADOS.....	115
5.2.1 Lavanderia.....	115
<i>5.2.1.1 Cálculo do consumo de água na lavanderia.....</i>	<i>117</i>
<i>5.2.1.2 Caracterização dos efluentes gerados na lavanderia.....</i>	<i>118</i>
5.2.2 Hemodiálise.....	118
<i>5.2.2.1 Cálculo do consumo de água na hemodiálise.....</i>	<i>118</i>
<i>5.2.2.2 Caracterização dos efluentes gerados na hemodiálise.....</i>	<i>119</i>
5.3 ETAPA 3: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REUSO DA ÁGUA.....	119
5.3.1 Fase 1: avaliação do potencial do reuso em cascata.....	119
5.3.2 Fase 2: avaliação do potencial do reuso pós-tratamento.....	122
5.4 ETAPA 4: ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA.....	124
5.4.1 Cálculo da rentabilidade.....	126
6 ESTUDO DE CASO: SANTA CASA DE MISERICÓRDIA DE ITAJUBÁ.....	127
6.1 ETAPA 1: AVALIAÇÃO GLOBAL DO HOSPITAL.....	127

6.1.1 Diagnóstico preliminar do estabelecimento hospitalar.....	127
6.1.2 Caracterização do efluente hospitalar.....	134
6.1.3 Indicadores do consumo de água.....	136
6.2 ETAPA 2: DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS SELECIONADOS.....	137
6.2.1 Lavanderia.....	137
<i>6.2.1.1 Cálculo do consumo de água pela lavanderia.....</i>	<i>140</i>
<i>6.2.1.2 Caracterização da água utilizada na lavanderia.....</i>	<i>143</i>
<i>6.2.1.3 Caracterização dos efluentes da lavanderia.....</i>	<i>144</i>
6.2.2 Hemodiálise.....	146
<i>6.2.2.1 Cálculo do consumo de água da hemodiálise.....</i>	<i>147</i>
<i>6.2.2.2 Caracterização do concentrado da hemodiálise.....</i>	<i>151</i>
6.3 ETAPA 3: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REUSO DA ÁGUA.....	151
6.3.1 Fase 1: avaliação do potencial do reuso em cascata.....	152
6.3.2 Fase 2: avaliação do potencial do reuso pós-tratamento.....	158
6.4 ETAPA 4: ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA.....	168
7 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	171
8 CONCLUSÃO.....	174
8.1 PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS.....	176
REFERÊNCIAS.....	180
ANEXO A - Laudos das Análises dos Efluentes.....	188
ANEXO B - Fichas técnicas dos produtos químicos utilizados na lavagem da roupa.....	191
ANEXO C - Diagrama esquemático e fluxograma de blocos da ETE, propostos para o tratamento dos efluentes para posterior reuso.....	203

1 INTRODUÇÃO

A definição de desenvolvimento sustentável conforme a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente (1987), “é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações”. Porém o grande aumento na demanda por água, causado principalmente pelo crescimento e a concentração populacional, e conseqüentemente das atividades produtivas, somado à degradação crescente dos corpos hídricos, criam um cenário de escassez de recursos hídricos, cada vez mais comum em diversas regiões. A água, portanto, vem sendo explorada de uma forma inadequada. Perante essa realidade e buscando o desenvolvimento sustentável, o consumo passa a ter que ser reformulado, e o reuso deve ser considerado. O reuso de água vem atuar sob dois aspectos essenciais: um é a diminuição da demanda que concomitantemente se dá a diminuição dos custos relativos a este consumo e o outra é o menor volume de efluentes gerados e conseqüentemente, menos efluente descartado no meio ambiente.

Desse modo, surge à necessidade da diminuição do consumo de água em todos os setores econômicos, dentre os quais está o setor terciário. Dentre os segmentos que compõe este setor destacam-se os hospitais, que apresentam uma peculiaridade adversa dos demais segmentos, pelo alto risco de contaminação por patogênicos de suas águas residuárias, bem como pela existência de efluentes de difícil tratamento biológico pela presença de antibióticos. Deloffre (1995) & Cclin (1999) mostram em seus trabalhos o significativo consumo de água pelos hospitais, os quais variam de 400 a 1200 l/leito/dia e, conseqüentemente, o mesmo volume de efluentes gerados com microorganismos, metais pesados, compostos químicos tóxicos e elementos radioativos. Além disso, os hospitais da rede pública apresentam dificuldade em administrar seus custos, sendo a água um dos insumos que oneram muito suas receitas líquidas.

As atividades hospitalares incluem entre outras, serviços médicos, vacinações, exames médicos para diagnósticos, exames de laboratório, atividades estas que protegem a saúde e salvam vidas. Porém, apesar do caráter humanitário, estas ações requerem a mobilização de recursos naturais, ou seja, são ações com o objetivo de preservar a saúde e a vida dos seres humanos, porém também geram poluição causando problemas aos seres

humanos. A falta de estudos e conhecimento sobre a composição dos efluentes hospitalares faz com que as preocupações aumentem.

Neste cenário, a problemática dos efluentes e esgotos dos hospitais, se torna um fator importantíssimo de estudos, pois destes originam substâncias químicas de difícil remoção pelas estações convencionais de tratamento de água, tais como, organoclorados (AOX) e resíduos de medicamentos parcialmente metabolizados pelos seres humanos. Algumas substâncias de origem hospitalar, mesmo após ter passado pelo tratamento convencional de esgoto, têm suas concentrações inalteradas (KÜMMERER et al., 1998). Essa deficiência dos processos de tratamento de esgoto coloca em evidência também a dificuldade na inibição e remoção de bactérias patogênicas multiresistentes aos antibióticos provenientes dos hospitais. Ao contrário disso, em muitos países em desenvolvimento, como no Brasil, os esgotos e efluentes dos hospitais são freqüentemente despejados diretamente nos cursos d'água sem qualquer tratamento anterior (EMMANUEL, 2003).

Segundo Leprat (1998) e Emmanuel et al. (2005), a aplicação de ensaios de ecotoxicidade mostra que efluentes hospitalares apresentam uma toxicidade elevada. Gartiser et al. (1996) mostra que os resultados dos testes de mutação genética indicam que os efluentes dos serviços clínicos e dos laboratórios hospitalares apresentam também um caráter genotóxico. Estes resultados confirmam a existência de substâncias perigosas nos efluentes hospitalares.

Os processos e atividades que apresentam elevada geração de efluentes podem em determinadas situações, indicar efluentes com baixas concentrações de contaminantes, além do fato de resultar em um sistema mais simples e econômico devido à economia de escala que se pode obter e assim, conseqüentemente, justificar a prática do reuso.

Tão importante quanto à identificação do efluente com potencial de reuso é a identificação da atividade na qual o reuso poderá ser aplicado, devendo haver uma relação direta entre a qualidade e quantidade do efluente disponível, com a demanda e padrões de qualidades exigidos para a aplicação identificada.

Assim, optou-se por desenvolver um trabalho acadêmico para a caracterização de efluentes hospitalares e estudos da possibilidade de reuso para o hospital “**Santa Casa de Misericórdia de Itajubá**”, sendo que as soluções identificadas poderão ser implantadas, desde que assegurem a saúde pública e que sejam economicamente viáveis. Através de visitas técnicas e contatos com a administração do Hospital foi possível fazer o diagnóstico do

sistema hídrico, através do qual foram identificadas as principais unidades consumidoras de água, primeiro passo para definir a estratégia de abordagem deste tema. De antemão sabia-se que não é viável o reuso das águas negras de hospitais face aos baixos volumes e às características físico-químicas e biológicas das mesmas.

É importante ressaltar que o trabalho de reuso deve vir acompanhado com o desenvolvimento de um trabalho de conservação de água para o mesmo estabelecimento, para que se haja uma maximização do uso da água. Porém este trabalho focará apenas o reuso, já que Basaglia (2007) desenvolveu paralelamente um trabalho envolvendo um estudo de conservação de água para o mesmo estabelecimento hospitalar.

1.1 RELEVÂNCIA DO TEMA ABORDADO

Os hospitais têm influência em dois níveis sob os ecossistemas aquáticos: Uma é a importante demanda de água potável e a outra, consequência da primeira, é que geram esgotos e efluentes poluídos por microorganismos patogênicos, elementos radioativos e substâncias químicas muitas delas com pouco grau de biodegradabilidade.

Além disso, a água outrora era um insumo que não impactava a receita líquida dos hospitais, o mesmo não ocorrendo com a energia elétrica, que sempre foi objeto de otimização. Contudo, com a elevação dos custos operacionais para tratamento da água devido ao contínuo processo de degradação dos corpos d'água e, também, devido à escassez deste recurso, passou a ser uma tendência elevar a eficiência de seus usos e promover sua reutilização. Portanto, entre algumas das opções está o reuso com o tratamento ou não da água residuária, tornando-a própria para usos específicos.

É notório que o reuso traz como benefício uma redução na fatura de água quando esta é fornecida pela concessionária ou quando esta é captada de poços tubulares profundos. O reuso irá demandar custos que entre eles, por exemplo, a energia elétrica utilizada nos processos de tratamento utilizados para adequar a água aos usos selecionados. Na realidade, desconhece-se o nível ótimo de reuso, face ao incremento de custos de investimento e de operação. Portanto, este estudo possibilitará definir as estratégias de reuso de águas servidas a partir da quantificação das vantagens econômicas auferidas.

1.2 OBJETIVOS

Cada hospital apresenta suas características particulares, tais como, seu porte quanto ao número de leitos e as atividades desenvolvidas. Através de estudos preliminares e conhecimentos técnicos foi possível identificar a lavanderia e a hemodiálise como as melhores possibilidades para a aplicação do reuso.

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver uma metodologia de avaliação da viabilidade técnico-econômica de reuso de efluentes gerados na lavanderia e na hemodiálise para o reaproveitamento na própria lavanderia, vis a vis o consumo de energia elétrica ou térmica. Tendo-se como estudo de caso o hospital “Santa Casa de Misericórdia de Itajubá”.

Como objetivo indireto fica um alerta quanto ao risco à saúde humana e aos impactos aos ecossistemas aquáticos devido às características e a maneira inadequada de descarte dos efluentes hospitalares na rede coletora de esgoto urbano e no meio ambiente sem nenhum tratamento prévio.

1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar tecnologias de tratamento aplicáveis aos efluentes hospitalares;
- Comentar a legislação brasileira que regulamenta a prática do reuso de águas servidas;
- Caracterizar os efluentes gerados na lavanderia e do permeado de descarte da hemodiálise;
- Identificar a melhor tecnologia de tratamento de efluentes para o estudo de caso;

- Apresentar as melhores possibilidades de reuso de águas servidas na lavanderia utilizando-se os efluentes gerados na própria lavanderia e no processo de tratamento de água para a hemodiálise.

1.3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do presente trabalho foi necessário a realização de algumas etapas essenciais, sendo elas: revisão bibliográfica, caracterização qualitativa e quantitativa dos efluentes da lavanderia e hemodiálise, conhecimento das tecnologias existentes para o tratamento de efluentes hospitalares e finalmente o estudo econômico das possibilidades de reuso.

A revisão bibliográfica teve como objetivo descrever qual o conhecimento atual existente sobre as características dos efluentes e esgotos hospitalares e quais tecnologias de tratamento aplicáveis, bem como quais estudos existem sobre o reuso de águas servidas hospitalares. Consulta de regulamentações sobre o reuso no país e posteriormente um enfoque maior no estudo dos processos de lavagem de roupas e hemodiálise, características dos efluentes gerados e tecnologias de tratamento aplicáveis.

A segunda etapa consiste no diagnóstico hídrico de hospitais com a identificação dos setores responsáveis pelo maior consumo de água e escolhas de pontos estratégicos de coleta e análises de amostras de efluentes. Esta etapa teve como objetivo a escolha dos setores com maior possibilidade de viabilidade econômica para a aplicação do reuso de águas servidas. O diagnóstico hídrico foi feito através de visitas técnicas com coletas de informações e dados.

A terceira etapa, influenciada pelos dados obtidos na segunda etapa, consistiu na caracterização qualitativa e quantitativa dos efluentes provindos da lavanderia e hemodiálise, com as análises de amostras coletadas *in loco*.

A quarta etapa teve como principal objetivo o estudo da possibilidade de reuso em cascata e posteriormente, caso ainda fosse necessário, a escolha da tecnologia de tratamento de efluente mais adequada para a prática do reuso do estudo em questão.

Por fim, a última etapa, é o estudo técnico-econômico da possibilidade de reuso envolvendo os efluentes da lavanderia e da hemodiálise.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

No segundo capítulo referente à revisão bibliográfica será apresentado um panorama geral sobre a situação em que se encontra o descarte de efluentes e esgotos hospitalares em países desenvolvidos e em desenvolvimento, assim como, dados existentes sobre as características físico-químicas, biológicas e microbiológicas destes. São apresentados alguns estudos sobre tecnologias de tratamento aplicáveis a efluentes e esgotos hospitalares e alguns estudos sobre reuso em hospitais. Também são abordados quais os aspectos legais que envolvem o reuso de águas servidas, ressaltando-se o que existe de normas para hospitais, apesar da escassez de estudos de reuso neste segmento.

Posteriormente, este trabalho foca no estudo qualitativo e quantitativo do funcionamento e da geração de efluentes em dois setores, a lavanderia e a hemodiálise, os quais estão entre os maiores consumidores de água em um hospital.

No terceiro capítulo, referente à metodologia, serão apresentadas as etapas para o estudo do reuso de água em hospitais, descrevendo detalhadamente cada etapa necessária para a execução deste processo.

O quarto capítulo enfoca o estudo de caso, onde é aplicada a metodologia proposta para o estudo do reuso em hospitais aplicado ao “Hospital Santa Casa de Misericórdia de Itajubá”.

No quinto capítulo são apresentadas as análises dos resultados e ao final deste trabalho é apresentada a conclusão do estudo proposto juntamente com propostas para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nos países desenvolvidos os efluentes hospitalares, de uma forma geral, são descartados sem nenhum tratamento prévio, diretamente nos esgotos urbanos, onde se juntam com outros efluentes e finalmente vão para a estação de tratamento de esgoto (LEPRAT, 1998; CCLIN, 1999). Após a última etapa do processo de tratamento de esgoto, o efluente purificado vai para um rio, um lago, um lençol freático ou para o oceano e, como se sabe algumas vezes, a água destes locais é utilizada como água potável, conforme mostra a Figura 2.1. Porém, segundo Kummerer et al. (2001), as análises dos poluentes de origem hospitalar contêm certas substâncias, particularmente os compostos organohalogenados e resíduos de medicamentos, que deixam geralmente as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) com baixa degradação. A Figura 2.1 ilustra a problemática dos efluentes hospitalares.

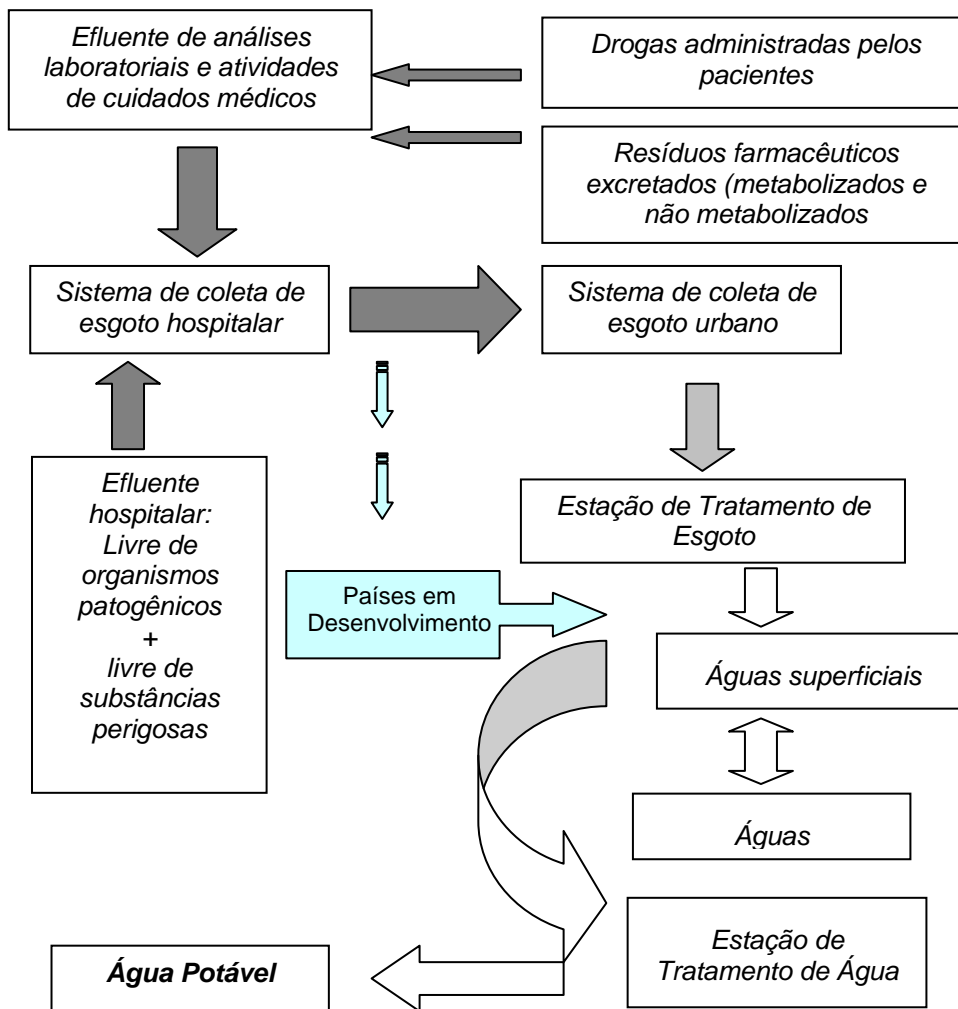


Figura 2.1- Ciclo dos efluentes hospitalares.
Fonte: Adaptado de PAZ et al., 2006.

Em países em desenvolvimento o mesmo processo ocorre, porém a diferença, conforme mostra a Figura 2.1, é que o efluente na maioria das vezes é descartado diretamente no meio ambiente sem nenhum tratamento prévio. Porém, Emmanuel (2005) comenta que diferentemente do que se pensava a problemática com relação à contaminação da água potável não é tão diferente nos países desenvolvidos se comparados com os em desenvolvimento, já que os tradicionais processos de tratamento de esgotos e de água não são eficientes na retirada de diversas substâncias, como antibióticos, hormônios, etc.

Segundo Fernandes et al. (2005) em seu estudo sobre efluentes originários de serviços de radiodiagnósticos, o cenário atual no Brasil dos hospitais, clínicas e assemelhados mostra que, apesar dos esforços em investimentos para o aprimoramento de profissionais, processos e equipamentos, pouco tem sido feito para controlar o impacto ambiental causados por estes efluentes.

Os hospitais fazem uso de muitas substâncias químicas, após a sua utilização estes compostos, como mostra Emmanuel (2005), que na França e em outros países industrializados, estes são rejeitados geralmente na rede de saneamento do hospital, que é conectado à rede de saneamento urbana, portanto, os medicamentos parcialmente metabolizados, os desinfetantes, detergentes, solventes, ou outros compostos, são descartados como rejeitos para as ETEs comuns sem nenhum tratamento preliminar específico. A capacidade de depuração das ETEs assegura a degradação das substâncias orgânicas e provoca uma mudança do estado químico das substâncias minerais contidas nos efluentes líquidos hospitalares. Contudo, certas substâncias escapam ao controle das ETEs e vão difundir-se no meio ambiente.

Cruzando o limiar máximo de eficácia dos processos unitários, o débito e carga de poluente dos efluentes hospitalares provocam sobre as ETEs efeitos de saturação que se traduzem finalmente em despejo dos poluentes no meio ambiente. Teoricamente, o débito dos efluentes (expresso em m^3/s) e a sua carga superficial ou carga poluente por unidade de superfície (expresso em $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{s}$) estão entre os principais parâmetros que entram no dimensionamento dos reatores que constituem as unidades de tratamento das ETEs. Para sistemas unitários em operação, como os reatores de uma ETE, qualquer aumento da carga hidráulica e/ou cargas orgânicas e inorgânicas das rejeições líquidas pode provocar uma manifestação de um fenômeno de sobrecarga nos mecanismos de depuração, conforme mostra a Figura 2.2.

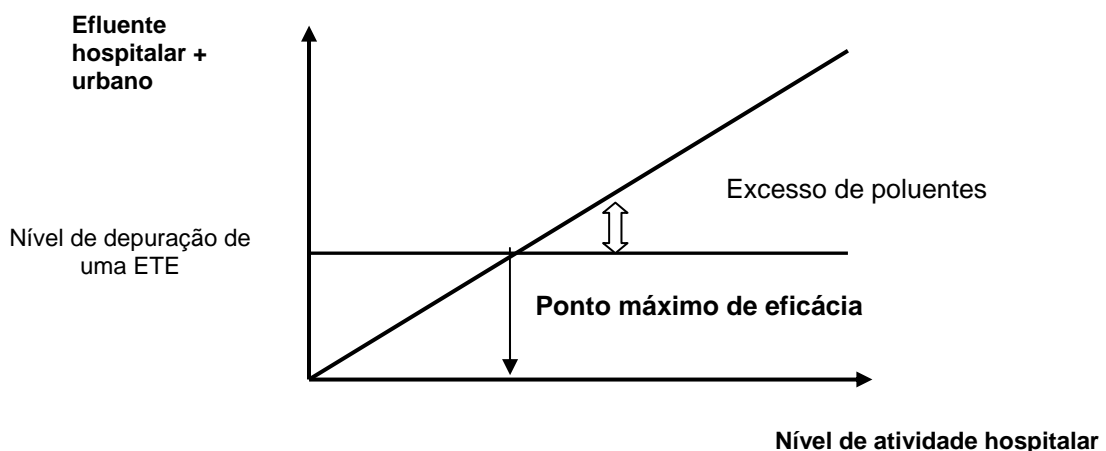


Figura 2.2: Capacidade de depuração de uma ETE.

Fonte: Adaptado de EMMANUEL, 2005.

Os compostos químicos, particularmente os compostos organohalogenados, os resíduos de medicamentos e os radioelementos, descartados pelas ETEs no meio natural podem, por conseguinte provocar a poluição destes provocando um desequilíbrio ecológico. Se as condições ambientais que permitem a degradação destas substâncias não existirem, os poluentes hospitalares correm o risco de estar por muito tempo presentes no meio natural, o que poderia representar um risco a curto, médio e longo prazo para as espécies vivas destes ecossistemas.

A evolução dos poluentes hospitalares nos ecossistemas aquáticos foi objeto de vários estudos científicos. Os resultados destes estudos permitiram identificar que os efluentes hospitalares apresentam três riscos potenciais para o homem e o ambiente: o risco microbiológico ou infeccioso ligado à existência dos micro-organismos patogênicos multiresistentes; o risco radioativo resultante da presença das rejeições que contêm isótopos radioativos; um risco químico devido aos resíduos de medicamentos e outras substâncias químicas (desinfetantes e derivados).

Estes riscos são tratados de maneira isolada na literatura, sendo que, não existem estudos que tratam da avaliação global dos riscos sanitários e ambientais deste tipo de efluentes. Qualquer que seja o nível de desenvolvimento econômico de um país, o perigo representado pelos efluentes hospitalares para a saúde humana continua a ser o mesmo. (EMMANUEL, 2005).

Segundo Noronha (2002a), em Portugal é notória a falta de conhecimento da composição dos efluentes rejeitados diariamente nas diversas atividades das Unidades Prestadoras de Cuidados de Saúde (UPCS) sendo, públicas e privadas continuam na sua maioria, a lançar suas águas residuais nos sistemas municipais de tratamento ou diretamente nos cursos d'água, não tendo em conta a eventual existência da poluição biológica e química.

Noronha (2002a) mostra a urgência em proceder à caracterização das águas residuais das UPCS, de maneira a permitir um conhecimento exato da situação destes em Portugal. Por meio de levantamentos bibliográficos de obras disponíveis e conhecimento na prática dos efluentes gerados pelas UPCs foi considerado como prioritária a questão da poluição química dos efluentes hospitalares que contrariamente ao que se poderia supor o grande problema não é a poluição biológica, mas antes a poluição por metais pesados e outros poluentes químicos.

A principal função de um hospital é fornecer cuidados à saúde da população de uma comunidade. Alguns hospitais além de prestar cuidados e serviços à comunidade possuem

outras atividades. Os Hospitais Universitários, por exemplo, utilizam os laboratórios para ensino e pesquisas. Na ausência de considerações específicas sobre o tipo de serviço oferecido, o EPA (1989a) considera que as atividades são quase idênticas a todos os hospitais.

A especialidade do Hospital é ligada aos tipos de doenças que tratam, as diferentes patologias são repartidas em setores, assim pode-se encontrar num mesmo hospital tais especialidades: tratamento de doenças tropicais e infecciosas (tuberculose, malária, cólera, etc.), psiquiatria, pediatria, obstetrícia, ginecologia, gastroenterologia, etc. Os hospitais são obrigados a dispor de equipamentos básicos que permitem aos doentes assim como aos funcionários e aos visitantes de satisfazer as suas necessidades fisiológicas. Destas facilidades, pode-se citar nomeadamente: as salas de consultas, as salas de hospitalização, os bares, os lavabos, lavanderias, as salas de descanso, os laboratórios, as unidades de aquecimento e ar condicionado, etc. O conjunto destes equipamentos e as diferentes atividades do hospital necessitam de um abastecimento de água potável adequado e geram águas residuais, emissões gasosas e resíduos sólidos.

Das correntes de efluentes gerados em um hospital pode-se dizer que algumas delas são provenientes de rejeições dos laboratórios, das salas de operação, dos serviços de radiologia, de lanchonetes e das mesmas atividades as quais geram o esgoto doméstico etc. (EPA, 1989). Estas diferentes fontes dão finalmente a característica híbrida aos efluentes hospitalares, ao mesmo tempo domésticas, industriais e muito específicas referentes às atividades de cuidados e de investigações médicas (EMMANUEL, 2003).

Na cidade de Buenos Aires, os hospitais lançam seus resíduos líquidos sem tratamento na rede coletora de esgotos, tendo como destino final muitas vezes, sem nenhum tratamento, o rio de La Plata, principal fonte de abastecimento de água para uma população de 10 milhões de habitantes (PAZ et al.; 2006).

Em hospitais uma larga variedade de substâncias é usada com o intuito de diagnósticos e pesquisas. Após o uso destes medicamentos, todos esses agentes, desinfetantes, excrementos, materiais não metabolizados pelos pacientes são descartados juntamente com os efluentes. Essa forma de eliminação poderá gerar altos riscos a organismos aquáticos (EMMANUEL et al., 2005).

As drogas antiepiléticos (carbamazepine) e antiinflamatórios (diclofenaco) são freqüentemente encontradas como resíduos em ambientes aquáticos e também em amostras de solo e águas potáveis. Ambos os componentes ocorrem em efluentes de Hospitais Militares e

redes de esgoto de casas e hospitais, vindos de bombeio pelas redes de esgoto e descarregados nas redes de esgotos municipais. Herberer e Feldmann (2005) confirmaram que de 63 a 102% de carbamazepine e 35% de diclofenaco presentes em ambientes aquáticos provêm de efluentes hospitalares. No total 2 quilos de carbamazepine por semana (105 kg/ano) e 4,4kg de diclofenaco por semana (226 kg/ano) foi descarregado nas águas de Berlim, sendo que a região consta com aproximadamente 12.000 leitos hospitalares. Foram feitas comparações nos afluentes e efluentes de uma planta de tratamento de esgoto municipal em Berlim e constatou-se baixo rendimento na remoção de diclofenaco, menos de 15 % e taxa de remoção de 8% para a carbamazepine.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DE ESGOTO E EFLUENTE HOSPITALAR

O objetivo deste item não é definir a exata caracterização de efluentes hospitalares, mesmo porque isto depende de quais atividades e em quais intensidades são realizadas pelos hospitais e também no momento da coleta de amostras, mas sim apresentar através de alguns estudos já existentes uma caracterização geral dos efluentes, bem como, a identificação dos poluentes mais comumente encontrados e que apresentam maiores dificuldades de remoção tanto pelas ETEs como pelas ETAs convencionais e que causam maiores impactos ao meio ambiente apresentando assim um maior risco direto ou indireto à saúde humana.

A Associação Americana de Hospitais (AHA, 1986) considera que o número de leitos ativos de um hospital é um indicador que permite avaliar qualitativamente e quantitativamente os resíduos sólidos, as emissões gasosas e o descarte de efluentes líquidos de um hospital. Sob a base desta hipótese, classificou os hospitais em oito grupos, a Tabela 2.1 fornece esta classificação.

Tabela 2.1 – Classificação dos hospitais por número de leitos ativos.

Classe	Número de leitos ativos
1	6 – 24
2	25 – 49
3	50 – 99
4	100 – 199
5	200 – 299
6	300 – 399
7	400 – 499
8	500 ou mais

Fonte – AHA, 1986.

No Brasil, em conceitos mais recentes, a classificação de hospitais por porte (acima de 20 leitos), segundo a portaria nº 1.101, de 12 de junho de 2002, deve levar em consideração o número de leitos, leitos de UTI, tipos de leitos de UTI, procedimentos de alta complexidade que realiza, se possui atendimento de urgência/emergência, atendimento à gestante de alto risco e quantidades de leito cirúrgico como itens mínimos de avaliação.

Os hospitais consomem um importante volume de água por dia. O consumo mínimo doméstico é de 100 l/pessoa/dia (GADELLE, 1995), para hospitais estes valores no geral variam entre 400 a 1.200 l/leito/dia (DELOFFRE, 1995; LEPRAT, 1998). Nos E.U.A., o consumo de um modo geral é de 968 l/leito/dia (EPA, 1989). Na França, o consumo aproximado em um hospital universitário está estimado em 750 l/leito/dia (LEPRAT, 1998). Em países em desenvolvimento, o consumo é ao redor de 500 l/leito/dia. Este significativo volume de água consumido representa um significativo volume de efluente gerado composto de microorganismos, metais pesados, compostos químicos tóxicos, e elementos radioativos (KÜMMERER, 2001).

Segundo estudo feito por Dichtl (2004), a demanda de água de um hospital com 400 leitos varia entre 45.000 – 80.000 m³/ano. Sendo que o consumo de um hospital de porte médio (excluindo a lavanderia e pesquisas laboratoriais) está entre 300 – 400 l/leito/dia, sendo que de 50 a 60% do total de água demandada é referente às internações (excluindo a lavanderia).

Os efluentes hospitalares geralmente são considerados pelos gestores como similares aos efluentes domésticos. Conforme a EPA (1989) a qual enfatiza “as águas usadas que provêm dos hospitais são essencialmente domésticas e pode ser caracterizada pela concentração dos parâmetros globais nos seguintes limites”:

- DBO: 50 à 400 mg/l
- DQO: 150 à 800 mg/l
- COT: 50 à 300 mg/l
- SST: 60 à 200 mg/l

Ainda segundo o EPA (1989), poluentes como metais, isótopos radioativos e outras substâncias químicas são introduzidos na rede de saneamento dos hospitais, porém os hospitais utilizam e rejeitam um volume importante de água, os poluentes identificados diluem-se e ficam em concentrações freqüentemente similares aos dos efluentes domésticos.

Segundo Emmanuel et al. (2005), embora os esgotos e efluentes apresentem uma considerável diluição de cargas orgânicas e inorgânicas, não se pode dizer que este é isento de riscos. Os efluentes líquidos não tratados e os tratados gerados em serviços de saúde representam um perigo potencial pela veiculação de substâncias químicas com efeitos tóxicos e genotóxicos sobre os organismos presentes nos ecossistemas aquáticos. Estes líquidos apresentam grande variação em sua constituição química, pois podem conter compostos químicos como metais pesados (Pb, Hg e Cr), antibióticos não biodegradáveis, entre outros. Os trabalhos realizados pela Sociedade Francesa de Higiene Hospitalar (SFHH) em 1991, citado por Emmanuel (2003) destacaram a toxicidade elevada dos efluentes hospitalares, confirmado por um estudo sobre três hospitais da região Rhône-Alpes.

Foi feito um estudo por Emmanuel et al. (2005), sobre a caracterização do efluente de um hospital em uma cidade no sudeste da França, com 750 leitos aproximadamente e um consumo de água estimado de 750 m³/dia, sendo que os efluentes dos diversos departamentos são descarregados sem pré-tratamento num sistema de coleta de esgoto. Os resultados deste estudo apresentados na Tabela 2.2 mostram que diferentemente do que se diz os efluentes hospitalares não possuíam características físico-químicas similares aos de um efluente essencialmente doméstico caracterizado segundo o EPA (1998), sendo uma exceção a concentração dos sólidos suspensos totais (SST), que variou entre 155 e 298 mg/l. Estes valores encontrados no efluente hospitalar também são maiores do que os valores propostos por Metcalf & Eddy (2003) para um efluente doméstico.

Tabela 2.2 - Características de um efluente doméstico¹ e de um efluente hospitalar².

	DBO ₅		DQO		SST		COT	
	Mín. (mg/l)	Max. (mg/l)	Mín. (mg/l)	Max. (mg/l)	Mín. (mg/l)	Max. (mg/l)	Mín. (mg/l)	Max. (mg/l)
Características de um efluente doméstico ¹	50	400	150	800	60	200	50	300
Características do efluente de um Hospital na França ²	200	1559	362	2664	155	298	160	3095

Fonte: EPA, 1998¹; EMMANUEL et al., 2005².

2.1.1 Caracterização Físico-Química

A coleta das amostras de água destinada à caracterização analítica é uma operação delicada à qual maior cuidado se deve ter. A amostra deve ser homogênea, representativa e obtida sem alterar as características físico-químicas da água (gases dissolvidos, matérias em suspensão, etc.).

Para a identificação das concentrações dos medicamentos e dos detergentes recorre-se às técnicas de espectrofotometria de massa e cromatografia de adsorção atômica.

Na visão de Emmanuel et al. (2005), é freqüente encontrar: moléculas de medicamentos farmacêuticos metabolizados e excretados não metabolizados; compostos organohalogenados; como os orgânicos halogenados adsorvíveis no carvão ativado, radiosótopos, etc.

Segue na tabela 2.3 alguns parâmetros analisados por Emmanuel et al. (2005), para um hospital de 144 leitos na França, onde, concentrações significantes em DQO e DBO₅ foram encontradas.

Tabela 2.3 - Caracterização físico-química e microbiológica de um efluente do Departamento de Infecções de Doenças Tropicais na França.

Parâmetros	Unidades	Concentrações mais altas		Valores Limites (VL)
		2001	2002	
pH	U	8,8	8,2	-
Cloretos	mg/l	359	127,1	-
AOX	mg/l	1,24	1,61	1
SST	mg/l	298	236	600
DBO ₅	mg/l	1559	1530	800
DQO	mg/l	2516	2664	2000
COT	mg/l	350	3095	-
Arsênio	mg/l	ND	0,011	-
Cádmio	mg/l	ND	<0,007	-
Crômio	mg/l	ND	<0,004	0,5
Cobre	mg/l	ND	0,112	0,5
Chumbo	mg/l	ND	<0,0035	0,5
Mercúrio	mg/l	<0,0005	ND	-
Níquel	mg/l	ND	<0,0007	0,5
Zinco	mg/l	ND	0,536	2
Coliformes	NMP/100	2 x 10 ³	1 x 10 ⁶	1 x 10 ⁸

Fonte: EMMANUEL et al., 2005; VL= baseado em FRANÇA MATE , 1998.

Porém, conforme a mesma Lei o descarte não pode passar de 15 kg/dia de SST, ou 15 kg/dia de DBO₅ ou 45 kg/dia de DQO.

Estudos em hospitais alemães têm mostrado a concentração de organoclorados e organohalogenados (AOX) em amostras diárias coletadas nos pontos de descarga no sistema de esgoto público, apresentando uma concentração entre 0.13 – 0.94 mg/l (GAUTAM, KUMAR, SABUMON, 2007), e que esta concentração pode ser substancialmente mais alta (EMMANUEL et al., 2005). Ainda sobre AOX, segundo Kümmerer (2001), estão presentes em efluentes hospitalares em altas concentrações. A presença de grande quantidade de AOX

no efluente hospitalar se deve principalmente aos solventes utilizados, desinfetantes, produtos de limpeza e drogas contendo cloro. A avaliação de AOX mostra que são poluentes não-convencionais apresentando uma baixa biodegradabilidade e baixo poder de adsorção.

A caracterização físico-química dos efluentes hospitalares, na França, revela de maneira quase sistemática a presença de moléculas de desinfetantes em concentrações elevadas e de maneira pontual a presença de metais pesados em especial o mercúrio e a prata (LEPRAT, 1998).

Os setores hospitalares contribuem com cerca de 25% da poluição por mercúrio nos efluentes de New York/New Jersey Harbor (CERRENO, et al., 2002). Este mercúrio vem de uma gama de produtos incluindo dispositivos de medição e instrumentação, substâncias químicas, agentes de limpeza em solução, etc. Clínicas dentais dentro de hospitais também contribuem com o desperdício de mercúrio. Dos 1.400 kg/ano de mercúrio dispostos pelos hospitais, cerca de 700 kg são liberados nos efluentes. Os laboratórios dos hospitais contribuem com cerca de 600 kg do mercúrio, os quais também são despejados nos efluentes.

Já, referente ao trabalho realizado por Noronha (2002a), através de alguns dados fornecidos por alguns hospitais sobre as características de seus efluentes hospitalares, constatou-se que a carga orgânica dos efluentes hospitalares, em geral avaliada indiretamente a partir dos parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD), evidencia, na grande maioria dos casos, um grau de poluição relativamente baixo se comparado com carga de poluentes dos efluentes domésticos ou, ainda, dos gerados por outras atividades, designadamente a industrial. Ainda, segundo Noronha (2002a), a carga orgânica de um leito hospitalar em Portugal está estimada em 3-4 habitantes equivalentes (1 hab-equiv. corresponde a uma carga orgânica de 54g de O₂/dia e de 90g de SST/dia). Através do trabalho realizado por Noronha (2002a) são apresentadas na Tabela 2.4, as características dos efluentes de alguns hospitais Portugueses.

Tabela 2.4: Caracterização de efluentes de hospitais Portugueses.

Parâmetros	Hospital Dr. José Maria Antunes Júnior	H.Sra da Oliveira Guimarães	H. Distrital de Santarém
pH	7,9	7	6,24
T (°C)	-	17	
SST (mg/l)	118	110	272,4
DBO5 (mg/l)	150	270	500
DQO (mg/l)	318	440	730
Óleos e Gorduras	7,4		349,3
Nitrogênio Total	39		2,4
N. Amoniacal	38	14	
Nitritos (mg/l)		0,8	
Fósforo Total	11		6,4
Alumínio (mg/l)			0,24
Bário (mg/l)	0,06		0,61
Cobre (mg/l)	<0,02	0,06	
Prata (mg/l)			<0,04
Mercúrio (mg/l)	<0,0003		0,78
Zinco (mg/l)	0,06	0,18	0,37
Cádmio (mg/l)	<0,04		<0,005
Chumbo Total		0,19	<0,02
Cromo (mg/l)		<0,05	
Cr hexavalente		<0,001	
Ferro (mg/l)		0,4	
Níquel (mg/l)		0,07	<0,03
Cianetos (mg/l)		0,014	
Arsênio (mg/l)		<0,005	
Fenóis (mg/l)		83	0,02
Detergente (mg/l)		2	6,6
Hid.carb.Totais		12	
Sulfuretos (mg/l)		<0,01	
Boro (mg/l)		<0,03	
Selênio (mg/l)		<0,01	
Cloro Residual		<0,05	
Col. Totais	2X108		>16000
Col. Fecais	4,2x106		>16000

Fonte – NORONHA, 2002a.

Conforme apresenta a tabela 2.4, as cargas poluidoras expressas em DBO, DQO e SST, podem ser consideradas dentro dos valores encontrados para um efluente bruto doméstico Metcalf & Eddy (2003). A grande concentração de fenol em um dos hospitais mostra a necessidade de eventual confirmação da sua persistência em efluentes hospitalares, bem como no que se refere a hidrocarbonetos totais. O mercúrio foi identificado com valores cerca de 15 vezes superiores ao valor recomendado no Hospital D. Santarém tanto no efluente da lavanderia como no efluente geral. Num serviço de radiodiagnósticos por imagem (imagiologia), são rejeitados produtos químicos utilizados nos banhos de fixação, nomeadamente prata, alguns metais pesados, sulfitos, sulfuretos e outros sais metálicos.

A imagiologia, um dos mais importantes instrumentos de apoio a inúmeras áreas de medicina, é um exemplo típico de não-conformidades com as normas e leis de segurança ambientais em vigência no Brasil, que incluem os impactos ambientais causados pela geração de emissões e de efluentes (soluções de fixador, de revelador e água de lavagem dos filmes radiográficos) contendo substâncias tóxicas e da geração de resíduos sólidos (os filmes radiográficos) constituído de material plástico impregnado com metal pesado (prata), conforme Fernandes et al. (2005).

Ainda conforme Fernandes et al.(2005), no processo de revelação de filmes os efluentes gerados não podem ser descartados como efluentes no meio ambiente, pois estão totalmente fora dos padrões definidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) na resolução nº 357, de 2005, que determina 0,1 mg/l de prata como valor máximo para lançamento no meio ambiente e a concentração da prata encontrada nas análises das amostras, em qualquer dos componentes do efluente, até mesmo no fixador após o processo de separação, é no mínimo de 0,5 g/l de solução. A etapa de lavagem após a revelação e fixação, também gera efluentes contendo todos os componentes do revelador e do fixador e de seus produtos de reação: hidroquinona, quinona, metol, tiosulfato, de sódio, sulfito de sódio, enxofre elementar, ácido acético, acetato de sódio, ácido bórico e outros, além de prata, sob a forma de íons complexos como $S_2O_3^-$. Algumas instituições lançam tanto os efluentes (soluções de fixador, de revelador e de água de lavagem) quanto os resíduos (filmes radiográficos) no meio ambiente, sem nenhum tratamento adequado. Outras vendem a solução de fixador e filmes radiográficos a terceiros e lançam as soluções de revelador e de água de lavagem na rede de esgotos, sem nenhum tratamento; um terceiro grupo estabelece contratos com empresas fornecedoras de separadores eletrolíticos pra recuperar a prata a partir

da solução do fixador utilizado, porém os demais são descartados.

A composição média dos banhos de revelação e fixação inclui, sulfato de hidroxilamina, dietil hidroxilamina, carbonato de potássio, dietilglicol, tri-etanolamina, hidroquinona, compostos orgânicos metálicos, sulfito de sódio, além de outros sais de metais pesados, o que cobre uma vasta gama de substâncias (NORONHA, 2002a).

Os efluentes hospitalares podem ainda conter radioatividade. Geralmente, os hospitais utilizam fontes seladas e fontes não seladas. As fontes seladas utilizadas em radioterapia não produzem desperdícios. Em contrapartida, as fontes não seladas utilizadas na investigação biológica e médica, para o diagnóstico e a terapêutica produzem desperdícios radioativos cuja natureza e atividade são muito diversas e variam com a aplicação que é feita com os radioelementos (RODIER, 1971 apud EMMANUEL, 2003).

a) Toxicidade e Ecotoxicidade dos medicamentos

A proveniência da ecotoxicidade dos efluentes dos estabelecimentos de saúde está correlacionada com a presença de micropoluentes provindos das rejeições líquidas com a presença de medicamentos na água. O efluente hospitalar mostra uma toxicidade alta, determinado através de experimentos utilizando-se os microorganismos *Daphnia sp* (LEPRAT, 1998; EMMANUEL et al., 2005), isto pode ser devido à presença de combinações de organohalogênios resultados da desinfecção do efluente hospitalar. Os organohalogênios são resultados de reações de óxido-redução entre as matérias orgânicas e desinfetantes. Segundo Emmanuel (2003), entre os diferentes medicamentos que foram objetos de estudos ecotoxicológicos, feitos pelos autores descritos a seguir, utilizou-se de três grandes grupos: os hormônios sexuais, os antibióticos porque contribuem para o desenvolvimento multiresistente das bactérias, e os antitumores para a característica genotóxica.

- **Hormônios sexuais e o estrógeno** foram detectados em concentrações na ordem de ng/l nos ecossistemas aquáticos por diferentes autores a (EMMANUEL, 2003 e GAUTAM; KUMAR; SABUMON; 2007). Os resíduos de numerosos medicamentos são rejeitados na natureza por meio das urinas. Certas moléculas, pouco biodegradáveis, chegam ao meio receptor e agem sobre o funcionamento biológico das espécies aquáticas. Os estudos realizados sobre a evolução dos medicamentos na água mostram que certos hormônios

sexuais têm efeitos para os organismos aquáticos à concentrações inferiores à 1 µg/l. O estradiol por exemplo, o hormônio sexual feminino (é um indicador hormonal de poluição aquática), pode alterar as características sexuais de certos peixes à concentrações de 20 ng/l (RALOFF, 1998 apud EMMANUEL, 2003).

- **Antibióticos** constituem um importante grupo de medicamentos para a medicina. Os resíduos dos antibióticos no ambiente são suspeitos de ser o agente causal do desenvolvimento das formas de resistência nas bactérias. Assim, estas substâncias põem sérias ameaças à saúde pública para o tratamento e para o controle de certas doenças infecciosas, tendo em conta que as infecções devidas às bactérias resistentes ficam mais difícil de serem tratadas pelos antimicrobianos atualmente conhecidos.

- **Agentes antitumores** tendo em conta o seu impacto potencial na saúde e o ambiente, constituem um grupo importante de medicamentos em matéria de riscos sanitários e ambientais (KÜMMERER, 2001). Os agentes antitumores são reconhecidos como os medicamentos mais tóxicos. Os ensaios efetuados sobre a biodegradação dos agentes antitumorosos nos efluentes hospitalares e municipais provam que o Ifosfamida (IF) não é biodegradável. Por outro lado os testes de simulação sobre as ETEs mostram que este produto não é fixado pelas lamas. As concentrações encontradas indicam a ausência de adsorção, de biodegradação ou outros modos de eliminação (KÜMMERER et al, 1997 apud EMMANUEL, 2003).

2.1.2 Caracterização microbiológica

De um ponto de vista quantitativo, os trabalhos de caracterização, efetuados na França sobre a microbiologia dos efluentes hospitalares revelaram fracas concentrações da flora bacteriana. A principal característica microbiológica é medida conforme a técnica padrão NF T 90-443 (N/100ml) para Coliformes fecais, regulamentado pela Organização Internacional de Normalização. As concentrações bacteriológicas no efluente hospitalar variaram de $2,4 \times 10^3/100\text{ml}$ a $3 \times 10^5/100\text{ml}$ (LEPRAT, 1998; apud GAUTAM; KUMAR; SABUMON; 2007), estes resultados da caracterização bacteriológica mostraram que estes efluentes apresentam concentrações abaixo de $10^8/100 \text{ ml}$, valor este que geralmente está

presente em efluentes urbanos (METCALF, 1991 apud EMMANUEL, et al., 2005). O baixo número provável de bactérias fecais, detectado no efluente hospitalar, se deve provavelmente a presença de desinfetantes e antibióticos (LEPRAT, 1998). Estudos da flora bacteriana do efluente hospitalar na planta de tratamento dos efluentes têm mostrado a resistência adquirida pelas bactérias.

Estudos feitos por Emmanuel (2003), sobre o estado da arte em que envolve o conhecimento sobre a caracterização microbiológica qualitativa e quantitativa dos efluentes hospitalares, apresentou que estas geralmente são feitas através de indicadores de poluição fecal os quais englobam: os coliformes fecais, os estreptococos fecais e os esporos das bactérias sulfitorredutoras. A segunda parte do trabalho feito por Emmanuel (2003) teve como objetivo a identificação da presença ou não de bactérias multiresistentes aos antibióticos, dos enterovírus e o HIV. O autor supramencionado afirma que atualmente na França, nada impõe um hospital a nível regulamentar que trate de uma maneira específica este tipo de efluente (quando descartado em rede coletora de esgoto urbano), exceto as excreções e dejetos dos doentes atingidos por doenças do tipo entéricas (Salmonellose, Shigellose, Cólera, entre outras), para qual o regulamento sanitário (FRANÇA MATE, 1998) recomenda uma desinfecção.

- Coliformes fecais - *Escherichia coli* é membro da família das enterobactérias, é abundante nos seres humanos e animais. Encontra-se nas águas de esgoto, nos efluentes tratados, bem como em todas as águas naturais e solos que sofreram uma contaminação fecal recente, que se deve ao homem, à agricultura ou à fauna selvagem.
- *Coliformes termotolerantes* este termo designa um grupo de coliformes que incluem um tipo de *Escherichia sp* e, em menor escala, certas espécies de *Klebsiella sp*, de *Enterobacter sp* e de *Citrobacter sp*. Coliformes termotolerantes podem, também, se encontrar em águas com altas concentrações de matéria orgânica, como os efluentes industriais e dos produtos de decomposição das plantas e o solo.
- *Streptococos fecais* o termo "estreptococos fecais" designa os estreptococos geralmente presentes nos seres humanos e nos animais. Do ponto de vista taxonômico, pertencem aos tipos *Enterococcus sp* e *Streptococcus sp*.

Recentemente, a taxonomia enterococcus foi alterada profundamente e o conhecimento da ecologia de numerosas espécies apresenta ainda lacunas. A maior parte destas espécies é de origem fecal e pode geralmente ser considerada na prática como indicadores específicos de uma poluição fecal humana. Os estreptococos fecais raramente multiplicam-se na água poluída e a sua persistência não é superior à da *E. coli* e coliformes.

- *Clostridium sulfito redutoras* este grupo compõe-se de microorganismos anaeróbicos formadores de esporos. No entanto, não são de origem exclusivamente fecal e a sua presença no ambiente pode ter outras razões. Esporos de clostridia podem sobreviver muito tempo na água, muito mais que os coliformes e opõem-se à desinfecção.

Os resultados dos trabalhos realizados sobre a microbiologia dos efluentes hospitalares destacaram de maneira sistemática a presença de germes que têm adquirido características de resistência aos antibióticos e maneira pontual das cepas tipicamente hospitalares (LEPRAT, 1998). Utilizando *Enterococcus sp*, *Staphylococcus sp*, *Enterobactérias sp* e bactérias heterotróficas como indicadores de presença das bactérias multiresistentes nos biofilmes formados na rede de saneamento hospitalar, Schwartz et. al. (2002) apud Emmanuel (2003) acrescentou uma importante presença de germes multiresistentes aos antibióticos. Notou-se que todas as bactérias isoladas foram resistentes à tetraciclina e a eritromicina. Enterococcus resistentes à vancomicina foram assinalados. Níveis elevados de resistência à ampicilina, à amoxicilina/ácido clavulânico e a gentamicina foram registrados.

Concentrações de $2,05 \times 10^7$, $1,92 \times 10^7$ e $9,10 \times 10^5$ colônias para 100 ml foram encontradas respectivamente nos efluentes hospitalares com relação aos Coliformes totais, a *Escherichia sp* e *Streptococos sp* (LABER et al, 1999 apud EMMANUEL, 2003). A *Klebsiella pneumoniae*, identificada como o agente etiológico das infecções nosocomiais (HIRSCH et al., 1999; BERNET; FINES, 2000 apud EMMANUEL, 2003), foram isoladas das águas de uma estação de tratamento de esgoto, 90% da população estudada apresentaram-se insensíveis à ampicilina e 6% apresentaram-se formas multiresistentes.

As bactérias desenvolveram diferentes mecanismos para tornar ineficazes os antibióticos empregados contra elas. Os genes que codificam estes sistemas de defesa são colocados no cromossomo bacteriano ou nos plasmídeos. São transmitidos de geração em

geração: é o princípio da transferência vertical de genes (SCHWARTZ et al., 2002 apud EMMANUEL, 2003). Elementos genéticos, como os plasmídeos, podem também ser trocados entre as bactérias de taxonomia diferente, é o princípio da transferência horizontal de genes (THOMAZEAU, 1983; DAVISSON, 1999 apud EMMANUEL, 2003), transferência horizontal de gene por conjugação é comum na natureza. Estudos realizados sobre os mecanismos de tratamento das ETE's mostram que as bactérias presentes aparecem freqüentemente pluri-resistêntes, este estado de fato, depende apenas do efluente de entrada (THOMAZEAU, 1983 apud EMMANUEL, 2003).

Indicadores de poluição viral das águas de superfície como os enterovírus e outros vírus, tais como, os adenovírus foram identificados nos efluentes hospitalares (MANSOTTE; JUSTIN, 2000 apud EMMANUEL, 2003).

Os enterovírus apresentaram-se em quantidade importante nas águas residuais. A sua presença, como indicador de poluição viral, nos efluentes hospitalares deve-se correlacionar com a de outros vírus, o HIV, por exemplo. O HIV, agente causal da AIDS, foi isolado dos líquidos biológicos e excreções das pessoas infectadas. Estas rejeições líquidas são derramadas diretamente na rede de saneamento dos hospitais e os laboratórios de investigação também contribuem para a presença do vírus nas redes de drenagem urbanas e nas ETEs (JOHNSON et al, 1994 apud EMMANUEL, 2003). As pessoas infectadas pelos enterovírus e pelas enterobactérias liberam em média 10^6 a 10^7 PI "partículas infecciosas" (ou colônias) para cada litro de excremento (MCJUNKIN, 1982 apud EMMANUEL, 2003). Casson et al. (1997) apud Emmanuel (2003) mencionam a presença de partículas infecciosas do HIV nas águas residuais naturais e Lue-Hing et al. (1999) apud Emmanuel (2003) encontraram uma concentração de PI de HIV por litro compreendido entre 1.4×10^{-2} e 8.6×10^{-1} (inferior a 1 PI de HIV por litros de efluentes) para a cidade de Chicago.

Estes trabalhos denotam o interesse atribuído ao controle do HIV no meio aquático. É necessário destacar que cada vez mais cientistas é unânime em reconhecer que o número de PI em meio líquido que pode ativar a virulência do HIV em humanos são os valores superiores a 100 PI (CASSON et al., 1997 apud EMMANUEL, 2003). No entanto, a correlação entre os enterovírus e o HIV nas águas residuais parece ser um problema sanitário real que no plano científico necessita uma definição precisa e um objeto específico de investigação.

a) Setores e tipos de poluentes presentes no efluente gerado

As principais fontes dos efluentes hospitalares, segundo Dichtl (2004), provêm dos seguintes setores: quartos de internações, laboratórios de análises médicas, pesquisas médicas, lavanderias, cozinhas, etc. Na tabela 2.5 seguem, em resumo, as características destes efluentes:

Tabela 2.5 – Tipos de poluentes encontrados por setores.

Setores	Características dos efluentes gerados
Quartos de Internações	→AOX →produtos farmacêuticos →desinfetantes
Laboratórios de Análises Médicas	→mercúrio iônico e compostos de organomercúrio →outros metais pesados →compostos orgânicos →sangue e excreções →formaldeído, minerais diluídos ácidos/bases →fosfatos, AOX, óleo e graxas e materiais particulados
Lavanderias	→matéria orgânica - particulados - proteínas (produtos do sangue) - amido - gorduras, óleos e graxas - detergentes →produtos farmacêuticos →AOX (desinfetantes e alvejantes) →pH extremos (detergentes alcalinos e ácidos sanitizantes)

Fonte - Dados da pesquisa, 2007.

Segundo Emmanuel (2003), os estabelecimentos hospitalares produzem três tipos de efluentes e esgotos:

- Rejeições de origem doméstica (as águas que provêm das cozinhas, as rejeições que resultam das atividades de lavanderia e para higiene dos pacientes e funcionários);
- Rejeições industriais (as águas que provêm das garagens e locais de manutenção, que contêm geralmente um volume importante de óleos e de detergentes);
- Efluentes gerados pelas atividades hospitalares, de análise e de investigação, que são muito específicas aos hospitais. Estas rejeições podem conter produtos químicos e radioativos, líquidos biológicos, excreções contagiosas de resíduos de medicamentos

eliminados nos excrementos dos pacientes. As rejeições líquidas específicas às atividades médicas compreendem designadamente:

- Os efluentes dos serviços clínicos: eliminação do glutaraldeído, de mercúrio procedentes dos termômetros quebrados, banhos de diálise, rejeições balneoterapia, etc.;
- Os efluentes dos serviços médico-técnico: líquidos provindos das salas de operação que têm uma forte concentração em matérias orgânicas ou líquidos biológicos como: sangue, urinas, líquido gástricos, aspiração traqueobronquite, líquido pleural, de drenagem ou irrigação;
- As rejeições que resultam do consultório médicos (que contêm grandes quantidades de detergentes, detergente/desinfetante ou desinfetantes com vestígios de materiais orgânicos ou medicamentosos);
- As rejeições de laboratório de biologia médica: sangue, urinas, ácidos, bases, reagentes diversos, solventes, etc.;
- As rejeições de laboratório de anatomopatologia:
 - hidrocarbonetos benzenos (tolueno);
 - desinfetantes: formol, álcool etílico, água de cloro;
 - solventes;
 - ácidos (acéticos, lácticos, cítricos);
 - bases (soda);
 - corantes;
 - as rejeições da medicina nuclear;
 - os efluentes da radiologia;
 - as rejeições da farmácia hospitalar.

2.2 TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO APLICÁVEIS A HOSPITAIS

Este capítulo terá como objetivo principal apresentar tipos de operações unitárias mais usualmente empregadas pelas ETEs no Brasil, as quais poderiam ser empregadas no tratamento de efluentes hospitalares para adequação destes para possíveis práticas de reuso,

bem como, aspectos técnico-econômicos que possam apresentar a inviabilização na implantação, operação e manutenção da mesma principalmente em se tratando de ser uma área próxima a um ambiente hospitalar.

A quantidade e características dos efluentes irão depender, principalmente, dos tipos de atividades realizadas no estabelecimento. O tratamento de efluentes deve ser realizado por meio da utilização de operações e processos unitários, que sejam capazes de reduzir a concentração de contaminantes presentes para níveis compatíveis com os padrões de emissão estabelecidos por normas ou a níveis adequados para formas de reuso subseqüentes ou mesmo para lançamento em corpos receptores.

“Em muitos casos, o tratamento de efluentes pode ser realizado utilizando-se as mesmas tecnologias normalmente utilizadas para tratamento de água, mas muitas vezes torna-se necessário lançar mão do uso de outras tecnologias, as quais são específicas para a remoção dos contaminantes presentes nos efluentes (SAUTCHÚK et al., 2004a)”.

Dada a natureza, diversidade, periculosidade, grau de risco e tratamento diferenciado exigido, a gestão dos efluentes obriga uma atenção acrescida, não só dentro da unidade de saúde, mas até seu destino final (NORONHA, 2002b), portanto, conforme as características do efluente deverão ser equacionadas soluções de tratamento a utilizar. É necessário salientar a necessidade de conhecer com maior exatidão possível a composição destes efluentes, bem como os locais e serviços onde são produzidos.

A tabela 2.6 mostra algumas das tecnologias disponíveis para tratamento de efluentes e a sua eficiência para redução de alguns contaminantes.

Tabela 2.6 - Algumas tecnologias de tratamento para efluentes.

Variáveis	Tratamento Primário	Lodos Ativados	Nitrificação	Desnitrificação	Filtro Biológico	Coagulação Flocculação	Stripping da amônia
DBO	B	E	E	NE	E	E	NE
DQO	B	E	E	NE	E	E	NE
SST	E	E	E	NE	E	E	NE
NH ₃ -N	NE	E	E	B		NE	E
Fósforo	NE	B	E	E		E	NE
Alcalinidade		B				B	NE
Óleos e Graxas	E	E	E			B	NE
Arsênio	B	B	B			B	NE
Bário		B	NE			B	NE
Cádmio	B	E	E		NE	E	NE
Cromo	B	E	E		NE	E	NE
Cobre	B	E	E		E	E	NE
Flúor						B	NE
Ferro	B	E	E		B	E	NE
Chumbo	E	E	E		B	E	NE
Manganês	NE	B	B		NE	B	NE
Mercurio	NE	NE	NE		NE	B	NE
Selênio	NE	NE	NE		NE	NE	NE
Prata	E	E	E		B	E	NE
Zinco	B	B	E		E	E	NE
Cor	NE	B	B		NE	E	
Substâncias Tensoativas	B	E	E		E	B	
Turbidez	B	E	E	NE	B	E	
COT	B	E	E	NE	B	E	NE

Fonte - Adaptado de METCALF; EDDY, 2003 apud SAUTCHUK et al., 2004a.

Legenda: E = Eficaz (Remoção completa ou quase total); B= Bom (Remoção de grandes percentagens); NE= Não eficaz (Baixa remoção ou ineficaz); As células em branco denotam insuficiência de dados, resultados não conclusivos ou aumento da concentração.

Para o tratamento de efluentes pode ser necessário promover a combinação entre duas ou mais tecnologias, para que sejam obtidos resultados satisfatórios.

Nota-se, portanto que os efluentes hospitalares para que sejam descartados diretamente num curso d'água e para que estejam em conformidade com as respectivas leis regentes no país, estado ou cidade faz-se necessário utilizar não só no mínimo, as mesmas operações unitárias de uma ETE convencional, mas também outros processos unitários e/ou técnicas de remoção de poluentes em específico.

Para efluentes hospitalares descartados em redes de coleta de esgoto urbano, o qual teoricamente segue em direção a uma ETE, pode-se dizer com base ao item anterior, que devido as suas características qualitativas o efluente hospitalar deveria passar antes por alguma forma de tratamento, pois como visto de acordo Gautam; Kumar e Sabumon (2007), a falta de um tratamento preliminar antes do descarte a um sistema de coleta de esgoto urbano é a causa de grandes impactos ambientais.

Como visto no início do Capítulo 2, alguns dos poluentes, os quais comumente estão presentes em efluentes hospitalares representam um problema para as estações de esgoto convencionais passando quase que inalterados por estas. Ainda segundo Gautam; Kumar e Sabumon, (2007), a poluição gerada pelos efluentes hospitalares está aumentando e conseqüentemente não podem ser tratadas junto com os efluentes Municipais. Os efluentes hospitalares geralmente possuem baixo número de microorganismos devido ao regular uso de desinfetantes, porém estes bactericidas podem estar tendo uma influência negativa nos processos biológicos das ETEs Municipais. Até mesmo considerando que esses efluentes são diluídos após a descarga das ETEs deve-se levar em consideração o efeito acumulativo deste no meio ambiente (EMMANUEL et al., 2005).

Segundo Noronha (2002b) os tratamentos a efetuar, poderão ser diversos, em função das substâncias presentes e que terão que ser removidas. Poderá ser necessário recorrer apenas a alguns pré-tratamentos ou implantar sistemas mais sofisticados de tratamento, nomeadamente ETE's com tratamentos secundários e de afinação. Tendo em conta os diferentes tipos de águas residuais hospitalares que poderão existir, será necessário, em cada situação específica, atender aos seguintes fatores das águas residuais a tratar:

- a) Vazão: que está atualmente aceito o valor de $0,7\text{m}^3/\text{leito}/\text{dia}$, onde se incluem as águas de lavagens, águas infectadas e águas com sangue, isto é, este valor corresponde ao caudal total produzido por uma cama hospitalar.
- b) Qualidade do efluente a tratar: a literatura aponta para o valor de poluição de três a quatro habitantes equivalentes por leito, sendo que um habitante equivalente é

c) Qualidade dos efluentes tratados: em função da localização, o efluente tratado deverá garantir as condições de lançamento no sistema municipal, ou no meio receptor.

O lançamento de efluentes para o meio ambiente poderá ser efetuado de forma direta, ou seja, os efluentes tratados são lançados diretamente em um corpo receptor, ou então de forma indireta, onde o lançamento é feito no sistema público de coleta e tratamento de esgotos.

Em ambos os casos o lançamento dos efluentes é regulamentado por normas específicas, tanto a nível Federal, como Estadual, nas quais estão estabelecidos os critérios a serem obedecidos para o lançamento dos mesmos. Assim sendo, a monitoração e o controle do lançamento dos efluentes deverão ser feitos com base nestas normas. Porém, neste trabalho, não serão abordados os aspectos legais, associados ao uso de água e a emissão de efluentes.

Como já visto, existem algumas substâncias presentes nos efluentes hospitalares que são de difícil remoção, havendo a necessidade de lançar mão do uso de tecnologias específicas para a remoção dos contaminantes presentes em seus efluentes (METCALF; EDDY, 2003).

Para Dichtl (2004), maior atenção deve ser dada referente ao tratamento dos efluentes hospitalares com relação às seguintes substâncias: metais pesados, desinfecção de microorganismos patogênicos e a remoção de hormônios e resíduos de produtos farmacêuticos (ex: antibióticos). Na Alemanha, Dichtl (2004), diz que não existe regulamentação específica sobre o tratamento de efluentes hospitalares, mas existem recomendações publicadas por German Association for Water Management, Wastewater and Waste (ATV-DVWK), legalmente não obrigatório. Os tratamentos propostos por Dichtl, (2004), são: tratamento primário, tratamento secundário, tratamento terciário e desinfecção. Especificamente para a remoção de AOX o método eficiente é a utilização de UV, onde é removido 66% em 45 dias (tempo de detenção hidráulica), em reator de 30min/d e para a degradação de antibióticos é necessário o contato com o gás ozônio por poucos segundos

(planta piloto em Braunschweig está sendo um grande sucesso) (DICHTL , 2004).

É importante ressaltar que os hospitais em sua grande maioria não possuem sistemas de segregação de seus efluentes, sendo os mesmos, unidos numa mesma tubulação. Porém, quando há a possibilidade de segregação dos mesmos, o qual varia de hospital para hospital, existe a simplificação os processos unitários envolvidos, exemplos disto, também serão dados ao final deste item.

A proposta deste trabalho é apresentar as técnicas de tratamento aplicáveis a efluentes hospitalares, portanto, como visto, segundo estudos feitos por DICTH e outros autores citados anteriormente mostraram que as tecnologias de tratamentos aplicáveis a estes efluentes, primeiramente seria a grosso modo, as mesmas operações unitárias de uma ETE convencional, com o acréscimo ou a preferência na utilização de algumas operações unitárias, como por ex. a utilização de UV e ozonização para remoção de poluentes característicos de efluentes hospitalares (exemplo: AOX e antibióticos). A seguir será dada uma breve explicação sobre as operações unitárias utilizadas em ETES convencionais e algumas tecnologias em específico que se mostraram eficientes segundo alguns autores, na remoção de poluentes característicos de efluentes hospitalares.

2.2.1 Tratamento Preliminar

Destina-se principalmente à remoção de sólidos em suspensão grosseiros, através da utilização de mecanismos físicos. No tratamento preliminar, utiliza-se gradeamento e caixa de areia para a remoção de sólidos.

O gradeamento constitui-se de uma operação física, e sua principal finalidade é a proteção de equipamentos, válvulas e tubulações, além de facilitar o transporte de das águas residuárias pelas unidades do sistema de tratamento. As grades podem ser classificadas em função do espaçamento de suas barras em: finas, médias, e grossas, quer sejam elas de barras retangulares, ou circulares.

Após as unidades de remoção de sólidos grosseiros (gradeamento e/ou peneira) são previstas as caixas de areia para a remoção de materiais, tais, como: areia, pedriscos, silte, cascalho e outros sólidos de dimensões pequenas e com peso específico muito superior ao da

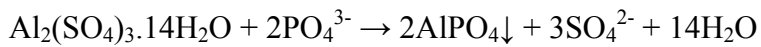
água. Estas unidades são constituídas de câmaras intercaladas e, normalmente, são dotadas de um alargamento brusco da secção transversal do canal com a finalidade de diminuir a velocidade do afluente.

2.2.2 Coagulação e Floculação

O processo de coagulação e floculação é utilizado para promover a separação dos sólidos suspensos e na precipitação de poluentes pela dosagem de produtos químicos no efluente, seguido de uma mistura rápida para dispersá-los e mistura lenta para promover a formação de flocos sedimentáveis em unidades de decantação. Os produtos químicos podem ser aplicados em vários pontos do processo de tratamento, para a remoção de matéria orgânica e inorgânica na forma solúvel, ou em suspensão. Podem ser classificados em quatro grandes categorias: cal, sais de alumínio, sais de ferro e polímeros (MIERZWA, 2002). O processo de floculação é realizado na seqüência do processo de coagulação, que tem por objetivo promover o contato entre as partículas desestabilizadas, de forma a possibilitar a agregação das mesmas, em flocos maiores e mais pesados, os quais serão posteriormente removidos pelo processo de sedimentação.

A cal é usada quando se pretende principalmente a remoção de fósforo, dureza de cálcio, sólidos em suspensão e turbidez. O efluente do tratamento com cal apresenta alto pH que, se requerido pelos processos de jusante pode ser diminuído por recarbonatação, sendo econômico para estações de vazão superior $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$, ou por adição de ácido para sistemas menores (MANCUSO & SANTOS, 2003). A cal reage com carbonato e fosfatos ocasionando alta remoção de sólidos e de turbidez, diminuição da concentração de metais pesados, vírus e bactérias. Pode ser usado na forma anidra (CaO) ou hidratada (Ca(OH)_2), antes da decantação primária ou após tratamento secundário. As dosagens normalmente utilizadas variam entre 200 e 400 mg/l em pH de 11 (VILELA, 2003).

O sulfato de alumínio (sal de alumínio normalmente utilizado) - $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ - que reage tanto com a alcalinidade como com o fósforo, de acordo com as reações descritas a seguir:



O sulfato de alumínio pode ser aplicado antes, durante ou após o tratamento secundário, e a remoção de fósforo é maior quando o coagulante é aplicado durante ou após o tratamento biológico, uma vez que quase todo o fósforo, nesses pontos, encontra-se na forma de ortofosfato (MANCUSO & SANTOS, 2003).

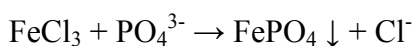
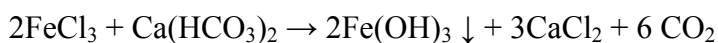
A dosagem necessária de sulfato de alumínio para a remoção de fósforo é maior que a estequiometricamente requerida, em razão da reação com a alcalinidade.

Entre os coagulantes, sulfato de alumínio, o cloreto férrico e polímeros catiônicos, o sulfato de alumínio é o mais extensamente usado na indústria de tratamento da água. Presentemente, não existe nenhuma fórmula confiável para determinar a dosagem efetiva desses produtos. O método mais confiável para determinação do coagulante e sua dosagem é o “Jar test”. Um valor de pH entre 6 e 7 é efetivo para floculação com sulfato de alumínio, mas sais de ferro, como cloreto férrico e sulfato férrico proporcionam uma faixa mais larga de valores desse parâmetro, para formação de flocos. Se o coagulante for o sulfato de alumínio, o valor de pH ideal resultará da ordem de 5,5 a 6,5, na maioria dos casos, o que exigirá dosagem elevada deste produto, uma vez que em geral as águas brutas apresentam-se alcalinas.

Deve-se observar, no entanto, que valores ótimos do pH dependem dos tipos de sólidos em suspensão e da temperatura, especialmente para floculação com sulfato de alumínio.

Os sais de ferro, principalmente o cloreto férrico (FeCl_3), são bastante eficientes na remoção de sólidos em suspensão e fósforo dos esgotos. Esses sais são normalmente dosados com conjuntamente com a cal ou hidróxido de sódio, que ajudam na produção dos flocos e aumentam o pH da água.

Particularmente para a efetiva remoção de fósforo, a faixa de pH entre 4,5 e 5,5 é mais adequada. As reações do cloreto férrico com a alcalinidade de cálcio e fosfato são:



Embora a dosagem estequiométrica de ferro seja 1,8mg/l de Fe para cada mg/l de P, praticamente verifica-se a necessidade de dosagens bem maiores do sal (cerca de 10mg/l de ferro) para permitir a precipitação de hidróxidos (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Como exemplo de aplicação do tratamento físico-químico em um efluente hospitalar pode-se citar o estudo feito por Gautam; Kumar e Sabumon (2007) em um Hospital em Tamil Nadu na Índia, onde o efluente foi coagulado com FeCl_3 , filtrado e desinfetado. O Hospital tem aproximadamente 2000 leitos, das quais 1800 estão normalmente ocupados, o Hospital gera cerca de 2.400 m³/dia de efluente. Foram coletadas amostras compostas do efluente e aplicado testes simulando uma planta de tratamento de efluentes, os parâmetros analisados antes e depois da simulação foram pH, STD, SST, ST, DQO, e contagem de bactérias formadoras de colônias (CFUs).

Através da simulação, foi encontrada a dosagem ideal do coagulante FeCl_3 (175mg/l), o tempo e a velocidade de agitação no pH ideal (6,76). Após este processo, foi aplicada a filtração rápida de areia. Após a filtração, a desinfecção com hipoclorito de cálcio, com um contato mínimo de 30 min. foi encontrado o ponto de ruptura há 20mg/l.

A redução total nas Unidades Formadoras de Colônia (CFU) foi de 98,5% após a cloração. A água foi tratada em grande parte e os parâmetros ficaram dentro dos limites de descarga. Os resultados obtidos estão presentes na figura 2.3.

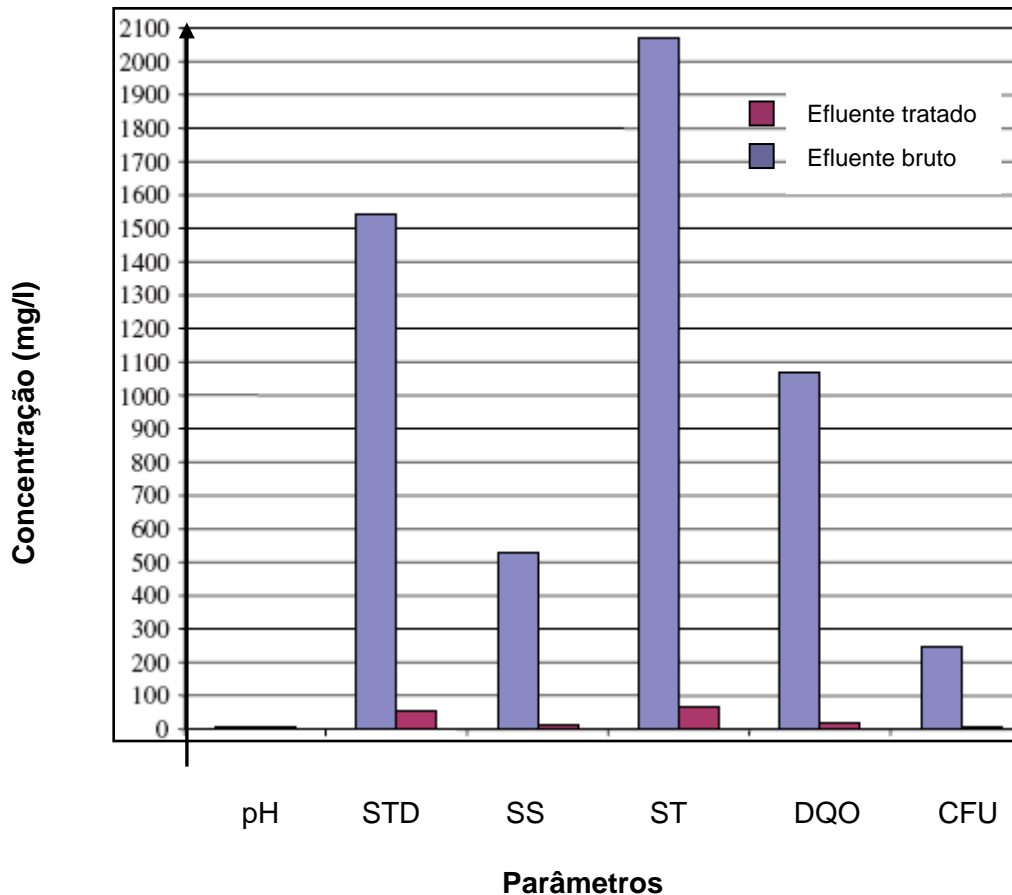


Figura 2.3 - Parâmetros analisados antes e após tratamento físico-químico.
Fonte - GAUTAM; KUMAR; SABUMON, 2007.

Gautam; Kumar e Sabumon, (2007), chegaram à conclusão em seu estudo de que o tratamento com cloreto férrico é uma ótima opção para a remoção da DQO. E que o tratamento físico-químico para os efluentes hospitalares também é uma ótima opção aplicando-se a: coagulação e sedimentação, filtração e cloração; podendo ser uma opção viável para o tratamento de efluentes de hospital. Porém, Gautam; Kumar e Sabumon (2007) afirma que os sólidos sedimentados e lodos gerados em uma planta de tratamento de efluente hospitalar requer digestão anaeróbia para assegurar a eliminação de patógenos, pelo menos a maioria, mas podem, também, ser incinerados juntos com resíduos infecciosos do próprio hospital.

A coagulação química é particularmente indicada quando se deseja efluentes com baixos teores de fósforo, de sólidos em suspensão e de DBO, fato que recomenda o processo para vários tipos de reuso e para disposição em águas superficiais.

A escolha dos coagulantes, bem como dos polímeros, dependerá de cada tipo de reuso e das características de cada estação de tratamento.

Em termos práticos, o que realmente interessa no processo de coagulação/floculação são a dosagem e condições ótimas para a aplicação do coagulante. Isto é justificado, pois as reações químicas envolvidas no processo de coagulação são muito rápidas e dependem da dose do coagulante, do pH e da alcalinidade da água, além da energia de agitação, ocorrendo em um espaço de tempo reduzido, caso estas condições estejam corretas (AZEVEDO NETO, 1987 apud MIERZWA, 2002), sendo necessário na maioria dos casos, o desenvolvimento de ensaios específicos “JAR-TEST”, para que as condições ideais do processo de coagulação sejam obtidas.

2.2.3 Processo de Recarbonatação

Consiste na adição de gás carbônico nos esgotos, para remoção de fósforo por coagulação ou após a decantação com cal, para proteção das instalações contra os eventuais depósitos de cálcio. O principal objetivo consiste na diminuição do pH.

A recarbonatação pode ser realizada em simples ou duplo estágio. No simples estágio, efetua-se a redução de pH de 11,0 para 7,0 em um tanque de recarbonatação, após o esgoto ter submetido à coagulação, floculação e sedimentação. Com pH igual a 7,0, o carbonato passa a bicarbonato, que é solúvel, prevenindo assim os equipamentos subsequentes contra depósitos indesejáveis.

A recarbonatação com duplo estágio utiliza dois tanques de aplicação de CO_2 , separados por um decantador. Inicialmente reduz-se o pH de 11 para 9,3, neste caso a solubilidade do carbonato de cálcio é mínima, sendo necessária a sedimentação. Posteriormente aplica-se novamente o CO_2 , ocorrendo a diminuição do pH a valores próximos de 7,0 onde os carbonatos são convertidos a bicarbonatos. Esse sistema de duplo estágio é indicado na remoção da dureza do líquido em tratamento.

A operação e o controle dos sistemas de recarbonatação são muito fáceis e simples, havendo equipamentos modernos totalmente autorizados que, a partir da medição contínua do pH, comanda o fluxo de CO_2 . Uma forma indireta, porém mais sensível de se controlar o

processo, é através da medição da alcalinidade havendo também, para esta forma de controle, equipamentos totalmente automatizados.

2.2.4 Processo de Neutralização

A neutralização é utilizada para ajustar o pH dos efluentes para um valor aceitável, geralmente entre os valores 5,0 e 9,0 conforme padrão estabelecido em norma.

Este processo pode ser realizado, utilizando-se de substâncias ácidas (ácido sulfúrico ou ácido clorídrico), para a redução do valor do pH e substâncias alcalinas (hidróxido de cálcio, hidróxido de sódio ou carbonato de sódio), para elevação do pH.

Os equipamentos utilizados para o desenvolvimento do processo de neutralização são bastante simples, consistindo de bombas, tanques, misturadores e medidores de pH, para o controle do processo. Além disto, o capital necessário para implantação e operação do sistema não é elevado (MIERZWA, 2002).

Em muitos casos o processo de neutralização é utilizado como um processo intermediário, dentro de outro processo de tratamento (IDAHO, 1992 apud MIERZWA, 2002).

2.2.5 Sedimentação ou Decantação

O processo de sedimentação ou decantação é a etapa subsequente aos processos de coagulação e floculação e tem por objetivo separar os flocos, formados na etapa de floculação. Os esgotos fluem vagarosamente pelos decantadores, permitindo que os sólidos em suspensão, possuindo uma densidade maior que a do líquido, sedimentem gradualmente no fundo. Essa massa de sólidos formada é denominada de lodo primário bruto. As condições de decantação estão vinculadas à taxa de aplicação superficial e ao tempo de retenção.

Os esgotos, convenientemente condicionados, permitem que em duas horas, sejam decantados quase todos os sólidos sedimentáveis. A decantação primária tem, em média, um tempo de retenção em torno de duas horas, sendo a tendência atual reduzir este tempo até uma

hora.

As condições de retenção devem ser estabelecidas, de modo que o lodo retido não seja arrastado pelo fluxo dos esgotos. A eficiência do decantador está condicionada à capacidade de reduzir a quantidade de sólidos presentes nos esgotos.

A operação do decantador deverá ser efetuada de tal forma que o esgoto afluente tenha a mesma variação de vazão, pois variações de vazões repentinas e de grande amplitude causarão modificações constantes no período de retenção, interferindo nas reduções de sólidos e DBO.

A coleta de lodo, gerado no decantador, pode ser feito de duas formas: com ou sem equipamento. As coletas sem equipamentos são adotadas geralmente nos decantadores de pequeno porte, onde o fundo do mesmo é construído com inclinação suficiente para permitir o encaminhamento normal do lodo para o poço de acumulação, de onde o mesmo será removido por pressão hidrostática ou por bombeamento.

Os decantadores mecanizados empurram o lodo para o poço de acúmulo, tornando possível adotar-se pouca inclinação do fundo. Um fator essencial para o bom desempenho do tratamento primário é a manutenção dos decantadores, que permitirá melhores condições de trabalho da unidade e do pessoal da operação.

2.2.6 Filtração

O processo de filtração tem por objetivo remover da água, efluente dos decantadores, as partículas que ainda se encontram presentes. É um processo-chave na produção de efluente de alta qualidade, combinando mecanismos físicos e químicos de remoção de sólidos, sendo por isso normalmente usado como uma etapa final imediatamente antes da desinfecção e da disposição final ou reúso (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Para determinados usos da água, a filtração pode preceder a alguns processos mais avançados, tais como adsorção em carvão ativo, este processo será mais bem detalhado no capítulo que trata das tecnologias indicadas ao tratamento de efluentes de lavanderia (BROWN; CALDWELL, 1989).

São bastante conhecidas as combinações antracito e areia, carvão ativado e areia, resina e areia, resina e antracito carvão ativado e areia e granada (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Quanto à classificação dos filtros, existem várias formas de fazê-lo, ou seja:

- De acordo com o sentido do fluxo: ascendente, descendente, duplo sentido, fluxo radial e fluxo horizontal;
- De acordo com o material que constitui seu leito;
- De acordo com a taxa de filtração: lentos, rápidos e de altas taxas;
- Filtro de pressão ou a gravidade: normalmente os filtros de pressão são metálicos e os de gravidade podem ser de alvenaria e também metálicos.

A eficiência da filtração depende, fundamentalmente, do tamanho e da resistência dos flocos formados nos processos que a precedem. Flocos de lodos ativados formados depois de pelo menos 10 horas de aeração são facilmente removidos, enquanto flocos provenientes de filtros biológicos e de processos químicos de coagulação e floculação, via de regra são mais frágeis, de remoção mais difícil, exigindo muitas vezes o concurso de coadjuvantes de filtração, os quais aumentam a resistência do floco e a performance do filtro.

Além do meio filtrante, também fazem parte de um sistema de filtração a camada que suporta este meio, o sistema de alimentação, o sistema de drenagem e o sistema de contralavagem do filtro, já que apresenta uma capacidade limitada de retenção das partículas.

Em linhas gerais, o processo de filtração consiste em se fazer passar através do meio filtrante a água efluente do sistema de decantação, a qual ainda apresenta partículas em suspensão. Durante a passagem da água pelo leito filtrante as partículas vão sendo retidas, sendo coletadas no fundo do filtro, uma água com turbidez inferior a 2 unidades de turbidez (UT) (AZEVEDO NETO, 1987 apud MIERZWA, 2002).

Em função da relação entre a vazão de alimentação e a área superficial dos filtros, estes são classificados como filtros lentos, onde Q (vazão)/ A (área) = 0,07 a 0,40 $m^3/h.m^2$ e filtros rápidos ($Q/A = 5$ a 25 $m^3/h.m^2$).

Outra característica importante dos sistemas de filtração refere-se à operação dos mesmos, que é cíclica, já que à medida que as partículas presentes na água, que flui através do leito de filtração, vão sendo retidas o leito vai sendo obstruído, resultando em uma elevação da perda de carga no seu interior e a redução da sua eficiência devendo-se, neste estágio, interromper o processo de filtração para iniciar o processo de lavagem.

O processo de lavagem dos filtros consiste na passagem de água limpa, no sentido inverso ao da operação de filtração e com uma vazão superior, podendo-se utilizar ar para melhorar a eficiência da operação de lavagem. Após a etapa de lavagem o filtro estará apto para uma nova campanha de filtração.

Também deve ser observado que os processos de filtração apresentam um bom estágio de desenvolvimento tecnológico, são econômicos, apresentam um baixo consumo de energia e são de fácil operação (MIERZWA, 2002).

Deve ser observado que durante o processo de lavagem dos filtros é gerado um efluente contendo uma elevada concentração de partículas em suspensão, o qual deve ser devidamente gerenciado, de forma a não causar impactos negativos ao meio ambiente.

2.2.7 Membranas Filtrantes

Membranas filtrantes constituem, atualmente, a principal inovação tecnológica, nos processos de tratamento de água e de esgoto, sendo a primeira grande inovação, desde o desenvolvimento das tecnologias convencionais de tratamento de água no início do século passado (SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001).

O processo de separação por membranas envolve a utilização de membranas sintéticas, porosas ou semipermeáveis, para separar da água partículas sólidas de pequenos diâmetros, moléculas e até mesmo compostos iônicos dissolvidos. Para que o processo ocorra é utilizado um gradiente de pressão hidráulica ou um campo elétrico (OSMONICS, 1997 apud MIERZWA, 2002).

Nessas condições, a separação por membranas semipermeáveis pode ser entendida como uma operação em que o fluxo de alimentação é dividido em dois: o permeado, contendo o material que passou através da membrana, e o concentrado que contém o material que não passou através da membrana (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Basicamente, os processos de separação por membranas são divididos em cinco categorias:

- Microfiltração
- Ultrafiltração

- Nanofiltração
- Osmose reversa, e
- Eletrodialise

O que difere cada uma das categorias acima é o diâmetro dos poros das membranas e o tipo e intensidade da força motriz utilizada para que seja promovida a separação dos contaminantes.

As membranas podem ser utilizadas para a remoção de vírus, durante a desinfecção de águas de abastecimento ou águas residuárias, como pode ser visto em (MADAENI, FANE e GROHMANN, 1995 apud OLIVEIRA, 2004). O trabalho apresenta a eficiência de membranas de ultrafiltração na remoção de *poliovirus*. A microscopia eletrônica evidenciou a retenção de vírus por adsorção na membrana e pela formação de uma matriz de depósito sobre e dentro da membrana.

Também segundo Xing et al., (2000), afirma que a utilização de membranas para o tratamento de esgoto sanitário também passa a ser uma alternativa a se considerar. Onde realizou um experimento, para a avaliação da recuperação de esgoto sanitário urbano com um bioreator de membrana de ultrafiltração, com operação de 162 dias (XING et al., 2000). Esse bioreator é uma melhora do sistema de lodos ativados convencional, por meio da substituição do decantador secundário, no qual são separados os sólidos, por uma unidade de membrana. Os autores alcançaram em média 97% de remoção de DQO, 96,2% de remoção de nitrogênio amoniacal e 100% de remoção de sólidos suspensos. A água recuperada poderia ser utilizada para fins municipais ou usos industriais após tratamento adicional.

Em estudos mais recentes, Wintgens et al. (2003) propuseram um modelo para descrever a eficiência de filtração de um bioreator de membrana para o tratamento de esgoto sanitário municipal. O sistema utilizado foi uma combinação de unidades de lodos ativados e de membranas para a filtração da biomassa. Os autores reportaram que o custo de investimento é menor que de estações convencionais de tratamento com clarificação secundária – com decantador secundário, no entanto, o custo de operação ainda é elevado devido à substituição das membranas e ao alto consumo de energia para aeração.

Como se pode ver diversos estudos vem sendo desenvolvidos com a aplicação das membranas em conjunto com outras tecnologias de tratamento. Neste trabalho, será mais bem detalhada, a aplicação destas para a produção de água de reuso a partir de efluentes secundários, conforme Schneider e Tsutiya, (2001).

2.2.8 Tratamento Biológico

Várias formas de tratamento de águas residuárias foram desenvolvidas, partindo-se do princípio da autodepuração, ou seja, empregando a ação de microorganismos para a remoção da matéria orgânica presente nos esgotos. Este tipo de tratamento é denominado tratamento biológico.

Os processos biológicos são divididos em aeróbios e anaeróbios, sendo que nos processos aeróbios a estabilização da matéria orgânica decorre da ação de microorganismos aeróbios e facultativos; já nos processos anaeróbios a estabilização é realizada pelos microorganismos facultativos e anaeróbios. Os processos aeróbios podem ser: lodos ativados, filtro biológico e lagoas de estabilização aeróbia.

A quantidade de matéria orgânica presente no esgoto é medida indiretamente por meio da quantidade de oxigênio necessária para a sua degradação. As duas variáveis mais utilizadas são a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO). Elas expressam a quantidade de oxigênio necessária para a degradação biológica e química da matéria orgânica, respectivamente.

O tratamento biológico ganhou grande destaque pelas formas razoavelmente simples de se consumir matéria orgânica em grande escala, como em esgoto sanitário, ou mesmo substâncias orgânicas tóxicas como fenol (BOLANOS, 2001 apud OLIVEIRA, 2004), BTEX – benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno (NARDI et al., 2000 apud OLIVEIRA, 2004) ou formaldeído. O tratamento biológico pode ser feito por microorganismos aeróbios, que necessitam de oxigênio, ou anaeróbios, para os quais o oxigênio é tóxico. Uma estação de tratamento de esgoto pode ser composta por várias unidades com diferentes processos de tratamento. Os sistemas biológicos podem oferecer bons resultados, resultando os subprodutos principais da degradação: água, dióxido de carbono e metano (em processo anaeróbio), além do excesso de lodo, composto principalmente por microorganismos vivos e mortos, restos de matéria orgânica e material orgânico não biodegradável.

É o principal responsável pela remoção da carga orgânica presente nas águas residuárias, atualmente os sistemas biológicos são os mais utilizados. Há uma grande

variedade de alternativas de degradação biológica que utilizam os processos aeróbios e/ou anaeróbios. No tratamento secundário pode-se enquadrar os seguintes processos, os quais segundo Oliveira (2004) vêm sendo mais utilizados no Brasil: sistemas de lagoas, lodos ativados, filtro biológico aeróbio e reator anaeróbio de manta de lodo. Porém é importante ressaltar neste trabalho que as lagoas anaeróbias devem estar suficientemente afastadas de centros urbanos devido à possível geração de odores. Tem sido empregada com sucesso a associação de reatores anaeróbios seguidos de lodos ativados, onde é possível a redução da produção de lodos.

A alta produção de lodo dos sistemas aeróbios, geralmente leva ao tratamento anaeróbio deste lodo, antes da disposição ou destino final. Grande quantidade do lodo retirado de sistemas de tratamento aeróbio ainda contém grande quantidade de matéria orgânica, passível de ser degradada em digestores anaeróbios de lodo, antes de o lodo ser disposto em aterros sanitários ou para condicionamento de solos. Para a diminuição da produção de lodo e manutenção de bons índices de eficiência, uma alternativa é a associação de processos biológicos anaeróbios com aeróbios (CAMPOS et al., 1997 apud OLIVEIRA, 2004).

a) Filtração biológica

No presente trabalho são abordadas somente as unidades aeróbias de Filtração Biológicas. O mecanismo do processo caracteriza-se pela alimentação e percolação contínua de esgotos sobre um leito. Essa percolação contínua dos esgotos nos interstícios faz com que ocorra o crescimento e a aderência de massa biológica na superfície do meio suporte. As substâncias coloidais e dissolvidas são transportadas em sólidos estáveis em forma de flocos facilmente sedimentáveis.

O “meio suporte” é constituído de uma massa de sólidos, convenientemente depositada e um tanque com a finalidade de agregar a biomassa, em condições favoráveis ao desenvolvimento das reações bioquímicas necessárias ao processo. Normalmente, o material utilizado como suporte tem sido: pedregulhos, cascalhos, pedras britadas e outros materiais inertes. Hoje em dia o plástico (Poli Cloreto de Vinila) tem grande preferência na fabricação de módulos de filtros com meio suporte sintético.

Esses filtros aeróbios são geralmente circulares, em concreto armado, com um equipamento de distribuição do líquido a ser tratado. Como são aeróbios, eles são abertos e o

ar circula entre as pedras e demais meios de suporte. Para a remoção de sólidos suspensos do líquido efluente do filtro aeróbio de alta taxa é necessário um decantador secundário. A profundidade do leito filtrante varia entre 0,90 e 2,40m, em função das cargas aplicadas.

Os filtros biológicos são classificados em função da carga hidráulica e da carga orgânica aplicadas. Carga orgânica é a relação entre o peso da DBO (cinco dias) do esgoto afluente ao Filtro Biológico durante um dia, e o volume do meio filtrante. Carga hidráulica é a relação entre a vazão do esgoto aplicado e a área superficial útil do reator.

O filtro biológico é um dos mais simples processos de tratamento secundário, e de baixo custo operacional (CHERNICHARO et al., 2001 apud OLIVEIRA, 2004) havendo necessidade, entretanto, de um monitoramento da qualidade do afluente, pois o sistema é muito sensível às suas oscilações, razão pela qual a recirculação é adotada no sentido de regularizar tanto a carga orgânica quanto hidráulica. As características dos filtros biológicos de alta taxa, estão descritas na tabela 2.7.

Tabela 2.7 - Características de filtros biológicos percoladores de alta taxa.

Eficiência de remoção (%)				Requisitos		Custo de Implantação (US\$/hab)	Lodo a ser tratado (m ³ /hab.ano)
DBO	N	P	Colif. fecais	Área (m ² /hab)	Potência (W/hab)		
80-90	30-40	30-45	60-90	0,3-0,45	0,5-1,0	40-70	1,1-1,5

Fonte - Adaptado de VON SPERLING, 1997.

b) Lodos Ativados

O sistema de lodos ativados é um dos mais difundidos do mundo e também muito utilizado no Brasil. Sua escolha muitas vezes é feita pela qualidade de seu efluente e pela redução dos requisitos de área (VON SPERLING, 1997). É constituído basicamente na introdução da matéria orgânica em um reator, onde uma cultura de bactérias aeróbias é mantida em suspensão, em determinadas condições, de forma a degradar a matéria orgânica. As condições aeróbias no reator são obtidas pela utilização de difusores de ar ou aerador mecânico, que mantém o licor completamente misturado no tanque de aeração. Após um

período pré-determinado de tempo, a mistura é encaminhada a um decantador secundário, onde o lodo é separado do esgoto tratado. Por ser aeróbio, necessita aeração, o que traz um custo significativo de energia elétrica na sua operação.

Como já mencionado anteriormente, os sistemas aeróbios produzem maiores quantidades de lodos que os anaeróbios. Assim, em sistemas de lodos ativados é preciso de um sistema de tratamento do lodo gerado antes que seja depositado em aterros sanitários. Uma parte do lodo decantado retorna ao tanque de aeração para manter a concentração de microorganismos no reator. O tratamento e disposição do lodo, em conjunto com a energia elétrica, elevam o custo de operação desses sistemas.

c) Lagoas de estabilização

As lagoas de estabilização constituem o método mais simples de tratamento de esgotos, apresentando um bom resultado na remoção de matéria orgânica e necessidades mínimas de operação e manutenção. Porém, ocupam áreas mais significativas que sistemas com reatores, o que pode ser um empecilho quando não há área suficiente para sua implantação. São construídas a partir de escavações rasas no solo, cercadas por taludes de terra; a sua forma pode ser retangular ou quadrada. O processo de tratamento é biológico e a matéria orgânica é estabilizada pela oxidação bacteriológica (aeróbia ou anaeróbia) e /ou redução fotossintética das algas.

O tratamento através de lagoas de estabilização tem três objetivos: remover a matéria orgânica das águas residuárias; eliminar os microorganismos patogênicos que representam um perigo à saúde e utilizar seu efluente para reuso com outras finalidades, como agricultura, ou aquicultura, por exemplo.

A única desvantagem das lagoas de estabilização é que necessitam de uma área física bem maior do que qualquer outro tipo de tratamento de águas residuárias. Podem ser classificadas em cinco tipos: anaeróbias, facultativas, de maturação, estritamente aeróbias e aeradas mecanicamente.

Com estes dados tira-se uma prévia conclusão sobre a dificuldade de realização destes processos de tratamento nos efluentes hospitalares, que normalmente se encontram em centros urbanos e conseqüentemente há restrição de área disponível para a realização dos mesmos. Tendo-se em conta a área requisitada para a implementação dos processos unitários

referentes ao tratamento secundário, pode-se avaliar de antemão a dificuldade da utilização destes tipos de tratamentos em uma planta de tratamento de efluente hospitalar.

Para o tratamento de esgoto sanitário, geralmente não são empregados tratamentos terciários para a remoção específica de compostos não biodegradáveis, metais pesados, sólidos dissolvidos, dentre outros não removidos nas etapas anteriores.

2.2.9 Desinfecção

A desinfecção constitui-se na etapa do tratamento cuja função principal consiste na inativação dos microorganismos patogênicos, realizada por intermédio de agentes físicos e/ou químicos. Ainda que nas demais etapas da potabilização haja redução no número de microorganismos agregados às partículas coloidais, tal intento não consiste no objetivo principal dos demais processos e operações unitárias usuais no tratamento das águas de abastecimento.

No tratamento de água, os dois tipos preponderantes de mecanismos de desinfecção são: a oxidação, com posterior ruptura da parede celular; e a difusão no interior das células, com conseqüente interferência na atividade celular. Assim, a capacidade para oxidar moléculas biológicas e a capacidade de difusão, através da parede celular, são pré-requisitos essenciais para qualquer agente desinfetante ser considerado eficiente (BRASIL_a, 2001).

De uma maneira simplificada, podem ser destacados os fatores a seguir, relacionados como intervenientes na eficiência de um sistema de desinfecção (BRASIL_a, 2001).

Característica do desinfetante – os mecanismos de ação e as propriedades relacionadas à interação do desinfetante com as características físico-químicas e microbiológicas da água.

- a) *Dose do desinfetante e tempo de contato* – com base na qualidade final desejada e na porcentagem de inativação de determinados microorganismos, existem relações empíricas que equilibram a dose e o tempo de contato necessários.
- b) *Característica da água* – em relação às características físicas, a turbidez desempenha papel preponderante na eficiência da desinfecção, promovendo efeito escudo sobre os microorganismos, protegendo-os da ação desinfetante. Segundo (BRASIL_a, 2001)

diversas pesquisas confirmaram menor inativação de coliformes na desinfecção, com compostos de cloro, quando a turbidez elevava-se acima de 1,0 UT.

- c) *Características dos microorganismos* – a resistência relativa dos microorganismos ao desinfetante é dependente da espécie, da forma – encistada ou não – e da concentração dos mesmos na massa líquida.
- d) *Homogeneidade da dispersão do desinfetante na massa líquida* – deve-se conhecer a condição ideal de mistura e escoamento da água no tanque de contato. Quando as condições são simuladas em laboratório, estas são controladas e conhecidas, o que não ocorre em escala real, pois ocorrem mudanças que invariavelmente ocorrem perdas de eficiência. Por isso, é importante que se preveja as características do escoamento da água, nas unidades reais, para que não ocorram erros.

O desinfetante químico mais comumente utilizado na desinfecção para a produção de água potável é o cloro (Cl_2), líquido ou gasoso. Outros desinfetantes químicos são considerados alternativos, conforme (BRASIL_a, 2001), destacando-se o hipoclorito de sódio ou de cálcio, o ozônio (O_3), o dióxido de cloro (Cl_2), o permanganato de potássio (KMnO_4), a mistura ozônio/peróxido de hidrogênio ($\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$), o íon ferrato (FeO_4^{2-}), e outros agentes em fase de pesquisa e desenvolvimento, como sais de prata, sais de cobre, detergentes etc.

a) **Compostos de cloro**

O cloro empregado na desinfecção tem sido utilizado comercialmente de três formas: cloro líquido ou gasoso, hipoclorito de sódio e hipoclorito de cálcio. Para eliminar organismos patogênicos, o cloro penetra nas células dos microorganismos e reage com enzimas, destruindo-as. Sem a ação das enzimas (essenciais aos processos metabólicos das células vivas), os microorganismos morrem.

As principais finalidades da cloração são: controle de odor, facilitar a remoção de espuma no decantador, eliminar os organismos patogênicos, reduzir a carga orgânica inicial numa estação de tratamento, auxiliar ou controlar o tratamento e disposição do lodo.

A eficiência da cloração é função da natureza dos organismos presentes a serem destruídos, pois nem todos os microorganismos possuem a mesma resistência à cloração.

Na década de 1970 foi observado que a adição de cloro nas águas não traz somente efeitos positivos e que a reação do cloro com a matéria orgânica pode formar subprodutos

prejudiciais à saúde humana, especialmente, compostos halogenados, como os trihalometanos. Esse efeito negativo é intensificado pela deterioração da qualidade da água bruta, decorrente do aumento dos volumes de esgotos domésticos e de águas residuárias industriais lançados nos mananciais e dos avanços tecnológicos que incluíram a produção de mais compostos químicos, elementos estes que invariavelmente aparecem nas águas a serem tratadas (BRASIL_a, 2001).

A necessidade do controle de trihalometanos e de outros subprodutos indesejados da cloração incentivou o desenvolvimento de pesquisas envolvendo outros oxidantes, a fim de substituir o cloro na oxidação das águas de abastecimento público. Dentre os principais, o ozônio tem sido utilizado extensivamente como oxidante e desinfetante em tratamento de águas superficiais para a produção de água potável na Europa, e está cada vez mais sendo aplicado como pré-oxidante nos Estados Unidos, substituindo a pré-cloração (BRASIL_a, 2001).

b) Processo de Ozonização

O ozônio não tem sido muito utilizado no Brasil, mas é bastante empregado na Europa e em muitos pequenos sistemas de tratamento de água dos Estados Unidos, para desinfecção e oxidação. O Ozônio (O_3) é uma variedade alotrópica do oxigênio (O_2), sendo 1,5 vezes mais denso que esta e 13 vezes mais solúvel em água. Tem alto poder oxidante, sendo um poderoso desinfetante e germicida, eliminando 100% de vírus, bactérias e outros patógenos presentes nos esgotos (BRASIL_a, 2001).

O ozônio é extremamente instável tendo que ser gerado no local de consumo, apresentando um potencial de oxidação de 2,07v que é superior ao do ácido hipocloroso (1,49v) ou do cloro (1,36v), amplamente utilizados em processos de potabilização.

A pré-ozonização pode gerar os seguintes benefícios em um sistema de tratamento de água: oxidação de metais e matéria orgânica, desinfecção preliminar, redução do consumo de coagulantes, redução da turbidez e da cor aparente e verdadeira, remoção de compostos que causam sabor e odor, decréscimo do consumo de compostos derivados do cloro, diminuição das concentrações de precursores de trihalometanos, destruição de algas e aumento da carreira de filtração.

De acordo com Collins, et al. 1989 apud DI MATTEO, 1992 a ozonização pode ser empregada para os seguintes fins: desinfecção bactericida e inativação viral; remoção de substâncias orgânicas, tais como materiais húmicos, pesticidas, detergentes e fenóis; remoção de precursores de trihalometanos; auxiliar de coagulação; remoção de cor, sabor e odor; oxidação de ferro e manganês solúveis; rompimentos de ligações organometálicas, permitindo que metais, como por exemplo, Fé (III) e o Mn (IV) reajam como coagulantes dos compostos orgânicos remanescentes, levando a uma melhor precipitação; destruição de algas; oxidação de cianeto para cianato e eventualmente, para dióxido de carbono e água e outros compostos.

O forte poder oxidante do ozônio torna-o bastante efetivo como germicida, destruindo virtualmente 100% de vírus, bactérias e outros patógenos presentes no esgoto, dependendo do grau de pré-tratamento, dose e tempo de contato (VILELA, 2003).

c) **Radiação UV**

Ao contrário de outros desinfetantes, que têm ação química, a radiação ultravioleta atua por meio físico, atingindo principalmente os ácidos nucléicos dos microorganismos, promovendo reações fotoquímicas que inativam os vírus e as bactérias (BRASIL_a, 2001). A radiação ultravioleta é uma forma estabelecida, bastante estudada e utilizada e de crescente aplicação como alternativa aos agentes químicos tradicionais no processo de desinfecção de águas de abastecimento e, também, de águas residuárias. Um dos fatores importantes para sua popularização é o custo, que torna competitivo economicamente se comparado à cloração (BRASIL_a, 2001).

A radiação ultravioleta pertence ao espectro eletromagnético e está situada na faixa de 40 a 400nm de comprimento de onda. A radiação ultravioleta utilizada para a inativação de microorganismos, usualmente, é obtida por meio de lâmpadas especiais. A grande maioria é composta por lâmpadas de vapor de mercúrio ionizado, de baixa e média pressão e com diversos valores de potência.

Alguns microorganismos patogênicos, particularmente vírus e protozoários, são mais resistentes ao tradicional desinfetante cloro do que as bactérias do grupo dos coliformes, por exemplo, *Escherichia coli*. (National Research Council, 1980 apud BRASIL_a, 2001). Entretanto, Yip Konasewich (1972 apud BRASIL_a, 2001) sugeriram que a dose de UV

necessária para desativar organismos patogênicos é semelhante àquela necessária para promover o mesmo efeito nas bactérias usualmente utilizadas como indicadores da qualidade da água. Desse modo, para a inativação de patogênicos, as doses de radiação ultravioleta necessárias, usadas como parâmetro para o grupo coliforme, podem ser mais efetivas do que a cloração no processo de desinfecção.

Um problema que pode ocorrer com a utilização de radiação UV é a indesejada recuperação de parcela dos microorganismos inativados. Isso significa que, sob irradiação de luz na faixa do visível, pode ocorrer reversão das reações fotoquímicas e os microorganismos podem recuperar a atividade. Esse mecanismo permite que microorganismos irradiados recuperem-se caso tenham recebido dose subletal de radiação ultravioleta. Portanto, a dose correta de UV é uma variável importante para o dimensionamento de instalações de desinfecção (BRASIL^a, 2001).

2.2.10 Aplicações de Tecnologias de Tratamento a Efluentes Hospitalares Segregados

Noronha (2002a) ressalta que o efluente bruto de uma unidade hospitalar tem que ser submetido a tratamento a fim de poder ser lançado num meio receptor, pois as cargas poluentes dos efluentes hospitalares, medidas em DBO, DQO e SST, podem não ser, muito diferentes das de um efluente urbano, porém, afirma que as diferenças surgem essencialmente com relação ao nível dos poluentes químicos encontrados, nomeadamente metais pesados, que nos levam a considerar a necessidade imperiosa de remoção destes poluentes. Noronha (2002b) ainda diz que apesar da escassez de conhecimentos sobre tratamentos de efluentes hospitalares, propõe alguns aspectos indispensáveis na proposta de tratamento dos efluentes dos hospitais, sendo eles:

- a) Pré-tratamentos específicos, desde que estes sejam suficientes pra garantir o cumprimento da legislação aplicável aos efluentes, sendo:
 - Flotação no efluente da cozinha;
 - Tanque de decaimento para os efluentes provenientes do serviço de medicina nuclear;

Estes efluentes são os que têm maior contribuição para a carga orgânica do efluente final,

a qual se aproxima dos efluentes urbanos.

b) Para o efluente proveniente da hemodiálise, medicina física, lavanderias e reabilitação e imagiologia, no seu conjunto. A proposta de tratamento para estes efluentes e depois o reuso desta água tratada, o permeado proveniente da osmose inversa, para utilizações menos nobres, segundo Noronha (2002b) seria:

- Calha Parshal e uma transição para retirada de objetos de dimensão apreciável, e em caso de necessidade a implantação de um Tanque de Equalização de vazão, para manter a velocidade constante;
- Ultrafiltração;
- Osmose inversa;
- Oxidação fotoquímica com peróxido de hidrogênio e UV, ou ozônio e UV;
- Eletrólise para recuperação dos metais presentes no efluente a tratar.

O efluente final de uma unidade hospitalar é grandemente afetado pela existência de serviços produtores de águas residuais perigosas, como os laboratórios, lavanderias e imagiologia. Estes serviços são os principais responsáveis por águas residuais com tipologias diversas de um efluente doméstico.

Sempre que possível segregar os efluentes dos serviços hospitalares através de sistemas de drenagem próprios, sendo que essa solução deverá ser sempre encarada nas instalações hospitalares a implantar.

A Tabela 2.8 apresenta resumidamente algumas tecnologias de pré-tratamento aplicáveis aos diferentes tipos de efluentes hospitalares, quando segregados:

Tabela 2.8 - Tecnologias de pré-tratamento aos efluentes hospitalares segregados.

Local/Serviço	Pré-tratamento
Cozinhas	Retenção de Gorduras por Flotação
Laboratórios (ácidos, bases, metais pesados e outros metais, solventes orgânicos, etc)	Correção de pH, Remoção de Metais, Compostos Fenólicos, etc por Neutralização, Adsorção em Carvão Ativado e Osmose Inversa
Lavanderias (detergentes)	Remoção de Detergentes por Adsorção com Carvão Ativado
Medicina Nuclear	Decaimento de Radioisótopos em Tanque de Decaimento
Central Térmica	Arrefecimento com Torre de Água em Contracorrente
Hemodiálise	Remoção de Sódio, Potássio, outros Metais e Desinfetantes por Osmose Inversa
Medicina Física de Reabilitação	Remoção de Desinfetantes por Osmose Inversa
Imagiologia	Remoção de Prata, Metais Pesados, Sulfitos, Sulfuretos e outros Sais Metálicos por Osmose Inversa

Fonte - NORONHA, 2002.

A tecnologia adequada de tratamento para efluentes de serviços de radiodiagnósticos é uma estação que fará a separação da prata por processo eletrolítico a partir da solução do fixador utilizado, realizando posteriormente o beneficiamento do fixador restante para que este, tendo as características próprias para perfeita revelação de radiografias, possa ser reciclado. Em sua etapa final a estação fará o tratamento do revelador e da água de lavagem pra deixá-los dentro dos padrões determinados por lei (FERNANDES et al., 2005).

Seguem alguns critérios para rejeição de resíduos perigosos, segundo Noronha (2002):

- Laboratórios – Os efluentes provenientes de cada um dos equipamentos laboratoriais, devem ser armazenados, e, no final do dia, encaminhados para um contentor de maior dimensão. Posteriormente devem ter um tratamento específico adequado;
- Anatomia Patológica - Os efluentes, nomeadamente o formol utilizado para conservar peças anatômicas, devem ser armazenados e sofrer um tratamento específico adequado;

- Medicina Nuclear – A simples retenção de águas contendo radiosótopos em tanques de decaimento, por períodos adequados, é suficiente para as tornar inativas;
- Cozinhas e Refeitórios – Os efluentes são constituídos essencialmente por gorduras, óleos e restos de comida, os quais devem ser encaminhados para um sistema de desengorduramento e remoção de óleos, posteriormente podem ser descarregados no coletor municipal.

O Mercúrio, um dos metais pesados habitualmente presentes nas atividades médicas, é um dos componentes presentes nos efluentes hospitalares.

Nos hospitais existem outros solventes que após utilização poderão ser submetidos a tratamentos de purificação, nomeadamente por destilação, podendo ser reutilizados.

Eventualmente, os cuidados atualmente existentes relativamente à desinfecção, poderão revelar-se contraproducentes, ao recorrer-se a utilização do cloro, na presença de grandes quantidades de matéria orgânica. O resultado poderá ser a produção de grandes quantidades de subprodutos potencialmente tóxicos. Em alguns países, os sistemas por desinfecção por UV ou por oxidação progressiva (O_3 e H_2O_2) revelaram-se ser uma alternativa aos sistemas que usam cloro.

Noronha (2002b) propôs a seguinte divisão das águas residuais hospitalares, para as respectivas tecnologias de tratamento:

- Águas domésticas;
- Águas residuais contaminadas;
- Águas residuais poluídas;
- Cozinhas;
- Laboratórios;
- Lavanderias;
- Radioativas;
- Outras (hemodiálise, fisioterapia, imagiologia, etc.).

As *águas residuais* domésticas são todas as que são produzidas nas zonas de serviço de apoio, como serviços administrativos, bares, refeitórios, etc. As *águas residuais contaminadas* incluem todos os efluentes em que apenas existem componentes biológicos ou microbiológicos, que alterem significativamente as características típicas de um efluente doméstico, tais como, restos de sangue e outros fluidos orgânicos, onde poderão existir

quantidades significativas de microorganismos patogênicos, nomeadamente espécies multiresistentes. Estes efluentes são característicos das enfermarias, salas de operações, salas de tratamento e serviços de urgência. Dadas suas características, antes de serem lançados num sistema municipal de tratamento, este tipo de águas residuais poderá necessitar de um tratamento específico, de modo a reduzir, nomeadamente, a DBO₅, DQO e Sólidos Suspensos Totais.

As *águas residuais poluídas* incluem todos os efluentes em que é comum o aparecimento de compostos químicos, nomeadamente gorduras, metais, etc., alterando, significativamente, as características típicas de um efluente doméstico, obrigam a aplicação de tratamentos físicos e/ou químicos específicos.

Os *efluentes da cozinha* caracterizam-se pela elevada quantidade de gorduras, pelo que tem que ser submetido a uma operação de flotação com retenção de gorduras.

Nos *laboratórios* são gerados efluentes contendo diversos tipos de compostos químicos variados, como ácidos, bases, metais pesados, solventes orgânicos, etc.

As *águas residuais das lavanderias* caracterizam-se essencialmente pela presença de restos de detergentes e eventualmente microorganismos patogênicos. Os detergentes podem ser de três tipos: aniônicos, catiônicos e não iônicos. Além dos princípios ativos os detergentes podem ter adjuvantes e outros aditivos, nomeadamente polifosfatos, carbonatos, corantes, agentes bactericidas, enzimas, etc.

Os *efluentes radioativos* são provenientes de serviços de medicina nuclear, pelo que terão que ter um pré-tratamento específico, para decaimento dos radioisótopos.

Outros efluentes como na hemodiálise, são caracterizados por terem quantidades apreciáveis de sódio e potássio e sendo obrigatoriamente desinfetados, podem também conter hipoclorito de sódio.

No Brasil a RESOLUÇÃO N° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005 estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes em cursos d'água naturais, não existindo lei Federal que regulamente os padrões de lançamentos em redes de coleta de esgoto Municipal. A deliberação normativa do Conselho de Política Ambiental (COPAM) 010/86, estabelece

normas e padrões para a qualidade das águas, lançamento de efluentes nas coleções de águas, e dá outras providências.

A regulamentação para projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde é a Resolução - RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002 que define em seu capítulo - Instalações ordinárias e especiais, item 7.1.3: que caso a região onde o Estabelecimento Assistencial de Saúde (EAS) estiver localizado tenha rede pública de coleta e tratamento de esgoto, todo o esgoto resultante desse pode ser lançado nessa rede sem qualquer tratamento. Não havendo rede de coleta e tratamento, todo esgoto terá que receber tratamento antes de ser lançado em rios, lagos, etc. (se for o caso).

Portanto, a norma estabelece quando se pode lançar diretamente na rede, mas não define o tipo de tratamento que deverá ser feito quando isto não for possível. Isso será definido pelo projetista de acordo com as condições locais e aprovado pelo órgão local responsável pela água e esgoto do município.

2.3 REUSO DE ÁGUA

Com o crescimento concomitante do binômio demanda de água-população, o reuso de água será cada vez mais considerado no planejamento e na exploração de novos mananciais.

O reuso de água reduz a demanda sobre os mananciais de água bruta devido à substituição de fonte, isto é, pela substituição da água potável por uma água de qualidade inferior onde tal substituição for possível, tendo em vista a qualidade requerida para o consumo. Em muitos casos ocorre uma proteção natural das águas dos mananciais, uma vez que se eliminam as descargas de esgotos nas águas superficiais. A decisão de recuperar a qualidade da água para novo uso emergiu como uma opção realista de manancial, necessária para fazer face às demandas de água para as cidades e para os campos cultivados.

Para melhor percepção do tema reuso de água, é indispensável discutir antes alguns termos que são muito usados. As definições e os conceitos que se seguem foram apresentados por Metcalf e Eddy (2003).

- Reuso planejado da água: Significa o uso deliberado, direto ou indireto, de águas residuárias recuperadas, incluindo o controle físico-químico e bacteriológico da água durante seu fornecimento para o uso.
- Reuso não-planejado de água: É o uso acidental de águas residuárias após a sua descarga e sem nenhum controle. Um exemplo é a captação de água de um rio a jusante de uma descarga de água residuária tratada (ou não tratada).
- Recuperação de água: É a renovação de água até sua qualidade original, por meio de seu tratamento ou processamento. Em uma definição mais relacionada com reuso, significa o melhoramento da qualidade de água para que esta possa ser utilizada diretamente (isto é, em reuso direto). Esse termo também inclui, freqüentemente, o fornecimento de água residuária até o local de sua utilização e o próprio processo de utilização.
- Água residuária recuperada: É a água residuária que, como resultado do processo de recuperação, é aceitável para um uso direto determinado, ou para um uso devidamente controlado.
- Reciclo de águas residuárias: É o uso das águas residuárias que são coletadas e redirecionadas dentro do mesmo esquema de uso da água. O reciclo é praticado freqüentemente em indústrias, ao nível de operação da planta industrial. Também se utiliza como sinônimo o vocábulo "reciclagem".
- Reuso indireto de água: Também conhecido como reuso natural da água, significa o uso de águas de mananciais aos quais foram anteriormente lançadas águas já utilizadas. Por exemplo, em curso de água, significa que em algum ponto do rio foram lançadas águas residuárias (tratadas ou não), e que estas águas são captadas em um ponto mais a jusante, após sofrerem autodepuração.
- Reuso direto de água: É o uso das águas residuárias recuperadas sem intervenção de descargas em corpos de águas naturais. Normalmente, inclui o uso para irrigação (com propósitos de produção agrícola e paisagístico).
- Reuso potável: É a forma de reuso que envolve o abastecimento público de água, através da introdução, direta ou indireta, de águas residuárias recuperadas que são normalmente tratadas a um nível alto para garantir a proteção da saúde pública.

- Reuso potável direto: É uma forma de reuso que envolve a introdução de águas residuárias recuperadas diretamente em um sistema de abastecimento público de água, frequentemente possibilitando a mistura de águas residuárias recuperadas com a água de abastecimento normal do sistema. Não é uma forma recomendada de reuso na maioria dos países, pois existe ainda pouca experiência com esse tipo de reuso.
- Reuso potável indireto: É o reuso potável que envolve a introdução de águas residuárias recuperadas em um manancial de água bruta (superficial ou subterrâneo). Assim, antes da captação da água, ocorrem a diluição, assimilação e autodepuração das águas residuárias no corpo receptor.
- Reuso agrícola ou na agricultura: É o uso de águas recuperadas na irrigação para a agricultura de sustento ou produção de forrageira e/ou para a dessedentação de animais. A recarga do lençol freático pode ser uma consequência desta modalidade de reuso.
- Reuso industrial: É o uso de águas residuárias recuperado (quando a recuperação se faz necessária) para alimentação de torres de resfriamento, caldeiras, trocadores de calor, água de processamento, construção civil e outros fins industriais menos exigentes em qualidade de água.
- Reuso recreativo e/ou público: É o uso de águas residuárias recuperado para a irrigação de parques, jardins, lagos ornamentais e/ou recreativos, postos de serviço para lavagem de veículos, paradas de ônibus, ruas, avenidas, etc.
- Reuso doméstico: É o uso de águas residuárias recuperado para irrigação de jardins residenciais, lavagem de carros, áreas verdes e pisos, e para descarga de vasos sanitários. Automaticamente fica implícita a existência de um "sistema dual" de abastecimento público de água, empregado em muitas cidades, em que há duas redes, uma para água potável e outra para água de menor qualidade e para outros usos.
- Reuso para manutenção de vazões mínimas de cursos de água: Trata-se do uso planejado de águas residuárias recuperadas para garantir vazões mínimas para diluição de poluentes em corpos de água receptores.
- Reuso em aquicultura: É o uso de águas residuárias recuperado para alimentação de tanques destinados à produção de peixes e outros organismos

aquáticos, objetivando a produção de alimentos e/ou energia da biomassa produzida.

- Reuso para recarga de aquíferos: É o uso de águas residuárias recuperado para suplementar ou o nível do aquífero. A recarga permite a redução dos custos de bombeamento, e pode ser feita por injeção pressurizada ou através do processo de infiltração rápida.

Westerhoff (1984) apud Mancuso & Santos (2003), classifica o reuso em potável e não potável. O reuso potável pode ser definido como sendo direto ou indireto. No caso do reuso potável direto o efluente tratado por sistemas avançados é reutilizado no sistema de água potável. No caso do reuso potável indireto, o efluente tratado é lançado em um corpo de águas superficiais ou subterrâneas, para posterior reutilização. No caso do reuso não potável, o mesmo aplica-se à agricultura irrigada, fins industriais, usos domésticos como rega de jardins e bacias sanitárias, aquicultura e recarga de aquíferos.

Segundo relatório técnico da Federação da Indústria do Estado de São Paulo (2004), o reuso pode ser classificado nas seguintes definições:

- Reuso macro externo, definido como reuso de esgoto sanitário ou industrial tratado proveniente de estações de tratamento administradas por concessionárias ou outra indústria;
- Reuso macro interno, definido como o uso interno de efluentes tratados ou não provenientes de atividades realizadas na própria indústria.

O reuso macro interno pode ser implantado de duas formas distintas: através do reuso em cascata ou pelo que designa de reuso de efluentes tratados (SAUTCHÚK, 2004b). O reuso em cascata ocorre quando o efluente produzido em um processo industrial pode ser utilizado em outro processo subsequente. Isto só é viável quando as características do efluente produzido no primeiro uso forem compatíveis com a qualidade requerida para o próximo. O reuso do efluente tratado “consiste na utilização dos efluentes que foram submetidos a um processo de tratamento” (SAUTCHÚK, 2004b). Neste caso, os efluentes gerados no processo industrial como um todo, proveniente de diversos usos, são enviados para a Estação de Tratamento de Efluentes, onde após tratamento atingem um determinado padrão de qualidade.

Por outro lado, normalmente nas indústrias, há uma série de pontos de consumo de água, que exigem padrões de qualidade diferenciados. Novamente, o reuso só será efetivado quando as características do efluente tratado forem compatíveis com aquelas dos usos

específicos. Há casos em que é necessária instalação de um processo adicional para o tratamento dos efluentes, a fim de que eles atinjam o padrão requerido.

A análise da viabilidade de utilização de efluente tratado inicia-se com a caracterização qualitativa e quantitativa dos efluentes gerados, estabelecendo-se os critérios de segregação e os tratamentos necessários.

Num primeiro momento deve ser avaliada a possibilidade de utilização direta dos efluentes, ou seja, sem a necessidade de tratamento específico, o que muitas vezes é possível quando a qualidade do efluente gerado é apropriada para a aplicação direta em um determinado fim. Depois de coletados os dados qualitativos e quantitativos dos efluentes gerados, devem ser checados os requisitos de qualidade exigidos para cada aplicação, como subsídio para a definição das tecnologias de tratamento de efluentes necessárias.

O uso de efluentes tratados como fonte de água para a realização de determinados fins implica em um sistema de gestão que monitore continuamente esta fonte alternativa de água (qualitativa e quantitativamente), de forma a garantir o perfeito funcionamento e vida útil dos equipamentos e processos envolvidos, bem como resguardar os usuários de qualquer risco à saúde.

Em resumo, os passos para a análise da possibilidade de reuso de efluentes em uma edificação devem considerar:

- Análise dos tipos de efluentes gerados;
- Especificação da segregação dos efluentes gerados;
- Verificação da possibilidade de aplicação direta dos efluentes gerados;
- Avaliação da quantidade e qualidade de água do efluente gerado;
- Possibilidade de reuso de efluente tratado;
- Especificação das possíveis tecnologias de tratamento em função das atividades consumidoras;
- Avaliação dos custos envolvidos com tecnologias necessárias, dispositivos de controle e implantação do sistema de gestão.

As medidas de segurança necessárias na implementação de um programa de reuso de água incluem (COPPINI, 2006 apud MANCUSO & SANTOS, 2003):

- Aplicação de tratamento compatível com a qualidade dos efluentes brutos ou pré-tratados disponíveis, e com os requisitos de qualidade estabelecidos para os usos previstos. Isso exige um conhecimento suficiente sobre a qualidade dos

efluentes a serem tratados, e a aplicação das técnicas de tratamento mais seguras para esses efluentes.

- Garantia de que o sistema de tratamento irá produzir água com qualidade e quantidade exigidas.
- Projeto, instalação e operação do sistema de distribuição para que, ao longo do percurso da água entre a saída do tratamento e os pontos de entrega, a água de reuso não seja utilizada, intencional ou acidentalmente, para outras finalidades que não especificadas.

O reuso de água, para qualquer fim, depende de sua qualidade física, química e microbiológica. As maiorias dos parâmetros de qualidade físico-químicas são bem compreendidas, sendo possível estabelecer critérios de qualidade orientadores para o reuso. Deve então ser especificada, caso a caso, a viabilidade técnica de implantação do reuso, investimentos necessários, logística de operação e custos de manutenção.

2.3.1 Considerações sobre a Qualidade da Água

Os padrões e guias de qualidade para reuso de água trazem na sua maioria o enfoque na saúde pública, resguardando os possíveis consumidores ou os produtos obtidos e os trabalhadores que manipulam essa água recuperada. Portanto, quase todos se baseiam no controle microbiológico de organismos patógenos. Em um país como os Estados Unidos, ainda não existia, até 1996, uma regulamentação federal sobre esse assunto, sendo que o único esforço registrado nesse sentido foi o guia publicado pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) em 1992 (ASANO; LEVINE, 1996).

A aceitabilidade do reuso da água para qualquer fim específico é dependente da sua qualidade física, química e microbiológica. Os fatores que afetam a qualidade da água para reuso incluem a qualidade da fonte geradora, o tratamento da água residuária, a confiabilidade no processo de tratamento, o projeto e a operação dos sistemas de distribuição.

A reservação a céu aberto pode resultar na degradação da qualidade por microorganismos, algas, ou material particulado, podendo ser causa de odores e cor na água destinada ao reuso.

No caso do reuso para uma lavanderia hospitalar alguns principais critérios para a qualidade da água devem ser seguidos:

- Proteção à saúde dos pacientes e funcionários do hospital – A água para reuso deve ser segura para o fim pretendido. A maioria dos critérios de qualidade desta água é voltada principalmente para a proteção da saúde da população envolvida.
- Requisitos de uso: Muitos usos industriais e algumas outras utilizações têm requisitos físico-químicos de qualidade que estão relacionados com a saúde da população. As qualidades físicas, químicas e microbiológicas podem limitar a aceitabilidade da água para reuso.
- Percepção da população e/ou do usuário: A água deve ser percebida como segura e aceitável para o uso pretendido e os órgãos de controle devem divulgar tal garantia. Esta diretriz pode ocasionar a imposição de limites conservadores para a qualidade da água por parte dos órgãos de controle.

Os critérios estabelecidos para a prática do reuso são baseados principalmente na proteção da saúde pública e ao meio ambiente. Normalmente apresentam os tratamentos mínimos necessários, os padrões de qualidades exigidos para determinados usos, a eficiência exigida para o tratamento, a concepção dos sistemas de distribuição e o controle de uso de áreas (CROOK, 1993).

Estão bem documentados os problemas de saúde devido ao reuso do esgoto bruto ou insuficientemente tratado. Em decorrência, os padrões e orientações para reuso da água preocupam-se principalmente com a proteção da saúde pública, sendo geralmente baseados no controle de microorganismos patogênicos. Nos EUA, inexistem padrões federais disciplinando o reuso embora a EPA (Agência de Proteção Ambiental) do país tenha publicado orientações para o reuso em 1980. Correntemente estas orientações estão sendo atualizadas e ampliadas. As regulamentações que existem nos EUA foram desenvolvidas no âmbito estadual.

Os critérios do Estado da Califórnia para a recuperação da qualidade das águas residuárias (1978), foram adotados em 1979 e têm servido de base para os padrões de reuso em outros estados e países. Os critérios de recuperação da qualidade incluem os padrões de qualidade da água, os processos de tratamentos requeridos, os requisitos operacionais e os critérios de avaliação de confiabilidade no tratamento. O grau de tratamento requerido e a

qualidade microbiológica aumentam na medida em que seja mais provável o contato humano com água para reuso. Se for esperado um contato direto íntimo, ou se o contato indireto for provável, as regulamentações especificam processos para o tratamento e a qualidade da água que objetivam produzir um efluente essencialmente livre de patógenos, incluindo proteção virótica. Foi tomada a decisão fundamental de que o padrão de qualidade a ser seguido deveria garantir a ausência de níveis mensuráveis de enterovírus, fundamentada na presunção de que um número muito pequeno de vírus pode iniciar processos infecciosos e de que os processos de tratamento de efluentes capazes de controlar enterovírus produziram uma água recuperada livre de qualquer patógeno para humanos. O tratamento terciário de efluentes de tratamentos secundários convencionais também pode ser empregado para atender às orientações recomendadas quanto aos limites microbiológicos. (CROOK, 1985).

Os critérios variam entre os Estados e em nenhum deles há a previsão, em regulamento, de todos os potenciais usos das águas de reuso, e poucos apresentam regulamentação para o potável (CROOK, 1993)

A seleção da seqüência de tratamento especificada nos critérios para recuperação da qualidade das águas residuárias para a produção de efluentes essencialmente livres de patógenos, isto é, a oxidação, a coagulação química, a clarificação, a filtração e a desinfecção, a níveis de coliformes inferiores a 2,2/100ml, foi preconizada por estudos que datam de muitos anos e que determinaram a capacidade de remoção de vírus em processos avançados de tratamento de efluentes. Estudos mais recentes indicaram que uma remoção equivalente de vírus pode ser conseguida por filtração direta de efluentes secundários de alta qualidade, empregando-se dosagens baixas de coagulantes e/ou polímeros.

A qualidade para reuso da água são baseados em requisitos de usos específicos, em considerações estéticas e ambientais e na proteção da saúde pública. Os efeitos dos constituintes químicos são bastante conhecidos para a maioria dos reusos não potáveis e têm sido recomendados limites para tais constituintes. Os riscos, para a saúde, provocados pelos patógenos microbiológicos são mais difíceis de quantificar (CROOK, 1993).

É fundamental a capacitação dos funcionários em contato com os sistemas que reusam água, através de treinamento, esclarecimentos técnicos e reciclagem contínua. Qualquer que seja a estratégia adotada é de fundamental importância que a prática de reuso seja devidamente planejada, a fim de que sejam obtidos os máximos benefícios associados e para que ela possa ser sustentável ao longo do tempo.

Assim sendo, antes que a avaliação do potencial de reuso do efluente disponível na edificação seja iniciada, é necessário que todos os fatores que possam influenciar em sua quantidade e composição sejam devidamente contemplados.

Isto implica dizer que, necessariamente, a avaliação do potencial de reuso de efluentes deve ser posterior a qualquer alternativa de racionalização do uso da água, já que estas irão afetar, de forma significativa, tanto a quantidade como a qualidade do efluente (SAUTCHÚK, 2004b).

Segundo Hespanhol (1999), a qualidade da água utilizada e o objeto específico do reuso, estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os investimentos a serem alocados. Por outro lado, os elevados riscos associados à utilização de efluentes, mesmo domésticos, para fins potáveis, exigem cuidados extremos para resguardar a saúde pública. Os níveis de tratamento de efluentes necessários são de elevada eficiência, nível terciário, o que pode inviabilizar tal solução. Além disto, deve haver aceitação pública do reuso para que haja sucesso da medida adotada.

Deve-se desenvolver um estudo detalhado para que os investimentos sejam efetivamente aproveitados e o empreendimento tenha o retorno esperado. O estudo deve abordar alternativas de sistemas de aproveitamento e reuso de água para determinar a quantidade de água gerada (oferta) pelas fontes escolhidas e a quantidade de água destinada às atividades fim (demanda). Tomando se por base estes valores, devem ser dimensionados os equipamentos, os volumes de reservas necessários, os possíveis volumes complementares de água e escolhidas as tecnologias de tratamentos a serem empregadas. Com base nas alternativas de sistemas geradas, determinam-se quais as de maior eficiência, tanto no aspecto técnico quanto econômico (ANA, 2005).

2.3.2 Aspectos Legais de Reuso de Águas Servidas no Brasil

A AGENDA 21 PARA A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (2000) recomenda a implementação de políticas de gestão do uso e reciclagem de efluentes, ressaltando sempre a questão da importância da saúde pública, bem como os possíveis impactos ambientais ocasionados.

O reuso vem sendo difundido de forma crescente e restrita no Brasil, no entanto, este crescimento vinha ocorrendo na ausência completa de regulamentação específica sobre o assunto até que, em 9 de março de 2006, a Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, entrou em vigor, a qual estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências.

Embora não houvesse no Brasil uma legislação específica para o Reuso, na Lei 9.433 de 1997 já se ressaltavam muitos aspectos que direcionavam para a implantação de uma Política Nacional de Recursos Hídricos que considera o reuso como forma de maximização destes recursos.

Santos (2005) desenvolveu um trabalho específico com o objetivo de se fornecer uma base estrutural legal e institucional responsável pelo controle e regulação do reuso no Brasil, apresentando os tipos de reuso que precisam ser regulamentados. O reuso das águas surge em ambos os momentos, no interior dos empreendimentos, de forma a reduzir a necessidade de abastecimento externo, e também, como uma fonte adicional de águas de qualidade inferior, para serem utilizadas em usos menos restritivos.

Entretanto, afirma Santos (2005), que a disseminação da prática do reuso sem que haja uma regulamentação específica sobre o assunto, pode comprometer tanto os benefícios, quanto a saúde pública e o meio ambiente. Para o crescimento adequado do reuso no Brasil, bem como a maximização de seus benefícios, e a minimização dos prejuízos que poderiam decorrer de uma implementação desordenada, é fundamental um direcionamento legal e institucional para a regulamentação desta prática no país.

Este autor também conclui em seu estudo que os tipos de reuso que prioritariamente precisam de regulamentação são: agrícola, urbano para fins não potáveis, recarga de aquíferos, aquíicultura e industrial. E que, no entanto, o reuso industrial deve ser considerado como um caso a parte, visto que a menos questões de proteção à saúde e ao meio ambiente, as condições em que ele ocorre, em geral, são exclusivas para cada atividade, não havendo possibilidade da regulamentação prever tais especificidades. Propõe ainda que em um primeiro momento, em função da imaturidade no Brasil em relação a projetos de reuso de água e a deficiência de estudos epidemiológicos em relação às conseqüências desta prática, será necessário adotar padrões internacionais, visando fundamentalmente a proteção à saúde e ao meio ambiente, que deverão ser brevemente adequados a realidade local.

Visando atender o objetivo deste trabalho, a identificação, quantificação e caracterização dos efluentes gerados tanto no processo de lavagem de roupas quanto na hemodiálise, são de fundamental importância, para a identificação das possibilidades de reuso no processamento da mesma. Para isto, uma análise mais detalhada dos processos da lavanderia e hemodiálise deve ser desenvolvida. Nos capítulos 3 e 4 serão apresentados dados sobre estes processos e efluentes gerados a partir de estudos bibliográficos.

3 PROCESSAMENTO DE ROUPAS DE SERVIÇOS DA SAÚDE

Metade da água utilizada no hospital é destinada ao consumo da lavanderia, estimado entre 35 e 40 litros de água para cada quilo de roupa seca nas máquinas de lavagem, em cargas individuais. Para suprir esta demanda, faz-se necessária a utilização de reservatórios próprios para este serviço, considerando-se a previsão de 250 litros/leitões/dia. A pressão da água e o diâmetro da tubulação devem ser suficientes para abastecer as máquinas de lavar em menos de um minuto (BRASIL, 1986).

O processamento das roupas hospitalares abrange todas as etapas pelas quais as roupas passam, desde sua utilização até seu retorno em ideais condições de reuso. Estas etapas são geralmente classificadas em: coleta (no expurgo) e transporte da roupa suja utilizada nos diferentes setores do hospital; recebimento, pesagem, separação e classificação; lavagem da roupa suja; centrifugação; secagem e calandragem da roupa limpa; separação e transporte da roupa limpa da lavanderia para a rouparia do hospital (BRASIL, 2007), também podem estar incluídas neste processo a locação e o reparo das roupas.

Neste capítulo será dado um maior enfoque ao processo de lavagem em si, porém fica aqui destacado que, segundo BRASIL (2007) e BRASIL (1986), existem diversas práticas que devem ser seguidas para diminuição dos riscos de contaminação até a chegada neste processo.

O processamento de roupas de serviços de saúde é uma atividade de apoio que influencia grandemente a qualidade da assistência à saúde, principalmente no que se refere à segurança e conforto do paciente e trabalhador (BRASIL, 2007). As roupas hospitalares representam todo e qualquer material de tecido utilizado dentro de hospitais e que necessitam passar por um processo de lavagem e secagem para sua reutilização. Roupas hospitalares, por exemplo, incluem lençóis, fronhas, cobertores, toalhas, colchas, cortinas, roupas de pacientes e de funcionários, fraldas em tecido, compressas, campos cirúrgicos, máscaras, aventais, gorros, panos de limpeza, entre outros. Pode-se perceber a grande variedade, origem, diferentes utilizações, sujeiras e contaminações das roupas utilizadas dentro de hospitais (KONKEWICZ, 2008). As roupas hospitalares diferem daquelas utilizadas em outros tipos de instituições ou residências porque alguns itens apresentam-se contaminados com sangue, secreções ou excreções de pacientes, em maior quantidade de contaminação e volume de

roupa, mas não há distinção das sujeiras encontradas nas roupas da comunidade em geral (FUNDAP, 2006).

Portanto, a lavanderia hospitalar é um dos principais serviços de apoio ao atendimento dos pacientes, responsável pelo processamento da roupa e sua distribuição em perfeitas condições de higiene e conservação, em quantidade adequada a todas às unidades do hospital. Sendo assim, o BRASIL (1986), ressalta a importância da lavanderia dentro do complexo hospitalar, pois a eficiência de seu funcionamento contribuirá para a eficiência do hospital, refletindo-se especialmente nos seguintes aspectos: controle de infecções, recuperação, conforto e segurança do paciente.

A unidade de processamento de roupas está sujeita ao controle sanitário pelo Sistema Nacional de Vigilância Sanitária – SNVS, conforme definido na Lei 9.782 de 1999, tendo em vista os riscos à saúde dos usuários, trabalhadores e meio ambiente, relacionados aos materiais, processos, insumos e tecnologias utilizadas.

Um bom sistema de processamento da roupa é fator de redução das infecções hospitalares. Estudos realizados na área de microbiologia revelaram que o processamento da roupa em um ambiente único, utilizado nas lavanderias tradicionais, propicia a recontaminação constante da roupa limpa na lavanderia. Esses estudos mostraram, ainda, que grande número de bactérias jogadas no ar, durante o processo de separação da roupa suja, contaminava todo o ambiente circundante. Tais descobertas revolucionaram a planta física da lavanderia hospitalar, bem como instalações, equipamentos e os métodos utilizados no processamento da roupa (KONKEWICZ, 2008).

A principal medida introduzida para o controle das infecções, foi a instalação de barreira de contaminação, que separa a lavanderia em duas áreas distintas:

- Área contaminada ou suja, utilizada para separação e lavagem e,
- Área limpa, utilizada para acabamento (centrifugação, secagem/calandragem, dobragem) e guarda.

Esta barreira de contaminação só é realmente eficiente se existirem as lavadoras de desinfecção, com duas portas de acesso, uma para cada área, na parede que separa a área suja/contaminada da área limpa, e se as pessoas da área contaminada não circularem nas áreas onde a roupa sai limpa. A barreira de separação deve ser dotada de visores para facilitar a comunicação e o controle.

A relação kg/paciente pode variar dependendo da especialidade do serviço de saúde,

da frequência de troca de roupas ou mesmo da utilização de roupas ou enxoval descartáveis. Segue na tabela 3.1 uma estimativa de carga de roupa de acordo com o tipo de hospital.

Tabela 3.1 - Relação da característica do hospital com a carga de roupa utilizada.

Tipo de Hospital	Carga de Roupa (kg/leito/dia)
Hospital de longa permanência, para pacientes crônicos	2 kg/leito/dia
Hospital geral, estimando-se uma troca diária de lençóis	4 kg/leito/dia
Hospital geral de maior rotatividade, com unidades de pronto-socorro, obstetrícia, pediatria e outras	6 kg/leito/dia
Hospital especializado, de alto padrão	8 kg/leito/dia
Hospital escola	8 a 15 kg/leito/dia

Fonte: BRASIL, 1986.

3.1 OPERAÇÃO DA LAVANDERIA HOSPITALAR

A roupa chega à área suja da unidade de processamento e então é classificada e pesada antes de iniciar o processo de lavagem. Segue abaixo a descrição dos processos envolvidos na lavagem da roupa, conforme (BRASIL, 2007).

a) **Separação e Classificação**

A qualidade da lavagem começa na separação da roupa suja quando esta é classificada de acordo com o grau de sujeira. Na área de recepção, a roupa é retirada do carro de coleta, a fim de ser separada e pesada em lotes ou fardos correspondentes a uma fração da capacidade da máquina, em geral 80% de sua capacidade de lavagem, além de ser identificado quanto ao tipo de processamento a que deverá ser submetido em função do tipo de sujeira. A pesagem da roupa é indispensável para indicar a carga correta das lavadoras. O grau de sujeira pode ser classificado em:

- Sujeira pesada: roupa com sangue, fezes, vômitos e outras sujeiras proteicas;

- Sujeira leve: roupa sem presença de fluidos corpóreos, sangue e/ou produtos químicos.

Toda roupa com mais de três pontos de sujeira visível de sangue, fezes, urina, secreções e outros fluidos já pode ser considerada roupa de sujeira pesada.

Após a classificação e pesagem da roupa o próximo passo a seguir é o processo de lavagem em si.

b) Ciclo da Lavagem

Após pesagem e classificação da roupa suja, a mesma é colocada dentro da lavadora na área suja e no final do processo de lavagem, é retirada por meio da abertura voltada para a área limpa.

A lavagem é o processo que consiste na eliminação da sujeira fixada na roupa, deixando-a com aspecto e cheiro agradáveis, nível bacteriológico reduzido ao mínimo e confortável para o uso. O ciclo a ser empregado no processo de lavagem é determinado de acordo com o grau de sujeira, tipo da roupa, tipo de equipamento da lavanderia e dos produtos utilizados.

De acordo com BARRIE (1994), a roupa é desinfetada durante o processo de lavagem, tornando-se livre de patógenos vegetativos, mas não se torna estéril. A lavagem consiste numa seqüência de operações ordenadas, que leva em consideração o tipo e a dosagem dos produtos químicos, a ação mecânica produzida pelo batimento e esfregação das roupas nas lavadoras, a temperatura e o tempo de contato entre essas variáveis. O perfeito balanceamento desses fatores é que define o resultado final do processo de lavagem.

As fases de um ciclo completo de lavagem consistem em: umectação, enxágues, pré-lavagem, lavagem, alvejamento, enxágües, acidulação e amaciamento. Um ciclo completo de lavagem geralmente é aplicado para roupas com sujeira pesada. Para roupas com sujeira leve, dispensam-se as etapas de umectação, primeiros enxágües e pré-lavagem, sendo que o ciclo inicia-se na etapa de lavagem. Segue a descrição das etapas que envolvem o ciclo de lavagem para roupas com leves e altos graus de sujeiras:

- **Umectação** - consiste no uso de produtos que dilatam as fibras e reduzem a tensão superficial da água, facilitando a penetração da solução e a remoção de sujeiras, como sangue, albuminas, dentre outras. Nesta fase a água deve estar à

temperatura ambiente, uma vez que a água aquecida favorece a fixação da matéria orgânica ao tecido.

- **Pré-lavagem** - a pré-lavagem tem como função emulsionar as gorduras ácidas, dilatar as fibras dos tecidos, preparando-os para as operações seguintes e, conseqüentemente, diminuir o uso de produtos químicos (BARRIE, 1994). Nesta fase são usados detergentes que têm propriedades de remoção, suspensão e emulsão da sujeira. A remoção da sujeira ocorre pela ação química do detergente nas partículas de sujeira e o seu deslocamento por meio da ação mecânica; A suspensão ocorre em conseqüência da ação do detergente sobre a sujeira, deixando-a suspensa na água; A emulsão ocorre pelo poder de umectação do detergente tensoativo, que reage com a sujeira de natureza oleosa. O consumo de produtos químicos é menor usando-se a pré-lavagem, que remove grande parte da sujeira presente na roupa, enquanto que o restante será eliminado nas demais etapas.
- **Lavagem** - os princípios associados no processo de lavagem são de ordem física (mecânica, temperatura e tempo) e química (detergência, alvejamento, desinfecção, acidulação e amaciamento). Na fase da lavagem, a combinação das ações mecânica, da temperatura, do tempo e da detergência tem a finalidade de remover o restante da sujeira (BARRIE, 1994). Os produtos químicos utilizados na fase de lavagem são o sabão (soda cáustica + ácidos graxos) ou detergentes sintéticos (soda cáustica + ácido duodecil benzenosulfato) (KONKEWICZ, 2008).

A ação mecânica é produzida pelo batimento e esfregação das roupas nas lavadoras. Isso ocorre devido à rotação do tambor, que exerce a ação mecânica esfregando uma peça de roupa à outra, levantando-as com as pás para, logo em seguida, deixá-las cair na solução de lavagem.

A temperatura é um fator importante no processo de lavagem, pois diminui a tensão superficial da água, facilitando a sua penetração nas fibras do tecido; enfraquece as forças de adesão que unem a sujeira ao tecido; diminui a viscosidade de graxas e óleos, facilitando a sua remoção; aumenta a ação dos produtos químicos e contribui para a desinfecção das roupas (BARRIE, 1994). Como resultado, melhora a qualidade do processo e colabora com a economia

de tempo e de produtos químicos. Apesar dessas vantagens, a temperatura elevada não é fator essencial para o processamento de roupas, uma vez que outros fatores também contribuem para a qualidade e segurança do processo.

O tempo em que a roupa é submetida à lavagem também interfere na qualidade do processo. Quando o tempo de lavagem está acima do necessário, gera aumento de custos e de consumo de energia, desgaste da roupa e diminuição da produtividade das lavadoras. Abaixo do necessário, não promove uma efetiva higienização da roupa. O tempo, temperatura e o nível da água devem ser bem combinados em cada etapa para evitar prejuízo ou mau resultado.

A água é o diluente dos produtos químicos que formam a solução de lavagem e o meio para carrear as sujeiras em suspensão. Para tanto, é necessário que o nível da água esteja adequado para a quantidade de roupa a ser lavada. O nível de água no tambor interno da lavadora é fator importante para a eficácia da ação mecânica da lavagem. Se o nível de água estiver alto demais pode ocorrer: menor ação mecânica, em virtude da diminuição da altura da queda; necessidade de aumento da quantidade de produto de lavagem e maior ônus, causado pelo gasto desnecessário de água. Por outro lado, se o nível de água estiver baixo demais durante os enxágües, provocará: maior dificuldade e lentidão na remoção da sujeira e produtos; permanência de resíduos de produtos que podem provocar odor; desagradável e amarelamento da roupa.

- **Alveijamento** - o alveijamento restabelece a tonalidade natural do tecido e colabora com a redução da contaminação microbiana. Esta é uma fase complementar da lavagem e nunca deve substituir a mesma. Pode ser realizado por alvejantes químicos, sendo que os mais eficientes são aqueles a base de cloro, como hipoclorito de sódio (KONKEWICZ, 2008) ou por meio de branqueador ótico (BRASIL, 1986).
- **Enxágüe** - o enxágüe é uma ação mecânica destinada à remoção por diluição da sujeira e dos produtos químicos presentes nas roupas (BARRIE, 1994). O risco de dano ao tecido pode ser minimizado por um adequado enxágüe e neutralização.
- **Neutralização ou Acidulação** - as etapas de lavagem são normalmente efetuadas em pH alcalino com o objetivo de favorecer a dilatação das fibras,

emulsão de gorduras e neutralização de sujeiras ácidas. Se permanecer nos tecidos, a alcalinidade residual pode causar irritações quando em contato com a pele. O processo de acidulação tem como finalidade a remoção da alcalinidade residual por meio da adição de um produto ácido ao último enxágüe, o que promove a redução do pH e a neutralização dos resíduos alcalinos da roupa (BRASIL, 1986). Na acidulação, o pH do tecido é reduzido de 12 para 5, ou seja, semelhante ao pH da pele (CDC, 2003). Essa queda de pH também contribui para a redução microbiana (CDC, 2003). A acidulação traz as seguintes vantagens ao processo: contribui para a inativação bacteriana; diminui o número de enxágües; evita o amarelamento da roupa durante a secagem e calandragem; favorece o amaciamento das fibras do tecido; reduz os danos químicos por alvejantes à roupa (oxicelulose) e propicia economia de água, tempo e energia elétrica.

- **Amaciamento** - É uma operação que consiste em adicionar, no último enxágüe, um produto que contém ácidos graxos em sua composição para realinhar as fibras, lubrificá-las e eliminar a carga estática. É realizado juntamente com a neutralização. O amaciamento melhora a elasticidade das fibras, torna o tecido suave e macio, aromatiza suavemente a roupa, evita o enrugamento do tecido na calandra e melhora o acabamento.
- **Secagem** - Na fase de secagem, a temperatura da máquina varia de 20 a 150°C. Os filtros da máquina secadora devem ser limpos a cada processo de secagem, pois o acúmulo de penugem e poeira nestes filtros poderia re-contaminar a roupa ou espalhar-se para o ambiente (KONKEWICZ, 2008). As máquinas que fazem todas as operações inclusive a secagem, são as mais indicadas na prevenção contra a contaminação, pois evitam o transporte da roupa já lavada de uma máquina para outra, por exemplo, da máquina lavadora para a máquina secadora e daí para a calandra (KONKEWICZ, 2008).

O processamento normal da roupa não resulta em eliminação total dos microrganismos (BARRIE, 1994), especialmente as bactérias em suas formas esporuladas conseqüentemente, as roupas que serão utilizadas em procedimentos cirúrgicos ou procedimentos que exijam técnica asséptica devem ser submetidas à esterilização após a sua lavagem. Roupas que serão submetidas à esterilização (campos cirúrgicos, capotes, etc) não

poderão ser submetidas à calandragem ou passadas a ferro. A tabela 3.2 mostra um resumo das etapas do processo de lavagem:

Tabela 3.2 - Etapas do processo de lavagem.

Operação	Finalidade	Nível de água	T(°C)	Tempo
Umectação	Eliminar poeiras e sujeiras rapidamente solúveis e dispensáveis em água fria	alto	20	3
Pré-lavagem ou 1ª Lavagem	Eliminar sujeiras solúveis em água morna em meio alcalino (albuminóides, amidos, etc.).	baixo	45	10
Lavagem	Eliminar sujeiras residuais. Efetua-se pela mecânica e ação físico-química do detergente, pela saponificação.	baixo	85	15
Enxágüe	Eliminar parte dos produtos detergentes e resíduos alcalinos, assim como a água suja retida na roupa.	médio	60	5
Enxágüe	Diminuir a temperatura da roupa antes da operação de alvejamento com compostos clorados.	alto	45-50	3
Alvejamento	Branquear, remover manchas por descoloração e desinfetar com compostos clorados.	médio	23 a 30	10
Enxágüe Anti-cloro	Eliminar os resíduos alcalinos dos detergentes e cloro residual dos alvejantes.	alto	20 a 25	3
Enxágüe	Eliminar os produtos anticloro cloro e alcalinidade residual da roupa.	alto	20	3
Extração ou Centrifugação na Lavadora	Eliminar o máximo possível de água retirada da roupa	-	-	5 a 10

Fonte: BARTOLOMEU, 1998.

Observações:

1 - Estas operações devem ser cumpridas independente da natureza do processo.

2 - Os tempos de duração de cada operação podem variar em função da reatividade dos produtos utilizados, em função da sua marca.

Além das lavadoras convencionais de roupas, existem, sob o ponto de vista estrutural e de funções, outros tipos de lavadoras disponíveis. Dentre essas se destacam:

- Lavadora de desinfecção - é uma máquina de lavar com duas portas, composta por tambores de aço inox; mecanismo de reversão equilibrado; dispositivo automático para impedir a abertura simultânea de ambas as portas e fluxo de ar, dentro da máquina, regulado por válvula, de modo a permitir a aspiração do ar da área limpa, durante o escoamento da água, e a expulsão do ar contaminado para a área contaminada.
- Lavadora de Barreira – processa a roupa em cargas individuais ou lotes. Caracteriza-se por ser encaixada na barreira física e por possuir duas portas: uma de entrada, para inserir a roupa suja, localizada na área suja, e outra de saída, para a retirada da roupa lavada, localizada na área limpa. Pode possuir acessórios para uso com ozônio ou com produtos químicos e vapor.
- Lavadora Extratora – lavadora de barreira com a função adicional de centrifugação incorporada, a qual é ativada automaticamente após o término do processo de lavagem. Observa-se que a utilização de máquinas lavadoras extratoras, devidamente instaladas, propicia ambientes com menos umidade, maior espaço e um menor custo de mão-de-obra, pela eliminação dos trabalhos de carga, operação e descarga da centrífuga.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES DE LAVANDERIA

Visando a atender aos objetivos deste trabalho, a identificação, a quantificação e a caracterização dos efluentes gerados são de fundamental importância. Portanto, este item tem como objetivo identificar os componentes de entrada na lavagem da roupa caracterizando-os, sendo que os principais componentes são: produtos químicos utilizados, sujeiras provenientes das roupas, e a água de entrada utilizada na lavagem.

3.2.1 Produtos Químicos Utilizados no Processamento de Roupas

O objetivo primordial da unidade de processamento de roupas é fornecer ao serviço de saúde uma roupa higienizada e pronta para o uso. Para alcançar esse objetivo é necessário o uso de diversos saneantes, com diferentes funções, adequadamente combinados e em concentrações equilibradas, que atuarão eliminando a sujeira fixada na roupa, preservando as fibras e cores e mantendo a maciez e elasticidade do tecido (GERVINI, 1995 apud BARTOLOMEU, 1998).

Entre os saneantes, encontram-se aqueles utilizados no processamento de roupas, como os sabões, detergentes, alvejantes, amaciantes de tecidos, dentre outros. Estas substâncias são regulamentadas pela Lei Federal nº 6.360, de 23 de setembro de 1976, pela Portaria nº 15, de 23 de agosto de 1988 e pela Resolução RDC/ANVISA nº 184, de 22 de outubro de 2001. A RDC/ANVISA nº. 14/07 ainda classifica como produto de ação microbiana de uso específico. Essa resolução também determina que para o registro desses produtos a empresa deve comprovar a eficácia contra *Staphylococcus aureus* e *Salmonella choleraesuis* para o primeiro e *Staphylococcus aureus* e *Salmonella choleraesuis* e *Pseudomonas aeruginosa* para os produtos constantes do segundo item acima citado (BRASIL, 2007).

Também é importante observar as orientações contidas no rótulo, relacionadas à diluição de uso e tempo de contato do produto, garantindo assim sua eficácia e segurança de uso. Os produtos químicos utilizados no processo de lavagem de roupas com suas respectivas características são:

a) Sabão

De acordo com a RDC nº. 14/07 o sabão é um produto para lavagem e limpeza doméstica, formulado à base de sais alcalinos de ácidos graxos associados ou não a outros tensoativos. É o produto da reação natural por saponificação de um álcali (hidróxido de sódio ou potássio) e uma gordura vegetal ou animal. A alcalinidade do sabão tem a função de saponificar sujeiras oleosas, mas sua ação é restrita, já que os sabões não atuam em todo tipo de sujeira. Isso se dá por que não possui um efeito solvente que auxiliaria na solubilização de graxas e gorduras, além disso, apresentam o inconveniente de não atuar bem em águas duras (THE SOAP AND DETERGENT ASSOCIATION, 2007).

Quando o sabão é colocado em demasia, produz excesso de espuma, prejudicando o processo de lavagem, pois: diminui a concentração da solução; reduz o nível da água e a velocidade da queda da roupa, prejudicando a ação mecânica; dificulta o enxágüe; extravasa na máquina, espalhando-se pela área e contaminando o local de trabalho; causa problemas na turbina e, posteriormente, na calandra (BARTOLOMEU, 1998).

b) Detergente

De acordo com a RDC nº. 14/07, o detergente é um produto destinado a limpeza de superfícies e tecidos através da diminuição da tensão superficial. Os detergentes possuem um efetivo poder de limpeza principalmente pela presença do surfactante na sua composição. São constituídos essencialmente por três compostos base: surfactantes ou tensoativos, um agente complexante e uma base que reage e neutraliza os ácidos presentes na solução (CUNHA et al, 1999 apud BRASIL, 2007). Os mais utilizados atualmente em preparados em pó para lavar roupas são os alquilbenzenossulfonatos de sódio de cadeia linear (OSÓRIO; OLIVEIRA, 2001). O componente mais importante na formulação de detergente sintético é o surfactante ou agente tensoativo (OSÓRIO; OLIVEIRA, 2001; THE SOAP AND DETERGENT ASSOCIATION, 2007). Trata-se de compostos orgânicos, sendo que, na sua estrutura existem duas zonas distintas: uma hidrofílica, que interage fortemente com as moléculas de água, e outra hidrofóbica, que interage fortemente com as moléculas de gorduras. Essa propriedade permite ao detergente a função de remover tanto sujeiras hidrossolúveis quanto àquelas não solúveis em água. O surfactante modifica as propriedades da água, diminuindo a sua tensão superficial; promove a formação de agregados iônicos em solução; emulsiona, solubiliza e suspende a sujeira na solução de lavagem; e emulsiona óleos, mantendo-os dispersos e suspensos de modo a não precipitarem (THE SOAP AND DETERGENT ASSOCIATION, 2007).

Na França, segundo Emmanuel (2005), o decreto de 28 de Dezembro de 1977, divulgado no jornal oficial de 18 de Janeiro de 1978, relativo à biodegradabilidade dos agentes de superfície, impõe que os detergentes tenham uma biodegradabilidade superior ou igual à 90%. Os principais detergentes são: os detergentes aniônicos, os detergentes catiônicos e os detergentes não-iônicos.

- Detergentes aniônicos: são detergentes de origem natural. A sua degradação está completa entre dois e 20 dias.
- Detergentes catiônicos: $R-NH_3^+ X^-$ (amônio quaternário), são sais de aminas. Além do seu poder detergente, tem igualmente um poder bactericida (desinfetante). Tem uma má biodegradabilidade. Em contacto com detergentes aniônicos, formam compostos insolúveis (existência de certa neutralização).
- Detergentes não iônicos: $R-O-CH_2-(CH_2-O-CH_2)_n-1-CH_2OH$, correspondem à classe mais importante.

Os detergentes modernos apresentam um espectro de ação e de utilização bastante amplo, havendo, conseqüentemente, necessidade de especialização das formulações. Além dos compostos base, os detergentes são formulados com aditivos em diversas proporções, com o objetivo de melhorar o seu desempenho (THE SOAP AND DETERGENT ASSOCIATION, 2007). A seguir serão descritos alguns dos aditivos mais utilizados nos detergentes:

- **Aditivo alcalino:** A principal função do aditivo alcalino em um detergente é emulsionar e saponificar a sujeira. A emulsificação é o processo de separar a sujeira em pequenas partículas que podem ser mantidas em suspensão na solução de detergente e água. A saponificação é a reação química entre um álcali e uma sujeira gordurosa, formando um sabão solúvel em água. A função secundária da alcalinidade é abrir e inchar as fibras de algodão, facilitando a remoção da sujeira (Guia de Regulamentação de Processamento de Roupas Hospitalares, 1994 apud BRASIL, 2007). Ele acentua o poder de limpeza do surfactante por meio da inativação dos minerais presentes na água dura.
- **Condicionador de Água:** Os condicionadores de água atuam como sequestrantes ou dispersantes de íons metálicos. No primeiro caso, os metais ou sais de dureza da água entram na molécula sequestrante e esta os retém. No caso dos dispersantes, os compostos atuam distorcendo a estrutura e evitando sua deposição, mantendo-os em suspensão. Os condicionadores de água possuem várias funções. Alguns tipos sequestram os íons de cálcio e magnésio e ajudam a prevenir a sua precipitação. Esses íons, que se precipitam e depositam sobre o tecido e a superfície interior da máquina, provocam um acinzentamento generalizado na roupa. Outros são específicos para certos íons,

que podem interferir na ação do detergente e, conseqüentemente, prejudicar o resultado final do processamento. Um exemplo desses tipos de íons são os metálicos, que também provocam o amarelamento ou acinzentamento do tecido. Existem condicionadores que suspendem a sujeira, de forma que não se deposite, além de controlar a dureza da água.

- **Branqueadores Óticos:** Os branqueadores óticos absorvem radiações ultravioletas e emitem radiações na região visível do espectro, aumentando o brilho e a alvura do tecido e mascarando o tom amarelado que pode se desenvolver em tecidos brancos (THE SOAP AND DETERGENT ASSOCIATION, 2007).
- **Agentes Anti-Redepositantes:** São substâncias (ex. carboximetilcelulose e polietilenoglicol) que se aderem às fibras do tecido, especialmente de algodão, impedindo a re-deposição da sujeira (THE SOAP AND DETERGENT ASSOCIATION, 2007).
- **Enzimas:** As enzimas usadas em detergentes para higienização de roupas hidrolisam as sujeiras protéicas, lipídicas ou glicídicas (sangue, fezes, urina e vômitos). Atuam na quebra das moléculas em partículas menores que podem ser emulsionadas ou solubilizadas por outros componentes dos detergentes (THE SOAP AND DETERGENT ASSOCIATION, 2007).

c) Agentes Alvejantes

O agente alvejante é qualquer substância com ação química, oxidante ou redutora, que exerce ação branqueadora (www.anvisa.gov.br). O alvejante tem a função de descolorir e/ou remover a mancha causada pela sujeira, promover o branqueamento da fibra, além da ação antimicrobiana. Dois tipos de alvejantes são comumente usados no processo de lavagem da roupa: à base de cloro e à base de oxigênio. Alvejantes à base de oxigênio e cloro estão disponíveis em forma líquida ou pó. Ambos reagem quimicamente com as substâncias que compõem as manchas por meio da oxidação. Os alvejantes à base de oxigênio e cloro não podem ser usados juntos, uma vez que a ação de ambos é inativa quando combinados (THE SOAP AND DETERGENT ASSOCIATION, 2007).

Os alvejantes à base de oxigênio são menos corrosivos e menos prováveis de

danificarem os tecidos e cores, podendo ser usados em todos os tipos de tecidos, ao contrário dos alvejantes a base de cloro. Embora menos efetivos na remoção de manchas que os clorados, os alvejantes à base de oxigênio são mais eficientes em várias manchas específicas, como cacau, chá e café. A temperatura da água influencia na ação dos alvejantes à base de oxigênio, uma vez que a temperatura elevada acelera a sua ação (THE SOAP AND DETERGENT ASSOCIATION, 2007).

Os principais alvejantes utilizados no processamento de roupas são:

- **Hipoclorito de sódio:** É o agente oxidante mais utilizado no processo de alvejamento de roupas. É um germicida econômico e de amplo espectro que aumenta a efetividade do processo de lavagem (RUTALA, WEBER, 1997 apud BRASIL, 2007). O hipoclorito de sódio oxida gorduras e auxilia na sua remoção, promove o branqueamento do tecido e atua como desinfetante sobre os microorganismos, inibindo a reação das enzimas e desnaturando as proteínas (THE SOAP AND DETERGENT ASSOCIATION, 2007).
- **Peróxido de Hidrogênio:** Promove alvejamento mais suave que o Hipoclorito de sódio (THE SOAP AND DETERGENT ASSOCIATION, 2007). É encontrado em concentrações de 130 ou 200 volumes (35% ou 50%). Uma solução de peróxido de hidrogênio a 1% é normalmente suficiente para remoção de manchas, porém, as mais persistentes podem requerer o uso de uma solução a 3%. Quando uma solução a 3% for usada, o contato com o tecido não deve ultrapassar cinco minutos. A concentração de solução de lavagem é de 2 - 3 ml/kg com pH de 9.5 – 11, a uma temperatura de 80/90°C.
- **Perborato de sódio:** É um agente oxidante moderado que, na presença de água, forma peróxido de hidrogênio e um álcali (THE SOAP AND DETERGENT ASSOCIATION, 2007).
- **Ácido peracético:** É uma formulação equilibrada de ácido peracético, peróxido de hidrogênio, ácido acético e água. O produto é solúvel em água, não necessitando de co-solventes orgânicos (SOUZA et al, apud BRASIL, 2007). O mecanismo de ação do ácido peracético ocorre por meio da oxidação do material celular, agindo na membrana do microorganismo.
- **Acidulantes/Neutralizantes:** São substâncias utilizadas no enxágüe final, cuja função é neutralizar a alcalinidade residual da água, alcançando um pH final

compatível com a pele humana. A sua ação dá-se por meio da redução dos resíduos deixados pelos agentes oxidantes. Para isso, controlam a presença de minerais na água, particularmente o ferro e minerais de dureza, que possam causar danos às roupas. O acidulante seqüestra os íons de ferro por meio da complexação, impedindo, com isso, o depósito desses íons sobre a roupa (THE TEXTILE RENTAL SERVICES ASSOCIATION OF AMERICA, 1995 apud BRASIL, 2007). A acidulação, conforme Bartolomeu (1998) traz as seguintes vantagens ao processo:

- Diminui os enxágües;
- Elimina o cloro residual dos alvejantes;
- Evita amarelar a roupa na secagem e calandragem;
- Favorece o amaciamento das fibras do tecido;
- Produz economia de água, tempo e energia.

Para se determinar com segurança a fórmula ou a quantidade de acidulante a ser adicionada, deve-se controlar periodicamente o pH da água que chega a lavanderia.

d) Amaciantes

Os amaciantes desembaraçam, amaciam e lubrificam as fibras do tecido, tornando-o macio ao toque. Isso ocorre pela ação dos quaternários de amônio presentes em sua composição, que neutralizam a carga eletrostática das fibras (THE SOAP AND DETERGENT ASSOCIATION, 2007). Também acrescentam fragrância, reduzem o tempo de secagem e diminuem o enrugamento da roupa. Os amaciantes são usados após a neutralização, no enxágüe final das roupas, a fim de evitar interações com os compostos do detergente (THE SOAP AND DETERGENT ASSOCIATION, 2007).

e) Desinfecção

É um processo de destruição de todas as formas vegetativas existentes em superfícies inertes e meios líquidos, mediante a aplicação de agentes químicos e físicos. A eficiência do ciclo de lavagem não está apenas na eliminação da sujeira, mas também na destruição do grande número de microrganismos presentes na roupa (BARTOLOMEU, 1998).

Em presença de matéria orgânica como sangue, fezes e pus, os germes patogênicos podem sobreviver semanas e até meses, podendo provocar infecções cruzadas. Pesquisas realizadas, com os processos de lavagem de roupa, demonstram que nenhum ciclo de lavagem elimina as formas esporuladas das bactérias e que apenas duas maneiras podem destruir, com segurança, as formas vegetativas de microrganismos patogênicos:

- Termodesinfecção, e,
- clorodesinfecção.

Pela termodesinfecção, a lavagem torna-se eficaz na destruição dos microrganismos, se houver equilíbrio entre a temperatura e o tempo de aplicação. Para a desinfecção completa, deve-se usar uma temperatura entre 85°C e 95°C, durante 15 minutos. A temperatura elevada aumenta a ação dos produtos, mas pode ocasionar danos aos tecidos, devendo, portanto, ser usada com cautela (BARTOLOMEU, 1998).

Pela clorodesinfecção, é possível a eliminação das bactérias patogênicas presentes na roupa. Os componentes clorados devem ser usados com cuidado, porque podem deteriorar as fibras do tecido, transformando o algodão em oxixelulose e danificando consideravelmente, as fibras animais. As soluções cloradas devem ser aplicadas de cinco a dez minutos, sendo recomendável sete minutos, à temperatura máxima de 35°C e um pH mínimo de nove, a fim de reduzir a possibilidade de desgaste químico. Usando temperaturas acima da máxima recomendada, a cada 10°C de aumento ocorre a duplicação do desgaste químico da roupa (BARTOLOMEU, 1998).

Particularmente, em lavanderias de hospitais, onde há a possibilidade de transmissão de infecções, além de ser local receptor e distribuidor de germes, torna-se obrigatório que sejam, rigorosamente, observadas todas as medidas destinadas ao controle da contaminação (BARTOLOMEU, 1998).

Como visto anteriormente, o efluente da lavanderia hospitalar, a qual contribui com o grau de poluição do efluente hospitalar, em geral, representa um grande problema para os sistemas de tratamento, tendo em vista que consistem em complexa mistura de produtos químicos, que são utilizados nas diversas fases de lavagem, os quais foram citados anteriormente, assim como, a presença de matéria orgânica como sangue, fezes ou pus, os germes patogênicos que podem sobreviver semanas e até meses, podendo provocar infecções.

O consumo destas substâncias é afetado em função de alguns fatores, entre os quais: a relação entre o volume ocupado pelas cargas e o volume total nas máquinas de lavar, o que

acarreta várias taxas de diluição e conseqüentemente, de despejo; outro fator é o bicarbonato contido na água de lavagem que modificará a composição dos despejos, a utilização de águas altamente bicarbonatadas aumentará o emprego de álcalis (VILELA, 2003).

3.2.2 A Natureza das Sujeiras

A sujeira pode ser classificada em 2 grupos: sujeira sólida e líquida, produzindo manchas. A sólida consiste na poeira, argila, sais, carvão, etc. A líquida resulta na presença de material oleoso, ácidos, secreções da pele. Pode ser mista com associação de partículas sólidas e elementos graxos.

As fibras porosas (algodão e linho) são mais penetradas pela sujeira. As fibras não esponjosas (seda e lã) têm menos penetração da sujeira. As fibras sintéticas não têm fissuras ou esponjosidade e assim, a sujeira apenas adere à superfície, sem penetrar. Todavia, a sujeira graxa e oleosa a reveste de uma camada com forte aderência. A remoção é feita mediante a emulsão da substância em água. A sujeira tem carga elétrica positiva, enquanto que, o pano tem carga negativa, resultando daí, a natural aderência. Os detergentes têm carga positiva. A repulsão ocorre pelo fato de que, os pólos iguais se repelem e os diferentes se atraem.

As sujeiras têm múltiplas origens, sendo útil conhecê-las, já que isso pode fornecer indicações importantes tanto à caracterização do efluente quanto processo de lavagem. Elas podem ser classificadas conforme o modo como podem ser eliminadas (LEVER INDUSTRIAL apud BARTOLOMEU, 1998):

- ***Sujeiras Solúveis em Água:*** Incluem-se neste grupo o açúcar, um certo número de sais, alguns sucos de frutas e determinados corantes. Todas essas substâncias se fixam à roupa por simples aderência. A sua eliminação realiza-se principalmente nas operações de enxágües iniciais frios, ou melhor, mornos, cuja temperatura nunca deverá exceder a 50°C, para evitar a fixação da sujeira.
- ***Sujeiras Saponificáveis:*** São sujeiras orgânicas reativas. O sujo (ácido) pode ser convertido em sujeira solúvel em água pela adição de álcalis à temperatura acima de 80°C. Encontram-se neste grupo os óleos e gorduras de origem animal ou vegetal. Estas sujeiras fixam-se às fibras tanto pela sua composição química, como por aderência física. A ação do calor, combinada com a dos

- ***Sujeiras Emulsionáveis:*** Os óleos e graxas minerais fazem parte deste grupo. A sua estrutura química só permite que a sua eliminação seja através de emulsificação, por ação de tensoativos que removem esse tipo de sujeira, graças ao seu poder umectante. Em seguida, pela ação de sua cadeia lipolítica e hidrofílica, os tensoativos formam um composto com os óleos e graxas minerais que permite a emulsão de todo o conjunto. Este fenômeno realiza-se durante as operações de pré-lavagem e lavagem.
- ***Sujeiras Eliminadas por Via Física:*** Encontram-se neste grupo, as areias, o pó de carvão (fuligem), a poeira, etc. Estas sujeiras fixam-se por simples aderência física. A ação mecânica da lavagem combinada, em alguns casos, ao poder umectante de um produto tensoativo, permite a eliminação deste tipo de sujeira. A maioria destas sujeiras é eliminada durante a operação de pré-lavagem.
- ***Sujeiras Eliminadas por Descoloração:*** Muitos pigmentos de sujeira, tais como, chá, café, vinho, medicamentos, etc., não podem ser eliminados por meio de agitação ou emulsificação, porque tingiram a fibra. Geralmente a eliminação dessa sujeira ocorre por oxidação. Essa operação é realizada pelos agentes de branqueamento, quer em nível de lavagem utilizando produtos com perborato de sódio, quer nos enxágües utilizando solução de hipoclorito de sódio, composto orgânico clorado. Além destes tipos de sujeira existem ainda as matérias albuminóides. Trata-se de matérias azotadas que se encontram em todos os corpos, vegetais ou animais. As matérias albuminóides fazem parte dos colóides. Distingue-se entre outras:
 - ***Albumina:*** Coagula a 70°C e dissolve-se em soluções alcalinas muito diluídas, em contrapartida, as soluções demasiadamente concentradas, têm tendências a fixá-la.
 - ***Matérias Protéicas (o sangue):*** São matérias albuminóides, contendo simultaneamente albumina e outros compostos orgânicos. O sangue em si, divide-se em duas partes: coágulo e plasma. O *coágulo* é composto de Fibrina

e de glóbulos brancos e vermelhos. Os glóbulos vermelhos são constituídos essencialmente pela Hemoglobina, que dá ao sangue a sua cor vermelha. A Hemoglobina contém 51 mg de Ferro em cada 100g de sangue, o que é importante e incômodo para a lavagem. A Hemoglobina é alterada pelos álcalis que a desdobram em novas Albuminas e coagula pela ação do calor. O *plasma* é solúvel em água. Este tipo de sujeira é essencialmente eliminado por enxágües sucessivos. Contudo, e de acordo com seu grau de oxidação, é necessário um tratamento adequado. Outras matérias protéicas do tipo excreções corpóreas tais como urina, vômito, fezes comuns em roupas hospitalares são facilmente eliminadas quando tais sujeiras forem lavadas ainda secas. Caso o período de tempo entre o aparecimento da sujeira na roupa e a entrada da mesma, na lavadora de roupas for superior a 2 horas, tal sujeira fixa à roupa exigindo mais quantidade de produtos detergentes (tensoativo) e oxidantes (alvejante) além de mais tempo nas operações de lavagem e alvejamento.

3.2.3 Alguns Estudos realizados sobre Caracterização de Efluentes de Lavanderias Hospitalares.

A composição típica de um efluente de lavanderias industriais, segundo Van Gils et al., (1985) apud Mancuso & Santos (2003), está apresentada na tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Composição típica de um efluente de lavanderia

Parâmetro	Composição (mg/l)
DBO	1.300
DQO	5.000
Sólidos suspensos	1.000
Óleos e graxas	1,1
Chumbo	4,5
Zinco	3,0
Cobre	1,7
Cromo	0,88
Níquel	0,29
Clorofórmio	3,3
Benzeno	2,5
Percloroetileno	9,1
Tolueno	5,2

Fonte - GILS et al., 1985 apud MANCUSO; LOPES, 2007.

Outros dados sobre a caracterização dos efluentes de lavanderia industrial podem ser encontrados no Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais citado por Vilela (2003), os quais estão demonstrados na tabela 3.4:

Tabela 3.4 - Composição dos despejos de lavanderias

Parâmetro	Quantidade
pH	9,0 a 9,3
Alcalinidade de carbonato de sódio	60 a 250 mg/l
Sólidos Totais	800 a 1200 mg/l
DBO ₅ 20°C	400 a 450 mg/l

Fonte - MANUAL DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS INDUSTRIAIS apud VILELA, 2003.

Kist (2005), através de pesquisas realizadas com processo de lavagem (lavagem, alvejamento/desinfecção e enxágüe) de roupa, demonstra que nenhum ciclo de lavagem elimina os esporos das bactérias. Os produtos químicos utilizados na fase de lavagem são o sabão (soda cáustica + ácidos graxos) ou detergentes sintéticos (soda cáustica + ácido dodecil benzenosulfato). Durante o alvejamento, são utilizados produtos que contém cloro, como

hipoclorito de sódio ou perborato de sódio, que são usados fundamentalmente para a redução da contaminação microbiana. A acidulação consiste em adicionar um produto ácido, em geral a base de ácido acético, para baixar o pH e neutralizar os resíduos alcalinos da roupa.

A Tabela 3.5 apresenta a caracterização feita através de coletas de amostras dos efluentes na saída da máquina de uma lavanderia hospitalar, as quais foram avaliadas as cinco etapas do processo de lavagem para roupas de grau de sujeira pesada, sendo as seguintes correntes de efluentes: a água da pré-lavagem, a lavagem com dois detergentes, a lavagem de alvejamento e desinfecção com peróxido de hidrogênio, a lavagem com aquecimento, e o enxágüe/amaciamento.

Tabela 3.5 - Caracterização físico-química do efluente bruto nas diversas etapas de lavagem.

Etapas	N (mg/l)	P (mg/l)	Turbidez (NTU)	Surfac- tantes (mg/l)	Col.termo- tolerantes (NPM100/ml)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)
Pré-lavagem	13,30	0,56	85	-	160.000	829	2.182
Lavagem	5,30	2,86	52	-	35.000	415	4.692
Alvejamento/ desinfecção	5,30	1,51	42	0,482	<2	127	1.850
Lavagem com aquecimento	2,90	0,99	36	0,385	<2	625	3.761
Enxágüe e Amaciamento	0,30	0,19	30	-	<2	311	1.229

Fonte – KIST, 2005.

Na Tabela 3.6 são apresentadas as características do efluente provindo de uma lavanderia de um hospital Português:

Tabela 3.6 - Características do efluente da lavanderia do Hospital Português.

Parâmetros	H. Distrital de Santarém (lavanderia)
pH	7,94
SST (mg/l)	16,8
DBO5 (mg/l)	60
DQO (mg/l)	260
Óleos e Gorduras (mg/l)	748
Nitrogênio Total (mg/l)	4
Fósforo Total (mg/l)	5
Alumínio (mg/l)	0,23
Bário (mg/l)	0,6
Prata (mg/l)	<0,04
Mercúrio (mg/l)	0,78
Zinco (mg/l)	0,77
Cádmio (mg/l)	<0,005
Chumbo Total (mg/l)	0,03
Níquel (mg/l)	<0,03
Fenóis (mg/l)	0,01
Detergentes (mg/l)	<0,14
Col. Totais (/100ml)	>16000
Col. Fecais (/100ml)	>16000

Fonte – NORONHA, 2002b.

Após o estudo bibliográfico sobre o conhecimento existente sobre a caracterização dos efluentes em questão é possível a identificação de algumas tecnologias de tratamento aplicáveis a estes, bem como a definição das estratégias a serem utilizadas com relação ao reuso dos efluentes gerados. No item 3.4 são apresentadas algumas tecnologias estudadas por diversos autores aplicáveis a estes tipos de efluentes. E a seguir, no item 3.3, a apresentação de alguns padrões mínimos exigidos de qualidade da água para o uso na lavanderia.

3.3 PADRÕES MÍNIMOS DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA USO NA LAVAGEM DA ROUPA

Sabe-se que a qualidade da água usada para o processo de lavagem da roupa interfere no resultado final, por isso, a sua análise é indispensável para o planejamento desse serviço. Conforme (BRASIL, 2007) a qualidade da água fornecida pelos serviços públicos ou de fontes alternativas deverá atender também aos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos pré-estabelecidos pela Portaria/MS nº. 518, de 25 de março de 2004.

Azevedo e Libânio (2003) afirmam a importância da qualidade da água para seus diversos usos, em um ambiente hospitalar, e dessa ser reconhecida como fonte de infecção e que mesmo assim, não há uma norma ou portaria específica definindo os parâmetros de qualidade para tal uso, sendo que, igualmente, não há uma nítida correlação entre as tecnologias de tratamento e a qualidade da água requerida, para cada uso, em função do risco epidemiológico no ambiente hospitalar.

Azevedo e Libânio (2003) propõe ainda que a qualidade mínima da água a ser utilizada pelo sistema hospitalar deve ser a estabelecida pela Portaria nº 518//2004 e que ainda para alguns usos, tal como na hemodiálise e lavanderia, destacam-se ainda, necessidade do uso de tecnologias, que utilizam membranas em diversas vertentes, tais como a osmose reversa, eletrodiálise, e nano, ultra e microfiltração.

Quando a água fornecida pelo serviço não for proveniente da rede de abastecimento estadual ou municipal, pode ser necessária a adequação desses parâmetros por meio de processos de pré-tratamento, tais como filtração, coagulação e floculação, desinfecção, dentre outros que possam adequar a água às condições mínimas necessárias (BRASIL, 2007). Também devem ser atendidos os padrões impostos pelos fabricantes dos equipamentos. Conforme BRASIL (1986), BRASIL (2007) deve-se seguir ao menos as características físico-químicas e bacteriológicas mostradas na sequência.

a) Físico-Química

Serão descritos os parâmetros necessários para a água utilizada no processamento da roupa. A não observância desses parâmetros poderá resultar em vários problemas associados à

qualidade de lavagem e da roupa, tais como: acinzentamento, amarelamento, odores desagradáveis e perda de resistência prematura dos tecidos, além do comprometimento dos equipamentos utilizados nesse processo, pela possibilidade de ocorrência de incrustação ou corrosão nas tubulações (WATER QUALITY ASSOCIATION, 2007). São eles:

- **Dureza** A dureza é definida como a soma dos cátions polivalentes presentes na água e expressa em termos de uma quantidade equivalente de carbonato de cálcio. Os cátions mais comuns presentes são o cálcio (Ca) e o magnésio (Mg) e a dureza total é expressa em ppm (partes por milhão) ou mg/l (miligramas por litro) de CaCO_3 . A utilização da água “dura” para lavagem da roupa apresenta vários inconvenientes: maior consumo de produtos de lavagem à base de sabão, devido à sua propriedade de precipitar sabões; desgaste prematuro da roupa por meio do atrito dos sais insolúveis de cálcio e magnésio depositados no tecido; desenvolvimento de incrustação de carbonato de cálcio nas instalações hidráulicas e equipamentos, situação agravada quanto maior for a temperatura da água utilizada e diminuição da capacidade de absorção de água pelo tecido devido à reação do carbonato de cálcio com o sabão, que forma o sabão de cálcio que, aderido às fibras do tecido, as torna ásperas e de cor acinzentada.

A dureza é limitada na água tratada para consumo, conforme Portaria/MS nº. 518/2004, em 500mg/l de carbonato de cálcio. No entanto, para o processamento da roupa, o recomendado é que a dureza da água seja de no máximo 100 mg/l de carbonato de cálcio (TECHNICAL ADVISORY COMMITTEE ON SAFE DRINKING WATER, 2004 apud BRASIL, 2007).

A dureza da água pode ser corrigida nas estações de abrandamento, por meio de resinas específicas para troca de cátions cálcio e magnésio por outros cátions não agressivos ao processo ou pela elevação do pH, o que causa a precipitação de sais ou hidróxidos de cálcio e magnésio (DEPARTMENT OF WATER AFFAIRS AND FORESTRY, 1996).

- **Ferro:** O ferro associado a bicarbonatos ou cloretos poderá precipitar, criando depósitos nas instalações hidráulicas, além, de provocar manchas amareladas em roupas. Assim como o manganês, o cobre e o cobalto podem, também, causar danos catalíticos às fibras dos tecidos por meio da sua reação com os alvejantes oxidativos, desgastando-as. O teor de ferro na água é limitado pela

Portaria/MS nº. 518/2004 em 0,3 mg/l, limite também recomendado para uso na unidade de processamento de roupas (TECHNICAL ADVISORY COMMITTEE ON SAFE DRINKING WATER, 2004 apud BRASIL, 2007). Para controle ou remoção de ferro e manganês da água, pode-se utilizar o processo de aeração, sedimentação e filtração, conjugados ao uso de oxidantes como cloro, dióxido de cloro, ozônio, alcalinizante ou outros (BRASIL, 1993 apud BRASIL, 2007).

- **Manganês:** O manganês ocasiona problemas semelhantes ao do ferro e seu teor na água para a unidade de processamento de roupas é limitado a 0,05 mg/l. A presença de manganês na água deixa a roupa amarelada, danifica as máquinas e, quando se usa ozônio, causa manchas rosadas às roupas. A redução do teor do manganês da água pode ocorrer pela utilização dos mesmos processos utilizados na remoção do ferro e também por troca iônica.
- **pH:** Águas superficiais usualmente têm valores de pH entre 4 e 9, podendo ser levemente alcalinas pela presença de carbonatos e bicarbonatos. A Portaria/MS nº. 518/2004 recomenda pH entre 6,5 e 9,0 no sistema de distribuição. Em meios aquosos ácidos (pH menor que 6,5) pode ocorrer corrosão das instalações hidráulicas, enquanto valores altos de pH podem estar associados à dureza, o que pode causar precipitação de carbonato de cálcio ou magnésio, na forma de incrustações nas paredes de tubulações ou equipamentos. A correção do pH pode ser efetuada de várias formas, dentre elas a utilização do ácido clorídrico, soda cáustica, cal ou gás carbônico.
- **Cor:** A coloração da água pode ocorrer devido à presença de vários tipos de substâncias, como as decorrentes da decomposição de plantas e animais (KORDEL et al, 1997 apud BRASIL, 2007); íons metálicos, como ferro e manganês despejos industriais, dentre outras. De acordo com a Portaria/MS nº. 518/2004 o valor máximo permitido pela é de 15 Unidades de Cor (UC) na rede pública de distribuição de água tratada.
- **Turbidez:** É a presença de partículas em suspensão. O valor máximo permitido pela Portaria nº. 518/2004 é de uma Unidade de Turbidez (UT) para a água que entra na rede de distribuição e 5 (UT) em alguns pontos da rede de distribuição de água tratada. Por proteger fisicamente os microorganismos, a

turbidez reduz a qualidade da desinfecção.

Segundo BRASIL (2007), para os demais parâmetros não definidos, recomenda-se seguir os valores apresentados na Portaria/MS nº 518/2004.

A tabela 3.7 apresenta de forma resumida as informações descritas acima, com o acréscimo de mais alguns parâmetros recomendados por Van Gils et al (1985 apud MANCUSO; SANTOS, 2003):

Tabela 3.7: Qualidade da água requerida para lavanderia hospitalar

Parâmetros	Máximo Permitido
Alcalinidade (mg/l)	200
Dureza (mg/l)	100
Turbidez (UT)	5
Sólidos dissolvidos totais (mg/l)	<500
Sólidos Suspensos	15 mg/l
Sulfatos (mg/l)	<250
Ferro (mg/l)	0,3
Manganês (mg/l)	0,05
pH	entre 4 e 9
Cor (UC)	15
Aspecto	límpida e sem matérias em suspensão

Fonte - VAN GILS et al., 1985 apud MANCUSO & SANTOS, 2003 & BRASIL, 2007

b) Bacteriológica

Um dos indicadores mais utilizados para a avaliação das condições sanitárias da água é a presença de bactérias do grupo coliforme, por estarem presentes no trato intestinal humano e de outros animais homeotérmicos e serem eliminadas pelas fezes, indicando alta probabilidade da presença de outros organismos patogênicos.

Entre os métodos de eliminação de bactérias da água a ser utilizada pela unidade de processamento de roupas encontra-se a ação direta de cloro e aplicação de ozônio. Assim sendo, é imprescindível obedecer a Portaria/MS nº. 518/2004, que dita as normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano ou outras que a complementem ou venham a substituí-la.

3.4 TECNOLOGIAS DE TRATAMENTOS INDICADOS AOS EFLUENTES GERADOS NA LAVANDERIA

As características dos efluentes da lavanderia como pôde ser visto são bastante variáveis, pois dependem do tipo de sujeira presentes nas roupas, dos produtos químicos utilizados na lavagem e da água utilizada. A seguir segue alguns exemplos de estudos feitos sobre tecnologias de tratamento de efluentes de lavanderias.

3.4.1 Alguns estudos feitos sobre a aplicação de tecnologias de tratamentos.

Os sistemas de tratamentos de efluentes de lavanderia mais largamente utilizados é a combinação dos convencionais métodos, tais como, a precipitação/coagulação e floculação, sedimentação e filtração. A adsorção no carvão ativado depois do processo de floculação pode melhorar o tratamento devido à grande área de superfície que permite ao carvão uma adsorção de uma gama extensiva de combinações (EPA, 2000).

Já o processo de membranas filtrantes oferece várias vantagens no tratamento dos efluentes, inclusive o cumprimento de padrões mais restritivos quanto ao descarte de efluentes (FARIA et al 2004 apud TURK; PETRINIC; SIMONIC, 2005). O principal problema que envolve a aplicação das membranas filtrantes é o acúmulo de componentes nos poros reduzindo o tempo de filtração. Para o uso das membranas é necessário um pré-tratamento para a retirada destes componentes e um processo de limpeza das membranas bem desenvolvido para evitar a diminuição do tempo de vida útil da membrana (TURK; PETRINIC; SIMONIC, 2005).

Turk; Petrinic e Simonic (2005), desenvolveu um trabalho comparando os custos e eficiências entre os métodos convencionais de tratamento e o uso de membranas de filtração (membrana cerâmica de ultrafiltração como um estágio de pré-tratamento para o uso da membrana de osmose reversa). O uso somente da coagulação não removeu os surfactantes aniônicos do efluente, houve remoção de 36% na DQO e 51% na DBO. Para o efluente em questão, estes valores mostraram que ainda havia a necessidade do uso da técnica de adsorção

no carvão ativado na adequação do efluente para o descarte dentro dos padrões de lançamento da região em questão.

A tabela 3.8 mostra os valores dos poluentes encontrados no efluente bruto de uma lavanderia industrial, assim como, os valores destes após a filtração e adsorção (TURK; PETRINIC; SIMONIC, 2005) e os valores de concentrações limites de descartes para a região em questão (OFFICIAL GAZETTE OF THE REPUBLIC OF SLOVENIA, 2002 apud TURK; PETRINIC; SIMONIC, 2005).

Tabela 3.8 - Determinação dos parâmetros do efluente antes e depois do tratamento de coagulação.

Parâmetros	Efluente Bruto	Após coagulação	Após coagulação/ adsorção
Temperatura °C	62	22	22
pH	9,6	7,9	6,8
Sólidos suspensos (mg/l)	35	<5	<5
Sólidos sedimentáveis (mg/l)	2	<0,5	<0,5
Cl ₂ (mg/l)	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrogênio total (mg/l)	2,75	2,60	2,60
Nitrogênio amoniacal (mg/l)	2,45	2,40	2,30
Fósforo total (mg/l)	9,9	1,0	1,0
DQO (mg O ₂ /l)	280	180	20
DBO (mgO ₂ /l)	195	100	10
Óleos (mg/l)	4,8	2,5	<1
AOX (mg/l)	0,12	0,12	<0,1
Surfactante aniônicos (mg/l)	10,1	10,0	<0,5

Fonte - Turk; Petrinic; Simonic, 2005.

Após o tratamento com adsorção os valores de remoção de DQO e DBO foram respectivamente, 93 e 95%. Quanto ao uso das membranas filtrantes os dados obtidos por (TURK; PETRINIC; SIMONIC, 2005) encontram-se na tabela 3.9.

Tabela 3.9 - Determinação dos parâmetros no efluente antes e após o tratamento com as membranas filtrantes.

Parâmetros	Efluente Bruto	Ultrafiltração	Osmose Reversa
Temperatura °C	62	53,8	27,8
pH	9,6	8,3	7,62
Sólidos suspensos (mg/l)	35	18	8
Sólidos sedimentáveis (mg/l)	2	<0,5	<0,5
Cl ₂ (mg/l)	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrogênio total (mg/l)	2,75	0,03	0,03
Nitrogênio amoniacal (mg/l)	2,45	0,03	0,03
Fósforo total (mg/l)	9,9	0,46	0,14
DQO (mg O ₂ /l)	280	130	3
DBO (mgO ₂ /l)	195	86	1,5
Óleos (mg/l)	4,8	4,4	1,2
AOX (mg/l)	0,12	0,11	0,08
Surfactante aniônicos (mg/l)	10,1	7,20	0,91

Fonte - TURK; PETRINIC; SIMONIC, 2005.

Após a análise econômica do uso do tratamento convencional e das membranas, TURK; PETRINIC; SIMONIC, (2005) chegou-se à conclusão que, os custos envolvendo a aplicação e manutenção das membranas filtrantes, são mais altos do que os sistemas de tratamento convencionais. Foram alcançados bons resultados com relação ao uso dos métodos convencionais, principalmente com respeito à minimização dos poluentes orgânicos. E, também, que o uso difundido de membranas dependerá da disponibilidade de membranas com menores custos.

Também, segundo BRASIL (1993 apud BRASIL, 2007), os processos mais utilizados para a redução ou remoção da turbidez e da cor da água são feitos da seguinte forma: o uso da filtração, à qual consiste na remoção de partículas coloidais em suspensão e de microrganismos, escoando através de um meio poroso – usualmente uma camada de areia; e **coagulação + floculação + filtração** – como já mencionado é um processo indicado para a eliminação da maior parte das partículas em suspensão na água. Neste caso, o tratamento da água se dá pela adição de produtos químicos (coagulação), agitação para a aglutinação das partículas (floculação), separação por diferença de peso (decantação ou flotação) e filtração, geralmente executada em filtros de areia, para a remoção das partículas não retidas nas etapas anteriores.

Segundo Ferreira e Lopes (2007), a respeito de um estudo de três anos feito a fim de monitorar a qualidade do efluente na entrada e na saída de uma ETE de uma lavanderia industrial, a qual lava 1.500kg de roupa por dia e reutiliza cerca de 80% do efluente tratado. O processo utilizado na lavanderia Ecológica é físico-químico e funciona da seguinte forma descrita a seguir. Todo o efluente gerado na lavanderia através de máquinas de lavação industrial é captado em calhas específicas para a coleta do efluente e transportado ao Tanque Separador estático, que tem como finalidade separar os sólidos indesejáveis ao sistema de tratamento como corpos estranhos, plásticos, tecidos, linhas e também regularizar a vazão de entrada na ETE.

Dentro do tanque separador, quando o nível do efluente dentro do tanque atinge um ponto pré-determinado, através de uma bóia elétrica é acionada uma bomba principal, que entra em operação para recalcar o efluente para a calha de mistura. Nesta calha o efluente recebe a dosagem de hidróxido de sódio para elevar o pH e mantê-lo na faixa de ação do floculante usado que é o sulfato de alumínio que será dosado mais à frente dando condições de mistura do hidróxido. Com o efluente já homogeneizado e com o tanque decantador escolhido (opção de escolha entre o funcionamento dos dois tanques) o efluente passa para a condição de precipitação descendo para o fundo do tanque. Após o enchimento do tanque decantador e com o tempo de residência de duas horas concluído entra em operação o sistema de filtragem pressurizada fazendo com que todo o sólido sobrenadante fique retido nos filtros, dando qualidade e clarificação a água. Ao mesmo tempo o tanque decantador, assumirá a condição de receptor completando assim o ciclo por batelada contínua. Portanto cada tanque cheio é filtrado a cada duas horas de residência com um tempo de campanha para 10 horas para cada tanque selecionado.

Com o trabalho contínuo nos dois tanques ocorre uma sedimentação no fundo, o que implica que periodicamente devesse ser feita uma limpeza através de bomba de lama sendo recalçada ao leito de secagem onde filtra novamente e retorna para o tanque separador, os sólidos ficam no leito até secar sendo raspado e condicionado em sacos plásticos para ser encaminhado ao aterro industrial.

A retrolavagem dos três filtros também descarrega no leito de secagem e a água remanescente retorna para o tanque separador para ser tratada novamente. A destinação final é realizada fazendo a infiltração no solo do efluente tratado. Após os filtros a água é encaminhada para as valas de infiltração, onde se faz a destinação final do efluente tratado,

infiltrando-o no solo.

Segundo Kist (2005), a tratabilidade biológica de um efluente é avaliada pela DBO, quanto maior o seu valor, maior a tratabilidade biológica dos compostos orgânicos presentes no efluente. Por outro lado, esta mesma carga orgânica pode ser avaliada pela DQO, a qual é obtida após uma oxidação drástica da matéria orgânica. Assim, para um mesmo efluente, a relação DQO/DBO mostra que tipo de oxidação será efetivo na destruição da carga orgânica presente.

Os resultados obtidos por Kist (2005) foram na primeira etapa, pré-lavagem, e a última etapa que é o enxágüe e amaciamento a relação de DQO/DBO ficaram entre 2,5 a 5 indicando conforme Kist (2005) que o efluente irá exigir cuidados na escolha do processo biológico para que se tenha uma remoção desejável de carga orgânica. Nas outras diferentes etapas, a lavagem com dois detergentes, de alvejamento, desinfecção com peróxido de hidrogênio e lavagem com aquecimento, a relação DQO/DBO5 deram maiores que cinco o que indica que a aplicação do processo biológico tem limitações quanto à biodegradabilidade aeróbia. Para melhor visualização dos resultados obtidos por Kist (2005).

Outro estudo realizado por Mancuso & Santos (2003) constatou que o efluente que provinha da lavanderia de roupas hospitalares, o qual passava pelos processos e operações unitárias: peneiramento, resfriamento, floculação e sedimentação; ainda assim, o efluente não seguia a diversos parâmetros para o despejo em um corpo de água, classificado pela resolução do CONAMA, como sendo de classe 2. A empresa planejou então uma solução a qual contempla o reuso de efluentes, cuja vantagem adicional seria de minimizar a necessidade de sua captação de água. Para isto foram feitos testes de tratabilidade em laboratório, que incorporam processos e operações unitárias físicas e químicas. As tecnologias de tratamento aplicadas para este estudo foram:

- Remoção de felpas, medição de vazão e homogeneização;
- Pré-cloração no *break-point* ou ponto de ruptura - o objetivo deste processo unitário foi a remoção de nitrogênio amoniacal do efluente, o que demanda um consumo de cloro nove vezes maior que o teor de nitrogênio presente na forma amoniacal, e 14,3 mg/l de alcalinidade para a neutralização da acidez produzida utilizando-se hidróxido de cálcio;
- Condicionamento de pH - Ajuste do pH à melhor faixa de reação do coagulante escolhido, o qual otimiza a remoção de DBO e sólidos em

suspensão totais no sobrenadante do efluente clarificado, situa-se entre 4,0 e 4,5. Depois é feita a correção, com o auxílio de soda cáustica ou hidróxido de sódio, de modo que sejam preservadas as unidades de jusante com respeito a sua corrosividade, bem como permitir o seu lançamento no corpo receptor;

- Mistura rápida e coagulação - a coagulação foi feita pela adição de coagulante em um tanque projetado para essa finalidade, num tempo bastante reduzido determinado em laboratório e sob intensa agitação. O coagulante escolhido, do qual foi obtido o melhor resultado, foi o sulfato de alumínio. Porém no estudo realizado por Mancuso & Santos (2003), para tratamento de efluentes de lavanderia hospitalar, dentre todos os coagulantes empregados na investigação experimental (policloreto de alumínio, sulfato de alumínio e cloreto férrico), o que apresentou melhor comportamento com respeito à produção de um efluente tratado de melhor qualidade foi o sulfato de alumínio. Em razão da possibilidade de complexar o ferro com compostos inorgânicos e orgânicos presentes no efluente bruto, não se recomenda Sais de ferro como agentes coagulantes. As dosagens ótimas de sulfato de alumínio situaram-se na faixa de 200 mg/l a 600mg/l;
- Sedimentação – a verificação da velocidade ideal de sedimentação de projeto a ser adotada no dimensionamento dos decantadores situa-se na faixa de 10 m/dia a 15 m/dia;
- Devido à baixa velocidade de sedimentação dos flocos de hidróxido de alumínio formados nos processos de coagulação e floculação, é de suma importância que o sistema de tratamento seja dotado de um sistema de aplicação de polímeros como auxiliar de floculação e sedimentação. As dosagens ótimas de polímeros encontradas foram de 0,2 mg/l a 1,0 mg/l;
- Ozonização - a inclusão da ozonização foi cogitada para garantir a desinfecção das roupas e da água, para seu posterior reuso. Foi verificado em laboratório o efeito desse oxidante na remoção da cor da água, quebra de cadeias de detergentes residuais, microfloculação, desinfecção e preservação das membranas previstas;
- Processo de adsorção em carvão ativado - utilizado na remoção de materiais orgânicos solúveis que não são eliminados nos tratamentos anteriores.

Conforme Mancuso & Santos (2003), essas substâncias orgânicas são passíveis de serem adsorvidas na superfície dos poros das partículas de carvão, até que sua capacidade de adsorção se exaure, sendo necessária sua regeneração ou reativação através de seu aquecimento, o que volatiliza o material orgânico adsorvido, tornando os poros do carvão livres e regenerados. A forma de aplicação poderá ser de duas maneiras: sob forma granular ou em pó, sendo que a primeira é a mais utilizada em tratamentos avançados de esgotos. Quando se utiliza carvão ativado em pó, este é adicionado diretamente à água, que é submetida à agitação e a filtração. Esse processo é particularmente indicado para redução de gosto e odor, não sendo necessários grandes investimentos. Por outro lado, quando grandes quantidades de matéria orgânica precisam ser removidas, como no tratamento de efluentes dos esgotos pré-tratados, o uso do carvão ativado em pó não é econômico dado as grandes quantidades necessárias, sendo indicados para estes casos, carvão ativado granular, sob forma de leitos ou de colunas, através dos quais, a água passa de cima para baixo ou em sentido inverso.

Esse processo é usado onde se deseja tratamento em alto grau, sendo indicado para sistemas de qualquer porte. Pode ser adotado em diversas fases do tratamento, como após o tratamento biológico para a remoção da matéria orgânica, ou após o tratamento físico-químico por coagulação, sedimentação e filtração.

a) Filtração

A adoção desta etapa é absolutamente fundamental para a obtenção de um efluente final com uma concentração de sólidos sedimentáveis inferior a 1 mg/l. A produção de lodo situa-se na faixa de 80 kg/dia a 160 kg/dia de sólidos em suspensão totais secos, para dosagens de alumínio aplicadas de 100 mg/l a 600mg/l. O volume esperado de lodo desidratado é de 0,5 m³/dia a 1,0 m³/dia. A tabela 3.10 apresenta um resumo do resultado obtido pelo estudo feito por Mancuso & Santos (2003):

Tabela 3.10 – Resultados obtidos após tratamento por sedimentação e após filtração.

Parâmetro	Efluente gerado após sedimentação	Efluente gerado após filtração
Coagulante	Sulfato de alumínio	
Dosagem de coagulante (mg/l)	600	
Polímero	853-BC	
Dosagem de polímero (mg/l)	0,5	
pH de coagulação	4,3	4,3
Cor aparente (UC)	550	38
Turbidez (UNT)	103	3,3
DQO (mg/l)	343	209
DBO (mg/l)	109	54
Sólidos em suspensão totais (mg/l)	334	12
Sólidos dissolvidos totais (mg/l)	1.040	1.010

Fonte – Mancuso & Santos, 2003.

b) Separação por membranas

O emprego de membranas na separação de íons está previsto como forma de polimento final do efluente industrial. Uma vez que a dureza do efluente bruto é muito reduzida, da ordem de 27 mg CaCO₃/l, os cátions presentes na fase líquida são preponderantemente monovalentes, o que contra indica a utilização de membranas de nanofiltração.

Segundo Mancuso & Santos (2003), a adoção de processos de membrana de osmose reversa, apresenta-se tecnicamente viável, com respeito à remoção de sólidos dissolvidos totais e condutividade do efluente pré-tratado por sedimentação/filtração, tendo-se obtido, em testes, valores de remoção de 94% e 92%, respectivamente, conforme apresentado na tabela 3.11.

Tabela 3.11 - Eficiência na remoção de SDT e Condutividade pela osmose reversa.

Amostra	Sólidos dissolvidos totais (mg/l)	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)
Efluente bruto	950	1.327
Efluente pré-tratado	1.040	1.351
Permeado da osmose reversa	65	99

Fonte - Mancuso & Santos, 2003.

c) Desinfecção por radiações ultravioletas

Para uma garantia final da qualidade microbiológica da água a ser reusada.

Os resultados obtidos por Mancuso & Santos (2003), mostraram uma redução da demanda de água “nova” de $1.068 \text{ m}^3/\text{dia}$ para $297 \text{ m}^3/\text{dia}$.

A escolha do melhor sistema de tratamento de esgoto deve buscar a minimização de resíduos gerados, minimização de custos de implantação, operação e manutenção, com garantia de eficiência de remoção de poluentes e matéria orgânica, uma vez que deverá atender aos requisitos mínimos exigidos com relação à qualidade da água para uso na lavanderia.

Nos últimos anos, o desenvolvimento de muitos tipos de novos filtros e melhorias nos sistemas de retro-lavagem, que são facilmente operados, tem ajudado a reduzir os custos de instalação, principalmente em pequenas plantas. Vários novos padrões para sólidos em suspensão, parâmetros higiênicos para água potável, e material particulado e fósforo para águas residuárias, resultaram em inovações na tecnologia de filtração, e levaram à aplicação de sistemas compactos de tratamento, eventualmente incluindo processos bioquímicos (BOLLER, 1994).

Uma alternativa ao processo de sedimentação, para a separação dos flocos formados no processo de coagulação e floculação, é o processo de flotação. Para que os sólidos possam ser separados do líquido uma fração clarificada do efluente é pressurizada com ar, fazendo com que parte do oxigênio seja dissolvida no líquido para que posteriormente, o efluente pressurizado seja liberado no interior de um dispositivo adequado no qual o efluente floculado também está sendo alimentado, então, pequenas bolhas de ar são formadas, devido à expansão do oxigênio, as quais aderem às partículas presentes na massa líquida, fazendo com que estas flutuem (MIERZWA, 2002). Na superfície do dispositivo existe um sistema que remove o

material sólido que foi flotado, enquanto o líquido, do qual as partículas sólidas foram removidas, sai pelo fundo do equipamento.

O dispositivo utilizado para a separação de sólidos com base neste processo é conhecido como flotor, estando disponíveis no mercado, modelos que incorporam, em um único equipamento, os processos de coagulação, floculação, flotação e filtração (KROFTA, 1990 apud MIERZWA, 2002).

3.4.2 Filtração Direta

Este item foi formulado através da consulta do trabalho desenvolvido pela PROSAB (BRASIL, 2003).

A filtração direta pode ser empregada para o tratamento de águas para abastecimento em três configurações básicas distintas, apresentadas de forma esquemática na figura 3.1:

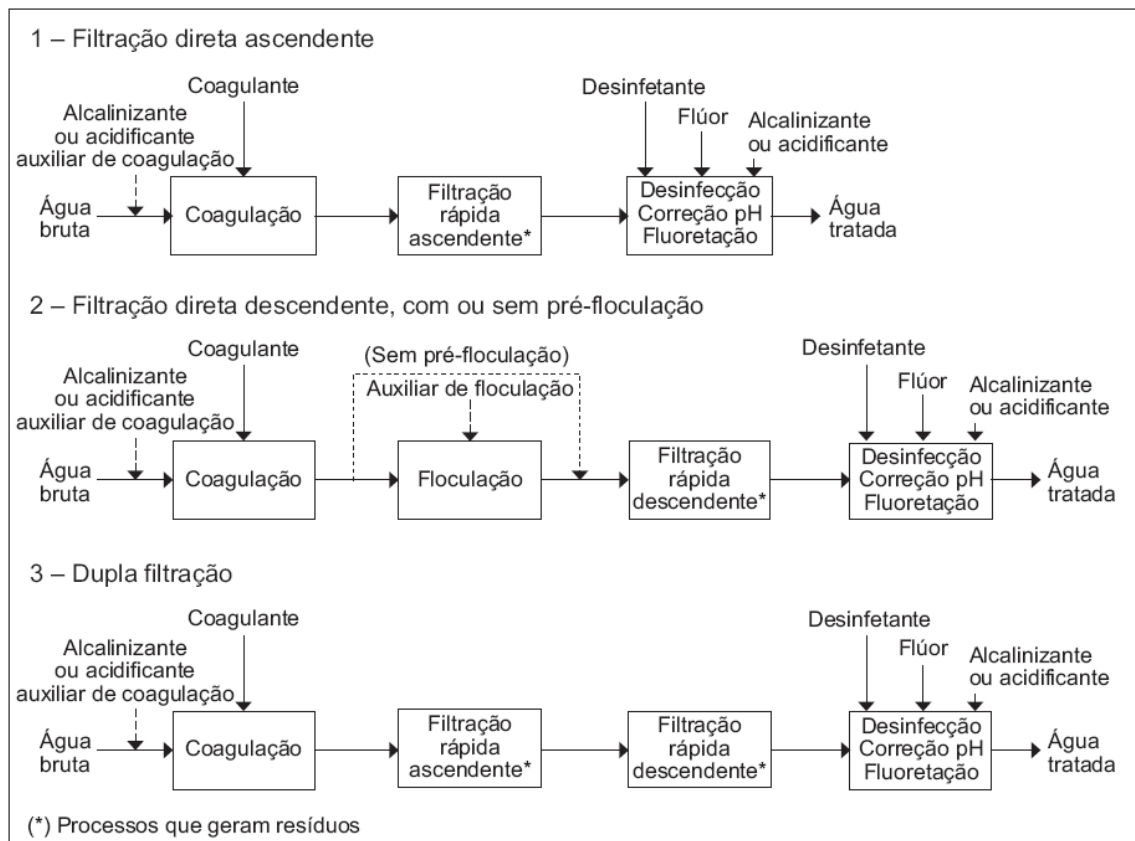


Figura 3.1 - Fluxogramas esquemáticos dos sistemas de filtração direta.
Fonte - BRASIL, 2003.

Em linhas gerais, as tecnologias de tratamento podem ser divididas em dois grupos: as que se baseiam na filtração rápida e as que se baseiam na filtração lenta. O primeiro grupo tem a coagulação química e a filtração rápida como etapas fundamentais para clarificação da água, ao passo que no segundo grupo a etapa básica é a filtração lenta e o uso de coagulantes é dispensável. Em ambos os grupos a filtração pode ou não ser precedida de outros processos de clarificação.

Cabe aqui reforçar a importância da filtração no tratamento de água geralmente, a filtração é a última etapa de clarificação da água antes do processo de desinfecção. É a filtração que garante a qualidade adequada da água a se tornar potável após a etapa de desinfecção, e é na filtração que se deve garantir que organismos patogênicos resistentes à desinfecção por cloro, como os cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium*, sejam removidos. Reconhecendo a importância da filtração na garantia de água microbiologicamente segura, a Portaria MS 1469/2000 (BRASIL_b, 2001) estabelece como requisitos mínimos de tratamento duas condições: toda água para consumo humano, suprida por manancial superficial e distribuída por meio de canalização, deve incluir tratamento por filtração; toda água fornecida coletivamente deve ser submetida a processo de desinfecção, concebido e operado de forma a garantir o atendimento ao padrão microbiológico.

Em geral, os estudos de bancada, realizados com metodologias apropriadas, podem fornecer informações sobre: produtos químicos mais adequados ao tratamento (pré-oxidantes, adsorventes, alcalinizantes ou acidificantes, coagulantes, auxiliares de floculação, etc.); sequência de aplicação de produtos químicos; condições ótimas de coagulação (pH, dosagem, gradiente de velocidade e tempo de detenção na unidade de mistura rápida); condições ótimas de floculação (dosagem de auxiliar de floculação, gradiente de velocidade e tempo de detenção nos floculadores); estimativa da taxa de aplicação superficial em decantadores ou flutadores; potencial de formação de subprodutos indesejados da oxidação; controle de odor e sabor por meio de oxidação ou adsorção em carvão ativado.

Para este estudo serão considerados os aspectos de utilização dos processos de coagulação e floculação, em função da grande influência que estes exercem na eficiência da filtração rápida, em particular quando a tecnologia de tratamento adotada é a da filtração direta.

Dentre as tecnologias usuais de tratamento de água para abastecimento público, a

filtração direta é a que apresenta menor custo de implantação. Por outro lado, em geral, a filtração lenta é mais vantajosa do ponto de vista de operação e de manutenção, tanto no que se refere aos menores custos quanto à maior simplicidade dessas atividades. Contudo, deve-se levar em consideração que a filtração direta possibilita o tratamento de águas brutas com maior quantidade de matéria em suspensão e substâncias dissolvidas do que a recomendada para o emprego da filtração lenta.

Entretanto, se em razão das características físico-químicas e bacteriológicas da água bruta não for possível assegurar sua potabilização por meio dessas tecnologias, faz-se necessário o emprego do tratamento em ciclo completo, que caracteriza as ETAs que possuem unidades de mistura rápida, floculação, decantação (ou flotação) e filtração. Portanto, a escolha da tecnologia de tratamento depende basicamente da qualidade da água bruta e da qualidade desejada para o efluente final.

Quando a água pode ser tratada tanto por filtração direta quanto por ciclo completo, a primeira tecnologia apresenta como vantagem o menor custo de implantação e de operação, uma vez que não há necessidade de construir unidades de decantação (ou flotação) e, em alguns casos, também os floculadores podem ser dispensados. Além disso, na filtração direta são utilizadas menores dosagens de produtos químicos destinados à coagulação da água e produz-se menor volume de lodo, o que torna menos oneroso seu tratamento e disposição final.

3.4.3 Filtração em Carvão Ativado

O carvão ativado é utilizado no tratamento avançado de esgotos para a remoção de materiais orgânicos e inorgânicos é utilizado no tratamento avançado de esgotos para a remoção de materiais orgânicos e inorgânicos (BRASIL, 2003).

A adsorção em carvão ativado tem sido empregada, principalmente, quando se pretende reduzir a concentração de compostos orgânicos indesejados, como os subprodutos da cloração. Essas substâncias são passíveis de serem adsorvidas na superfície dos poros das partículas de carvão, até que sua capacidade de adsorção se exaure, sendo necessária sua regeneração ou reativação. Essa regeneração, ou reativação de carvão é feita por meio de seu

aquecimento, o que volatiliza o material orgânico adsorvido, tornando os poros do carvão livres e regenerados (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Segundo Brown e Caldwell (1989) afirmam, baseado nos critérios adotados para os critérios mínimos da qualidade da água reutilizada (estes critérios são compatíveis aos critérios adotados para este trabalho, ver tabela 3.7 situada na página 91) na lavagem de roupa, a tecnologia ideal a serem aplicadas seria o uso em conjunto de dois filtros, sendo um deles de carvão ativado. Sendo que o uso destes conjuntamente poderia remover partículas de sólidos suspensos, redução da turbidez e que com o uso anteriormente do processo de floculação, resultaria na remoção ou redução da concentração de fosfatos. Ainda propõem o uso da tecnologia de troca iônica para a remoção de sólidos dissolvidos. O sistema proposto, por Brown & Caldwell (1989) e o gráfico da remoção de fosfato estão mostrados, respectivamente, nas Figuras 3.2 e 3.3.

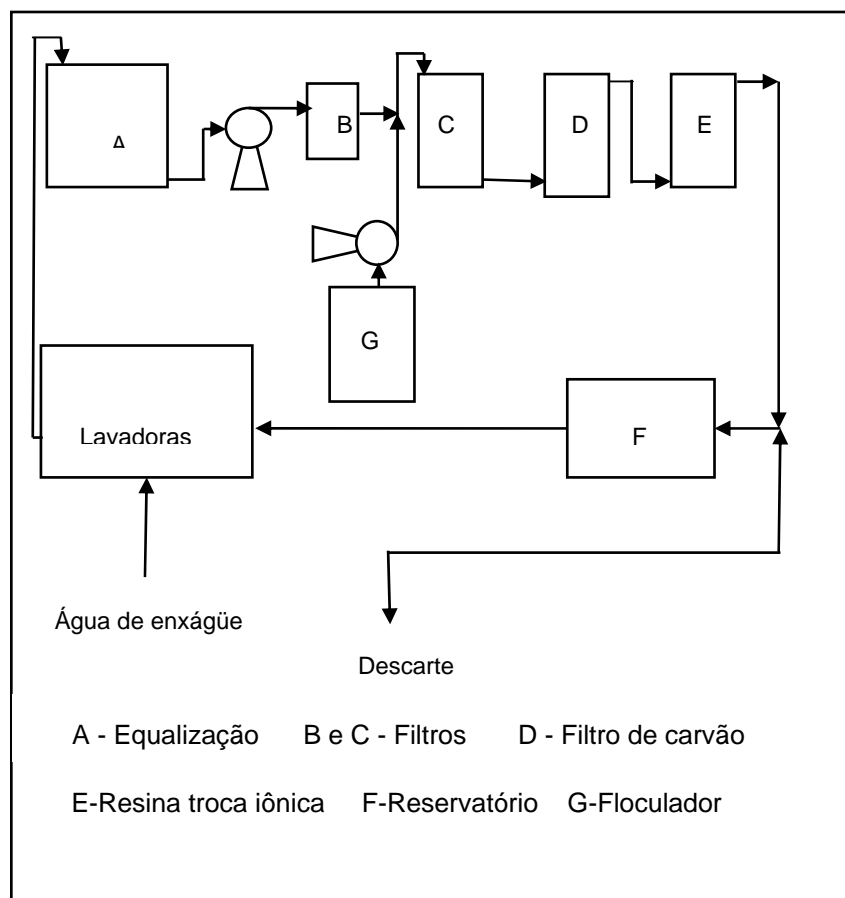


Figura 3.2 - Sistema esquemático das tecnologias de tratamento aplicadas aos efluentes de lavanderias.
Fonte – BROWN & CALDWELL, 1989.

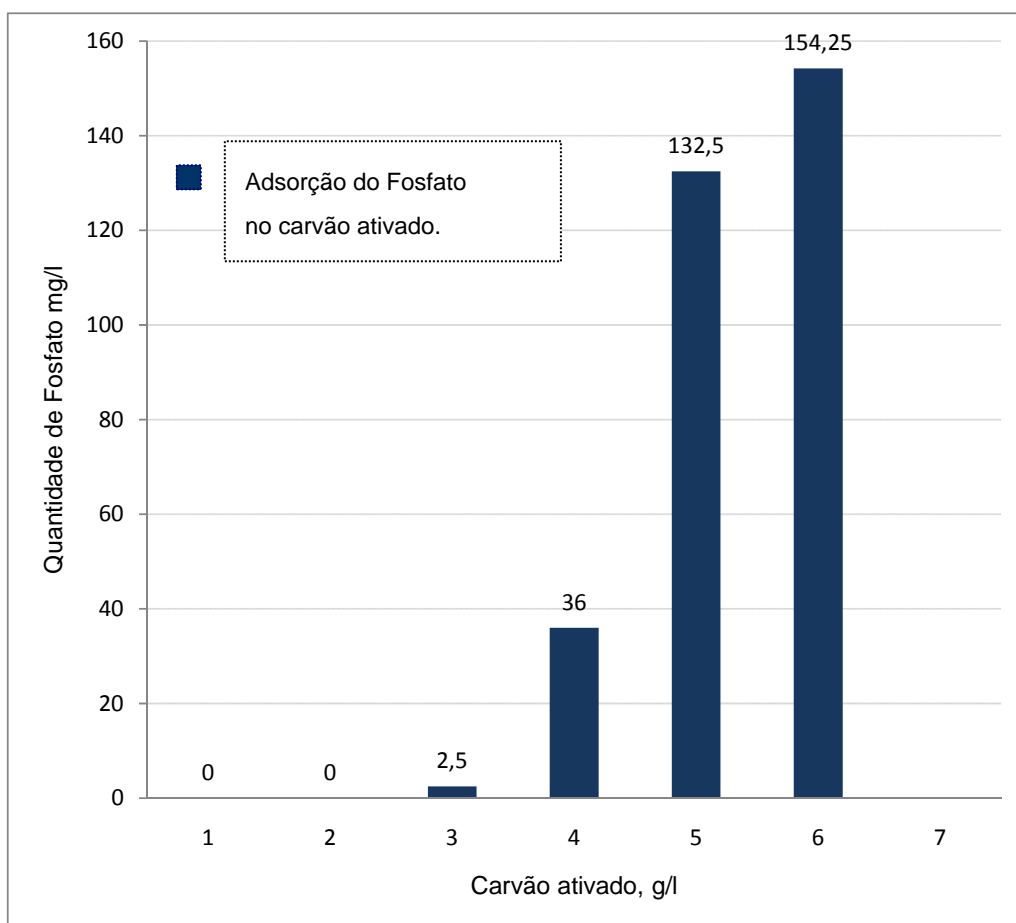


Figura 3.3 - Gráfico da adsorção dos fosfatos com relação à tecnologia de filtração composta por carvão ativo.
Fonte – BROWN & CALDWELL, 1989.

Dentre as duas modalidades de carvão ativado, carvão ativado em pó (CAP) e carvão ativado granulado (CAG), nas ETAs brasileiras o CAP é o mais utilizado, contudo, no tratamento de água por filtração direta o emprego de CAP é mais restrito, pois o excesso de material em suspensão, ocasionado pela adição do carvão, pode causar sobrecarga de sólidos nos filtros, reduzindo a carreira de filtração. Entretanto, os resultados preliminares de pesquisas que vêm sendo realizadas no âmbito do PROSAB são indicativos de que o CAP pode ser utilizado na filtração direta com dosagens relativamente altas, desde que seja adotada a dupla filtração, uma vez que as unidades de filtração ascendente retêm a maioria dos sólidos suspensos, atenuando a sobrecarga de sólidos na unidade de filtração descendente. Quanto ao CAG, não há diferença em relação ao seu emprego quando se compara a filtração direta com as demais tecnologias de tratamento (BRASIL, 2003).

Nas ETAs, o CAP é aplicado em forma de suspensão em local que antecede as unidades de filtração, enquanto o CAG é utilizado em colunas através das quais escoar a água filtrada. É sempre recomendada a realização de ensaios em laboratório para determinar a dosagem de CAP, a vida útil do CAG, bem como o tempo de contato necessário para remover as substâncias orgânicas consideradas (BRASIL, 2003).

As colunas e os leitos de carvão ativado assemelham-se às unidades de filtros e têm os mesmos problemas de operação e manutenção; embora não requeiram lavagem em contracorrente, a regeneração do carvão deve ser feita, na medida em que se perde sua capacidade de adsorção.

Adsorção em carvão ativado é usada onde se requer tratamento em alto grau. Sendo indicado para sistemas de qualquer porte e seu uso tem sido adotado em diversas fases do tratamento, como após o tratamento biológico para a remoção de matéria orgânica, ou após tratamento físico-químico por coagulação, floculação, sedimentação e filtração, que remove o material que poderia obstruir seus poros (MANCUSO & SANTOS, 2003).

É recomendado que a implantação de sistemas de tratamento que irão utilizar esta técnica seja baseada em ensaios de laboratório e em escala piloto (MIERZWA, 2002).

4 HEMODIÁLISE

A Hemodiálise é o processo de filtração e depuração de substâncias indesejáveis do sangue como a creatinina e a uréia. A hemodiálise é realizada em pacientes portadores de insuficiência renal crônica ou aguda, já que nesses casos o organismo não consegue eliminar tais substâncias devido à falência dos mecanismos excretores renais.

Basicamente a separação por diálise é um processo lento que depende das diferenças entre o tamanho das partículas e entre os índices de difusão dos componentes coloidais e cristaloidais. Quando uma mistura é posta num recipiente de colódio, pergaminho, ou celofane e submersa em água, os íons e pequenas moléculas atravessam a membrana, deixando as partículas coloidais no interior do recipiente.



Figura 4.1 – Fotografia da Máquina da Hemodiálise.
Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

Na hemodiálise, o sangue é obtido de um acesso vascular, unindo uma veia e uma artéria superficial do braço (cateter venoso central ou fístula artério-venosa) e impulsionado por uma bomba até o filtro de diálise, também conhecido como dialisador. No dialisador, o sangue é exposto à solução de diálise (também conhecida como dialisato) através de uma membrana semipermeável, permitindo assim, as trocas de substâncias entre o sangue e o dialisato. Após ser retirado do paciente e passado através do dialisador, o sangue “filtrado” é então devolvido ao paciente pelo acesso vascular.

As máquinas de hemodiálise possuem vários sensores que tornam o procedimento seguro e eficaz. Os principais dispositivos presentes nas máquinas de diálise são: monitor de pressão, temperatura, condutividade do dialisato, volume de ultrafiltração, detector de ar, etc.

Uma sessão convencional de hemodiálise tem, em média, a duração de quatro horas e frequência de três vezes por semana. Entretanto, de acordo com as necessidades de cada paciente, a sessão de hemodiálise pode durar três horas e meia ou até mesmo cinco horas, e a frequência pode variar de duas vezes por semana até hemodiálise diária para casos seletos.

A solução de diálise contém solutos (Na, K, bicarbonato, Ca, Mg, Cl, acetato, glicose, P, CO₂) que irão entrar em equilíbrio com o sangue durante o processo dialítico, mantendo assim a concentração sérica desses solutos dentro dos limites normais.

É importante ressaltar que a água usada durante a diálise deve ser tratada e sua qualidade monitorada regularmente. A presença de compostos orgânicos (bactérias) e inorgânicos (Al, Flúor, Cloramina, etc.) podem causar sintomas durante a hemodiálise ou induzir alterações metabólicas importantes.

A máquina de hemodiálise mantém controle total sobre o dialisato, como nível de condutividade e temperatura da solução, a fim de evitar possíveis complicações durante o tratamento.

Até a década de 70, acreditava-se que a água potável também servisse para a hemodiálise. Com o aumento do número de pacientes em tratamento dialítico e de sua sobrevida, acumularam-se evidências que permitiram correlacionar os contaminantes da água com efeitos adversos do procedimento. Se a água não for corretamente tratada, vários contaminantes químicos, bacteriológicos e tóxicos, poderão ser transferidos para os pacientes, levando ao aparecimento de efeitos adversos, às vezes letais. A seguir segue uma breve explicação sobre este processo de tratamento.

4.1 PROCESSO DE PURIFICAÇÃO DA ÁGUA PARA USO NA HEMODIÁLISE

A eficiência do equipamento de tratamento de água depende da capacidade dos componentes do equipamento, da natureza da água a ser tratada, além de variações sazonais (SILVA et al., 1996). A água fornecida pela rede pública passa pelos seguintes equipamentos:

- Filtros,
- Abrandadores,
- Filtros de carvão,
- Deionizadores e
- Osmose reversa.

a) Filtros Mecânicos

A principal função dos filtros é a remoção de partículas em suspensão, além de proteger os outros componentes do tratamento de água, especialmente as membranas do aparelho de osmose reversa. Os principais tipos de filtro são: filtro de areia, capaz de remover partículas entre 25 e 100 μ m e filtros cujas membranas são capazes de remover partículas a partir de 0,25 μ m. O risco associado aos filtros de areia consiste na colonização e crescimento de algas resultando no aumento da pressão interna e queda do fluxo de água e da filtragem (SILVA et al., 1996).

b) Filtros de Carvão

O papel dos filtros de carvão no tratamento de água é adsorver cloretos, cloraminas e substâncias orgânicas. Os filtros de carvão são porosos e têm alta afinidade por matéria orgânica, o que facilita contaminação e proliferação bacteriana quando os mesmos não são mantidos adequadamente. O conteúdo de um tanque de carvão ativado deve ser calculado levando-se em conta o conceito conhecido, como tempo de contato entre o carvão e a substância a ser eliminada. No caso do cloro, esse tempo é de 6 minutos e da cloramina 10 minutos.

O controle de qualidade é realizado através da dosagem de cloramina após passagem pelo filtro de carvão. A concentração deve ser menor que 0,1 mg/l. As normas americanas recomendam 2 tanques de carvão em série, cada tanque com TC de 3 a 5 minutos nos casos em que a concentração de cloramina, após a passagem por um tanque, exceder a concentração máxima permitida (SILVA et al., 1996).

c) Abrandadores

São equipamentos que removem principalmente cálcio, magnésio e outros cátions polivalentes. Os abrandadores contêm resinas que trocam sódio por cálcio e magnésio. Se a concentração desses elementos na água a ser tratada for elevada, a quantidade de sódio liberada pelo aparelho pode ser elevada levando a riscos de hipernatremia. Os abrandadores, além de controlar a dureza da água (cálcio e magnésio), protegem as membranas do sistema de osmose, pois a deposição de cálcio e magnésio nas membranas leva a um mau funcionamento do aparelho (SILVA et al., 1996).

d) Deionizadores

Os deionizadores são constituídos por resinas capazes de eliminar praticamente todos os sais minerais, além de matérias orgânicas e partículas coloidais. As resinas trocadoras de íons - catiônicas e aniônicas – podem estar em tanques separados ou únicos (leito misto). A resina catiônica fixa cátions liberando íons H^+ , e a aniônica fixa, ânions fortes e fracos liberando OH^- . A eficiência do equipamento é monitorizada pela medida da resistividade do efluente, a qual varia conforme a temperatura. A deionização apresenta os seguintes inconvenientes: contaminação bacteriana e química. A contaminação bacteriana pode ocorrer, pois as resinas, especialmente as aniônicas, captam materiais orgânicos favorecendo a proliferação das bactérias. Essa complicação é evitada com as regenerações frequentes, cloração e evitando-se a estagnação das águas. Quanto à contaminação química, ela decorre do fato de que no final do ciclo de utilização as resinas podem liberar os íons que estavam fixos. Daí, a necessidade de regeneração das resinas antes de sua saturação total. As resinas podem ser alteradas por substâncias oxidantes como o cloro e a água oxigenada. Dessa forma, a própria regeneração que utiliza produtos químicos como sodas e ácidos concentrados pode representar fonte de contaminação química (SILVA et al., 1996).

e) Osmose Reversa

A osmose é um fenômeno natural físico-químico no qual, duas soluções com diferentes concentrações são colocadas num mesmo recipiente separadas por uma membrana

semipermeável, na qual ocorre naturalmente a passagem do solvente da solução mais diluída para a mais concentrada, até que se atinja o equilíbrio. Neste ponto, o nível da coluna do lado da solução mais concentrada estará acima do nível da coluna do lado da solução mais diluída. A esta diferença de nível entre colunas se denominou Pressão Osmótica. A Osmose Reversa é obtida através da aplicação mecânica de uma pressão superior à pressão osmótica, do lado da solução positiva concentrada. Assim sendo, Osmose Reversa é a denominação do processo pelo qual a água pura pode ser retirada de uma solução salina por meio de uma membrana semipermeável, contanto que a solução em questão se encontre a uma pressão superior à Pressão Osmótica relacionada à sua concentração salina.

Os principais tipos de membranas utilizadas nesse processo são: acetato de celulose, poliamidas aromáticas e FC (membranas de camada delgada). Esta última oferece vantagens sobre as demais, pois produz melhor qualidade de água e é mais resistente aos processos de desinfecção química. A osmose reversa propicia uma água extremamente pura do ponto de vista físico, químico e bacteriológico. Retém entre 95 a 99% dos contaminantes químicos praticamente todas as bactérias, fungos, algas e vírus, além de reter pirogênios e materiais protéicos de alto peso molecular.

Riscos do tratamento incluem a rotura da membrana, deterioração progressiva e colonização bacteriana das membranas. As duas primeiras causam passagem de grandes quantidades de contaminantes químicos e microbiológicos. Além disso, os equipamentos de osmose reversa consomem grandes quantidades de água e necessitam de pré-tratamento (SILVA et al., 1996).

4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES GERADOS

Nos sistemas de tratamento de água por osmose reversa o principal efluente gerado é a corrente de concentrado, na qual se encontram presentes os contaminantes inicialmente presentes na corrente de alimentação. A representação do processo de osmose reversa está na Figura 4.2.

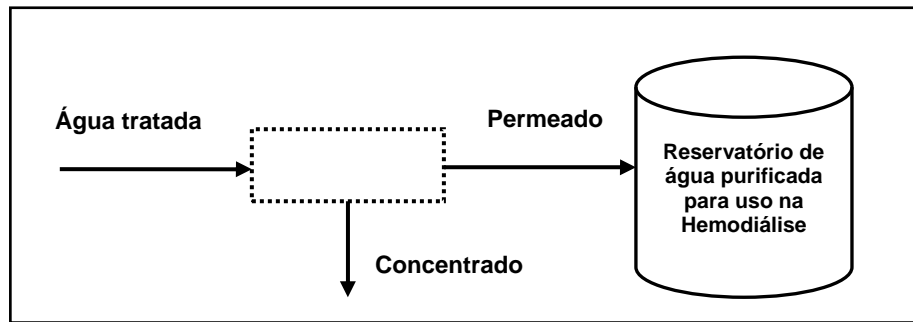


Figura 4.2 - Fluxograma do processo da osmose reversa.

O volume de concentrado e a respectiva concentração dos contaminantes nesta corrente irão depender de dois fatores básicos, ou seja, taxa de recuperação de água do sistema e taxa de rejeição de sais dada pelo tipo de membrana utilizada (MIERZWA, 2002).

Como o processo de osmose reversa é um processo físico, os principais contaminantes presentes no efluente deste sistema serão os sais inicialmente presentes na corrente de alimentação, porém em concentração superior. O rendimento das plantas de osmose reversa, utilizada na hemodiálise, sendo alimentadas com água tratada pela concessionária, se situa em torno de 60%, significa que a concentração de sais no concentrado será em torno de 2,4 vezes maiores do que na alimentação.

Além deste efluente, existe o efluente gerado devido ao fato dos sistemas de osmose reversa necessitarem de um sistema de limpeza química, cujo objetivo principal é manter as membranas de osmose reversa e, conseqüentemente o sistema como um todo, operando em condições ótimas, conforme especificado no projeto da unidade (MIERZWA, 2002). Porém, para este trabalho somente será considerada a recuperação do efluente do processo de purificação, o concentrado.

A seguir, apresenta-se a metodologia delineada para execução da pesquisa.

5 METODOLOGIA

Este capítulo trata da metodologia proposta para a realização de um estudo, com base nos conceitos apresentados nos capítulos anteriores, visando à implantação do reuso de água direto com e/ou sem tratamento, em uma lavanderia hospitalar utilizando-se da água servida pela mesma e da água provinda do descarte do processo de tratamento da água para uso na hemodiálise.

5.1 ETAPA 1: AVALIAÇÃO GLOBAL DO HOSPITAL

Esta etapa divide-se em três avaliações: diagnóstico preliminar, caracterização do efluente hospitalar e cálculo do indicador de consumo de água.

5.1.1 Diagnóstico Preliminar

Primeiramente é necessária a obtenção de um panorama global com relação ao consumo de água e geração de efluentes no estabelecimento hospitalar. Para isto, deve ser feito o levantamento das características gerais do hospital feito através do levantamento de documentação técnica, projetos, plantas e em campo, entrevistas com os funcionários, sendo, portanto, os principais dados a coletar:

- Identificação dos setores existentes no hospital;
- Levantar o fluxograma do sistema de distribuição de água, tais como, os pontos de entrada de água, a fonte de abastecimento e destinos das mesmas;
- O histórico de consumo de água;
- Número total de leitos;
- Histórico de ocupação de leitos;
- Identificação das atividades de maior consumo de água;

- Coleta e destinação final dos efluentes.

5.1.2 Caracterização do Efluente Hospitalar

É interessante que se faça uma caracterização do efluente hospitalar em geral quando estes não se apresentam de forma segregada e específica para cada corrente de efluente, quando estes se encontram segregados. Os resultados destas análises servirão para o conhecimento dos tipos de poluentes gerados pelo hospital com relação aos setores existentes e também para identificação do potencial de reuso destes efluentes.

A definição dos pontos de coleta deve ser feita após a elaboração de fluxograma do sistema existente de coleta de esgoto e efluente do hospital.

5.1.3 Cálculo do Indicador de Consumo de Água

OLIVEIRA (1999) apresenta a seguinte expressão para a determinação do índice de consumo diário de água de uma edificação:

$$C = \frac{C_m}{NA \times D_m} \times 1000 \quad (I)$$

Onde:

IC: Índice de Consumo (L/agente consumidor*dia);

Cm: Consumo Mensal (m³);

NA: Número de agentes consumidores;

Dm: Quantidade de dias úteis no referido mês.

A unidade adotada para expressar o IC varia em função da tipologia do edifício. Assim, por exemplo, em um hospital, utiliza-se litros/leito/dia. Esses valores constituem referências para a avaliação do impacto de redução do consumo de água após cada uma das ações implementadas no decorrer de um Programa de Conservação de Água (PCA).

Para hospitais o IC deve ser calculado em função do número de leitos ocupados mensalmente, pois a população flutuante do hospital que é de difícil quantificação pode influenciar no consumo dos agentes consumidores.

Após estas avaliações, dentre as atividades maiores consumidoras de água e geradoras de efluentes apresentadas, é importante selecionar os processos e setores que apresentam maior potencial de reuso, considerando-se as características dos efluentes e os requisitos de qualidade de água para aplicações potenciais.

5.2 ETAPA 2: DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS SELECIONADOS

Como o estudo da possibilidade de reuso requer um conhecimento específico dos setores selecionados, nesta etapa, deverá ser apresentado com base nas literaturas e nas visitas em campo, realizadas ao hospital, uma descrição detalhada destas atividades desenvolvidas.

5.2.1 Lavanderia

Deve-se identificar o tipo de máquina, bem como as etapas de seu processo de funcionamento detalhadamente. Estes dados devem ser coletados e conhecidos através de visitas técnicas, entrevistas com o pessoal, os quais estão envolvidos de alguma forma com o processamento da roupa e com o técnico responsável pelas máquinas. Os principais dados a coletar são:

- Dados técnicos da máquina de lavar roupa, tais como, tipo, marca, capacidade e consumo de água por lavagem;
- Turno de operação;

- Tipo de classificação das roupas sujas, tais como, sujeira leve, média e pesada;
- Levantamento estatístico da quantidade de roupa lavada conforme sua classificação por turno, dia, mês e ano;
- Descrição das etapas de lavagem existentes, assim como, o conhecimento das quantidades e tipos de produtos utilizados em cada etapa;

De acordo com o BRASIL (1986) num hospital geral, a troca de roupa dos leitos e dos pacientes é mais freqüente, podendo-se admitir a troca diária de um lençol, o que equivale a 4 kg/leito/dia. Já num hospital de longa permanência, para doentes crônicos, esta troca pode ser efetuada com menor freqüência: duas trocas de roupa dos leitos por semana, o que equivalerá a 2 kg/leito/dia.

Em unidades de pronto-socorro, obstetrícia, pediatria ou hospital geral de maior rotatividade, a troca diária de roupa dos leitos equivale a 6 kg/leito/dia. Num hospital em que há troca diária de roupa dos leitos de pacientes e acompanhantes e que lave os uniformes dos funcionários, o índice fica entre 7 a 8 kg/leito/dia.

Para calcular o peso da roupa a ser processada por dia, segundo BRASIL (1986), sugere a seguinte fórmula:

$$RoupasLavadas(kg; dia) = \frac{n \circ deLeitos \times C arg adeRoupas(kg; leito; dia) \times 7}{JornadadeTrabalho(dias / semana)} \quad (II)$$

A organização da jornada semanal de trabalho é fator importante na estimativa da capacidade da lavanderia, já que o consumo contínuo de roupas acarreta, após dias não trabalhados, um aumento considerável de peças de roupa a serem lavadas, produzindo uma sobrecarga no equipamento quando do início da jornada. É aconselhável, portanto, o funcionamento permanente da lavanderia, a fim de que sua produção fique compatível com as instalações.

Se a lavanderia funcionar menos de sete dias por semana deverá ser feito o respectivo acréscimo para o calculo final de sua capacidade, haja vista que o consumo de roupa não deixa de ser diário.

5.2.1.1 Cálculo do consumo de água na lavanderia

Tendo-se a quantidade média de roupa lavada por mês e sabendo-se as especificações de funcionamento das máquinas é possível estimar o consumo de água da lavanderia, conforme a seguinte expressão:

$$V_d(m^3) = \frac{R_l}{C} \times V_l \quad (\text{III})$$

Onde,

V_d – volume de água consumido (m^3 /mês)

R_l – média de roupas lavadas por mês (kg)

C – Capacidade da máquina por lavagem (kg)

V_l – Volume de água consumido por lavagem (m^3)

Com relação ao uso de água, a literatura consultada relata valores da ordem de 8,5 l/kg de roupa lavada em túneis e 30 l/kg de roupa lavada em equipamentos extratores (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Considerando-se que o objetivo do trabalho é o desenvolvimento de uma metodologia para a implementação do reuso de águas servidas na lavanderia hospitalar é de fundamental importância que sejam obtidos os dados referentes à demanda de água das etapas em estudo, assim como sobre os efluentes gerados.

É de grande importância o conhecimento das características da água utilizada no processo de lavagem de roupa, bem como os padrões de qualidade da água a ser reutilizada.

Quanto à qualidade da água a ser requerida para lavanderias, conforme pôde ser visto, não existe na literatura especializada um volume consistente de informações, e ainda, muito menos para lavanderia de roupas hospitalares, porém os dados encontrados sobre os requisitos mínimos da qualidade da água a ser utilizada na lavanderia, os quais serão levados em consideração para este trabalho, foram resumidos na Tabela 3.7, na página 91.

5.2.1.2 - Caracterização dos efluentes gerados na lavanderia

Após o conhecimento detalhado do processo de lavagem de roupa e da obtenção dos dados históricos da quantidade média de roupa lavada num dado período, assim como do consumo de água, deve-se fazer a caracterização dos efluentes definindo-se o plano de coleta, tais como, localização dos pontos de coleta, números de amostras, horários de coleta e selecionar os parâmetros a serem analisados.

5.2.2 HEMODIÁLISE

Nesta seção estão descritas as análises referentes ao consumo de água no processo de hemodiálise, bem como a caracterização do efluente gerado durante hemodiálise.

5.2.2.1 Cálculo do consumo de água na hemodiálise

Com relação à hemodiálise o foco principal está no processo de purificação da água tratada pela concessionária de abastecimento. Deve-se identificar qual a demanda média de água num dado período requerido pelo sistema de purificação, o qual está relacionado diretamente com os números e duração dos turnos, números de pacientes e logicamente com a eficiência do processo de purificação. Todos estes dados devem ser levantados junto ao hospital e ao responsável técnico, para que com estes dados seja possível calcular qual o volume médio de concentrado descartado pela hemodiálise.

5.2.2.2 Caracterização do efluente gerado na hemodiálise

Após o conhecimento das características quantitativas do descarte da hemodiálise, é necessário que se tenha a caracterização qualitativa do efluente. Para isto deve ser feito o plano de coleta, o qual envolve: a localização dos pontos de coleta, o número de amostras e os horários de coleta e a seleção os parâmetros a serem analisados.

5.3 ETAPA 3: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REUSO DE ÁGUA

A aplicação do reuso de água pode se dar de duas formas distintas, conforme já citado no item 2.3, o reuso em cascata e o reuso após tratamento, os quais serão mais bem detalhados neste capítulo.

A adequação da qualidade da água às exigências do uso pretendido é uma condição básica para a implementação de um sistema de reuso, ou seja, o padrão mínimo exigido de qualidade para que o uso não acarrete prejuízos a equipamentos, à atividade onde se aplica a água de reuso.

5.3.1 Fase 1: Avaliação do Potencial de Reuso em Cascata

Como visto o estudo deve abordar primeiramente o estudo da possibilidade de reuso em cascata sendo necessário para este, que se disponha dos dados referentes às características do efluente disponível e dos requisitos de qualidade de água no processo no qual se pretende fazer o reuso.

Para o estudo em questão, devem ser feitas as análises dos efluentes descartados das etapas do processo de lavagem de roupa e do efluente provindo do descarte do processo de purificação da água para o uso na hemodiálise para que se possa então fazer o estudo da possibilidade de reuso direto em alguma etapa do processo de lavagem de roupa. Portanto,

nesta fase, o principal ponto é com relação à obtenção das características dos efluentes disponíveis, que para esta prática, devem estar compatíveis com os padrões de qualidade da água a ser utilizada.

Em algumas situações, a substituição total da fonte de abastecimento de água por efluentes pode não ser viável, podendo, nestas situações, utilizar métodos de reuso parcial de efluentes e/ou mistura do efluente com água do sistema de abastecimento.

Reuso parcial de efluentes: consiste na utilização de apenas uma parcela do efluente gerado para reuso. Este procedimento é indicado quando, no processo de geração de efluentes, a concentração do contaminante varia com o tempo, ou seja, a sua concentração diminui à medida que o processo se desenvolve. Esta situação é comum nas operações periódicas de lavagem, nas quais há alimentação de água e descarte do efluente de forma contínua.

Este fato pode ser evidenciado ao se analisar o caso de equipamentos, onde a operação de um processo de lavagem que utiliza a água para promover a remoção e transporte dos contaminantes, promove a variação da concentração do contaminante no efluente com o tempo, sendo que a concentração no início da operação é elevada, podendo sofrer uma redução exponencial à medida que a operação se desenvolve.

Este fato pode ser comprovado com a elaboração de um balanço de massa, para um contaminante específico no equipamento de grande capacidade onde ocorra acúmulo de água durante o processo de lavagem. A realização do balanço de massa irá conduzir ao desenvolvimento de uma expressão que relaciona a concentração de um contaminante no efluente e o tempo de lavagem.

Após a análise gráfica, verifica-se que a variação da concentração de um contaminante qualquer no efluente produzido em uma operação do processo de lavagem varia de forma exponencial, com uma redução acentuada nos primeiros instantes da lavagem. Este fenômeno é um indicativo do potencial de aproveitamento de uma parcela do efluente gerado, seja na própria operação de lavagem, ou em uma ou outra operação.

A obtenção do volume de efluente que poderia ser reutilizado pode ser feita na prática ou por meio de uma modelagem do sistema, ressaltando-se que, no caso da opção pela modelagem do sistema, os resultados obtidos deverão ser confirmados ou ajustados para as condições reais.

A modelagem do sistema é obtida com base em um balanço de massa e de vazões da água de reuso. Para que se possa obter a variação da concentração do contaminante na água de

reuso, devem ser considerados:

- O tempo de detenção hidráulico nos equipamentos;
- A concentração inicial do contaminante nos equipamentos e;
- A vazão e concentração do contaminante do processo de lavagem.

Por meio da utilização de dados do processo é possível avaliar qual será a variação da concentração de um contaminante específico no efluente que deixa o equipamento e daquele acumulado no tanque de reuso. Por meio desta modelagem também é possível descartar o efluente do equipamento no início da operação do processo de lavagem.

Mistura do efluente com água do sistema de abastecimento: em algumas situações, o efluente gerado em um processo qualquer pode apresentar características bastante próximas dos requisitos de qualidade da água exigidos para uma determinada aplicação, mas que ainda não são suficientes para possibilitar o reuso, ou então, a quantidade de efluente não é suficiente para atender à demanda exigida. Para estas condições pode-se promover a mistura do efluente gerado com a água proveniente do sistema de abastecimento, de maneira a adequar as características do efluente aos requisitos do processo.

Qualquer que seja o método de reuso em cascata utilizado é necessário que seja feito o acompanhamento do desempenho da atividade na qual a água de reuso está sendo utilizada, de maneira a consolidar ou efetuar ajustes no processo e assim garantir o sucesso do programa de reuso. Para aumentar a confiabilidade do sistema de reuso em cascata, principalmente quando as características do efluente podem sofrer variações significativas, recomendasse a utilização de sistemas automatizados para o controle da qualidade da água de reuso, assim como deve ser prevista a utilização de água do sistema de abastecimento, de maneira a não colocar em risco a atividade desenvolvida.

Em todos os casos se recomenda a realização de ensaios de bancada e piloto, antes da implantação de toda a infra-estrutura que viabilize a prática do reuso em cascata.

Verificada a viabilidade técnica de aplicação do reuso em cascata deverão ser efetuadas às alterações nos procedimentos de coleta, armazenagem e transporte dos efluentes, visando a sua implantação.

5.3.2 Fase 2: Avaliação do Potencial de Reuso Pós-Tratamento

O reuso após o tratamento consiste em se utilizar o efluente resultante da estação de tratamento de efluentes, em aplicações onde os padrões de qualidade para uso são atendidos pelo efluente, ou então, pode-se lançar mão de processos complementares de tratamento, de forma a possibilitar o reuso. Porém se os efluentes são descartados sem nenhum tratamento numa rede municipal coletora de esgoto ou num curso d'água, deve-se fazer a seleção e o uso da tecnologia de tratamento mais adequada para que estes atinjam os critérios propostos, referentes às concentrações máximas de poluentes, recomendada para um determinado fim.

Com o objetivo de proporcionar conhecimentos para uma escolha adequada das técnicas de tratamento disponíveis estas foram apresentadas anteriormente nos itens 2.2 e 3.2, as tecnologias mais relevantes para o tratamento de efluentes hospitalar, tendo como um dos fatores limitantes para implantação da tecnologia, a restrição de espaço disponível.

A escolha do melhor sistema de tratamento de esgoto deve buscar a minimização do consumo de energia e outros insumos, minimização de resíduos gerados, minimização de custos de implantação, operação e manutenção, com a garantia da eficiência de remoção de poluentes e matéria orgânica, uma vez que deverá atender aos requisitos ambientais do local a ser implantado. Nesse sentido, esse trabalho utilizou técnicas de tomada de decisão para auxiliar a escolha da estação de tratamento de esgoto mais econômica e ambientalmente adequada (OLIVEIRA, 2004).

Da mesma forma como no reuso em cascata, obviamente a prática do reuso só poderá ser aplicada caso as características do efluente disponível após o tratamento sejam compatíveis com os requisitos de qualidade exigidos pela aplicação na qual se pretende usar o efluente como fonte de abastecimento. A identificação das possíveis aplicações para o efluente pode ser feita por meio da comparação entre parâmetros genéricos de qualidade exigidos pela aplicação na qual se pretende fazer o reuso, assim como os parâmetros do próprio efluente.

Dentre os diversos parâmetros de qualidade que podem ser utilizados para a identificação de aplicações potenciais para o reuso de efluentes, segundo MIERZWA (2002), a concentração de Sais Dissolvidos Totais (SDT) pode ser o mais adequado. Isto se justifica em razão da concentração de SDT ser utilizada como um parâmetro restritivo para o uso da

água nas diversas aplicações industriais, além da limitação que os processos de tratamento de efluentes, mais comumente utilizados, apresentam dificuldade na remoção deste tipo de contaminante.

Outro fator que justifica o uso da concentração de SDT na avaliação do potencial de reuso de efluentes está associado ao aumento de sua concentração, pois à medida que o reuso do efluente é efetuado, uma carga adicional de sais vai sendo incorporada seja devido ao processo de evaporação da água ou pela adição de compostos químicos.

Desta forma, para que a prática do reuso seja sustentável, é de fundamental importância que a evolução da concentração de SDT no sistema seja devidamente avaliada. Isto irá permitir a determinação do máximo potencial de reuso de efluentes, sem que os padrões de qualidade requeridos para uso e os limites máximos para lançamento de efluentes sejam ultrapassados.

A evolução da concentração de SDT em um sistema onde a prática de reuso é utilizada pode ser obtida por meio de um balanço de massa. A partir deste balanço de massa, com base nos dados disponíveis sobre demanda de água, perda por evaporação e efluentes lançados para o meio ambiente, pode-se obter a carga de SDT que é incorporada à água nos diversos processos produtivos desenvolvidos.

Uma vez obtida a carga de SDT incorporada ao sistema, deve-se avaliar a variação da concentração de SDT no efluente e na água de reuso em função da fração de efluente que é recirculada, o que também é realizado por meio de um balanço de massa. Por meio deste balanço de massa é feita a distinção entre os processos que utilizam água industrial ou potável daqueles processos que irão utilizar a água de reuso, conforme diagramas apresentados na Figura 5.1.

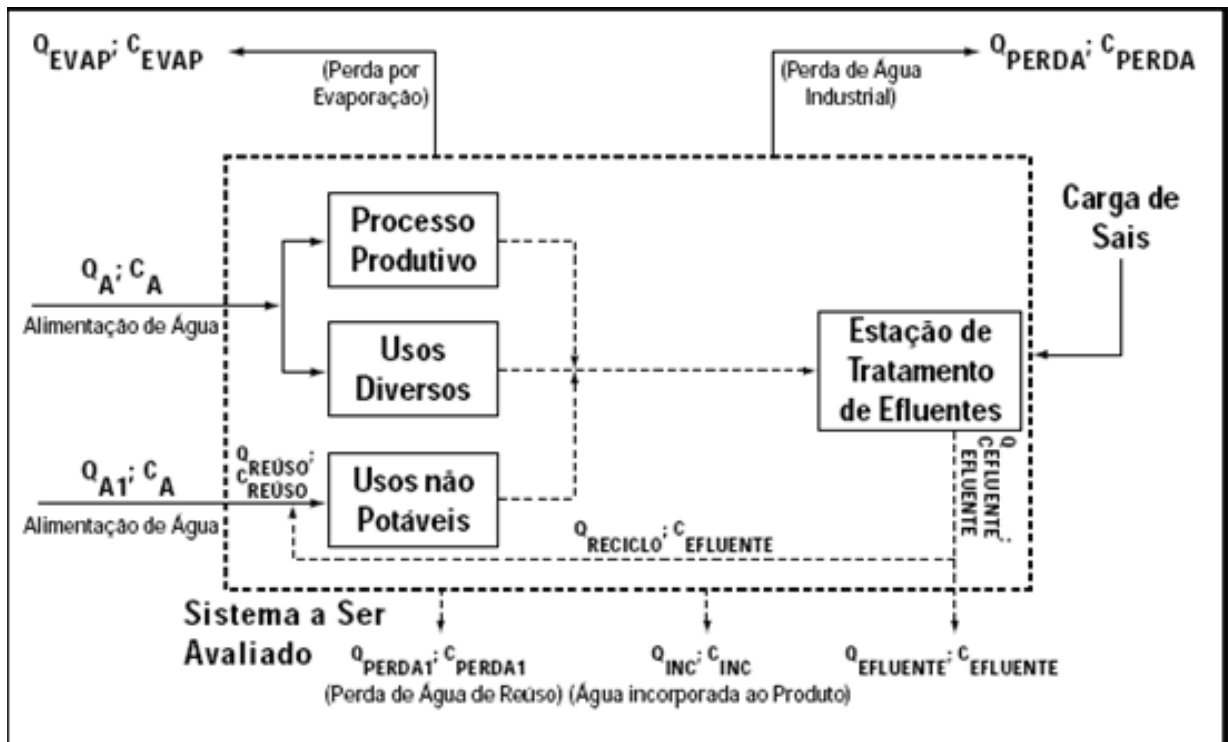


Figura 5.1 - Diagrama esquemático para a obtenção da variação da concentração de SDT no efluente e na água de reuso, com o reuso de efluentes.

Fonte – SAUTCHÚK, 2004b.

As equações para a obtenção das vazões de efluente para reuso, assim como para a variação da concentração de contaminantes nas diversas correntes envolvidas podem ser solucionadas em planilhas eletrônicas usuais, como, por exemplo, o Excel.

Na determinação da quantidade de produtos adicionados pode-se fazer uma avaliação individualizada de cada parâmetro, físico, químico e/ou biológico, ou, então, pode-se utilizar um único parâmetro que possa representar um conjunto de substâncias, o que simplifica a elaboração do balanço material (MIERZWA, 2002).

5.4 ETAPA 4: ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA

Deve-se desenvolver um estudo detalhado para que os investimentos sejam efetivamente aproveitados e o empreendimento tenha o retorno esperado. O estudo deve abordar alternativas de sistemas de aproveitamento e reuso de água para determinar a

quantidade de água gerada (oferta) pelas fontes escolhidas e a quantidade de águas destinadas às atividades fim (demanda). Tomando-se por base estes valores, devem ser dimensionados os equipamentos, os volumes de reserva necessários, os possíveis volumes complementares de água e escolhidas as tecnologias de tratamentos a serem empregadas (ANA, 2005).

Muito embora os objetivos da otimização do uso da água e redução de efluentes estejam diretamente associados ao melhor aproveitamento dos recursos naturais e conseqüentemente à redução de custos, para que estes benefícios possam ser atingidos é necessário que se faça um investimento inicial (MIERZWA, 2002).

Atualmente é praticamente impossível se imaginar o desenvolvimento de qualquer atividade sem que se leve em consideração os aspectos econômicos associados à mesma.

A decisão final irá depender de um balanço entre custos associados à atividade em análise e os benefícios resultantes. Na maioria dos casos, a implantação de uma determinada medida só é efetuada quando os benefícios resultantes superam, ou no mínimo se equivalem aos custos relacionados à implantação.

Numa avaliação econômica convencional a tomada de decisão sobre a implantação, ou não, de qualquer atividade ou projeto depende, basicamente, do montante de recursos, em geral financeiros, a ser investido e do retorno que se espera obter após a implantação desta mesma atividade ou projeto. Por outro lado, quando as questões ambientais estão envolvidas no processo de tomada de decisão, os conceitos de custo e benefício adquirem uma outra dimensão.

Porém, não serão envolvidos neste trabalho os custos com relação às questões ambientais envolvidas, não descartando a enorme importância da inclusão deste, pois como visto neste caso ainda não existe nenhuma preocupação com relação ao descarte de efluentes e somente a aplicação do reuso em cascata, já traria uma redução na demanda de água e o possível tratamento aplicado a estes efluentes para reuso e descarte também traria uma redução da descarga de poluentes no meio ambiente.

A metodologia deve ser realizada como diretriz geral a ser adaptada, conforme a realidade de cada Unidade, respeitando-se suas características próprias, o que justifica a importância da conversa inicial com seus responsáveis.

5.4.1 Cálculo da Rentabilidade

Esta etapa é de fundamental importância, pois é praticamente impossível se imaginar o desenvolvimento de qualquer atividade sem que se leve em consideração os aspectos econômicos associados, principalmente em se tratando de hospitais públicos, que muitas vezes possuem um capital restrito.

Uma estimativa inicial sobre a questão financeira deve ser obtida através de um balanço entre custos de implantação, operação e manutenção com os benefícios resultantes. Na maioria dos casos, a implantação de uma determinada medida só é efetuada quando os benefícios resultantes superam, ou no mínimo, se equivalem aos custos relacionados à implantação.

Os custos anuais de operação do sistema de tratamento e distribuição incluem salários, energia elétrica, produtos químicos e manutenções referentes a reparos e substituição de peças. O custo com pessoal depende do porte e da complexidade da instalação.

O tempo de retorno descontado é o número de períodos que zera o valor líquido presente, ou anual, do empreendimento. Neste caso, a taxa de juros adotada é o próprio custo de capital.

Igualando o valor presente a zero, tem-se:

$$A \times \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} - I = 0$$

O tempo de retorno de capital pode ser calculado algebricamente a partir da expressão anterior, no que resulta:

$$n = - \frac{\ln(1 - I; A \times i)}{\ln(1 + i)} \quad (IV)$$

Onde,

- n – período de tempo
- I – investimento inicial
- i – taxa de desconto
- A – receita líquida no período

6 ESTUDO DE CASO: SANTA CASA DE MISERICÓRDIA DE ITAJUBÁ

Neste capítulo será apresentado um estudo de caso aplicado ao Hospital “Santa Casa de Misericórdia de Itajubá”, visando avaliar o potencial de economia no volume de água consumido pelo hospital e conseqüentemente a diminuição da fatura de água cobrada pela concessionária, aplicando-se a metodologia formulada apresentada no capítulo anterior.

6.1 ETAPA 1: AVALIAÇÃO GLOBAL DO HOSPITAL

O Hospital “Santa Casa da Misericórdia de Itajubá” é registrado no Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES) como hospital geral, e uma entidade beneficente sem fins lucrativos. Sua construção e inauguração datam de 1925, sendo destinada a atender não apenas a população do município de Itajubá, mas também as demais cidades vizinhas próximas, como Piranguinho, Maria da Fé, Delfim Moreira, Wenceslau Brás, entre outras. Dessa forma constitui-se numa instituição importante para a saúde pública, e em um marco histórico da expansão industrial na região.

6.1.1 Diagnóstico preliminar do estabelecimento hospitalar

O hospital consta com 118 leitos disponíveis, que segundo a Associação Americana de Hospitais (1986) conforme citado no item 2.1 deste trabalho a classificação do hospital pode ser feita conforme seu número de leitos ativos, portanto seguindo-se este critério o Hospital em estudo é classificado como de classe 3. O Hospital “Santa Casa de Misericórdia de Itajubá”, apesar de possuir 118 leitos disponíveis a média de ocupação destes calculada para o ano de 2005 foi de 56 leitos ocupados/mês, estes dados estatísticos foram fornecidos gentilmente pelo Hospital. O hospital consta com cerca de 225 funcionários.

O Hospital apresenta diversos setores, os quais estão divididos basicamente em 4 blocos que foram nomeados da seguinte forma: Bloco 1 (figura 6.1), Bloco 2 referente ao prédio mais antigo (fig. 6.2), Bloco 3 referente ao prédio mais novo (fig. 6.3) e Bloco 4 (fig. 6.4). Esta divisão foi feita conforme a localização e sistema de distribuição de água. A seguir seguem as fotos referentes aos blocos citados.



Figura 6.1 – Fotografia do Bloco 1 – Capela.
Fonte – Dados da pesquisa, 2007.



Figura 6.2 – Fotografia do Bloco 2 – Pronto socorro (prédio antigo).
Fonte: Dados da pesquisa, 2007.



Figura 6.3 – Fotografia do Bloco 3 – Internação (prédio novo).
Fonte – Dados da pesquisa, 2007.



Figura 6.4 – Fotografia do Bloco 4 – Maternidade
Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

A tabela 6.1 apresenta os setores identificados em cada bloco. O Bloco 2 e 3 são chamados respectivamente de prédio antigo e prédio novo devido às suas datas de construção.

Tabela 6.1 - Setores existentes em cada bloco

Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3 (prédio novo)	Bloco 4
Fisioterapia	Raio X	Setor Administrativo	Ambulatório
Capela	Pronto Socorro	Laboratórios de Análises Clínicas	Farmácia
	Ortopedia	Endoscopia	Oncologia
	Banco de Sangue	Centro Cirúrgico	Maternidade
	Hemodiálise	Clínica Cirúrgica	Berçário
	Lavanderia	Centro de Terapia Intensiva	
	Cozinha	Clínica Médica Particular	
	Manutenção	Clínica Médica Pública	
	Administração	Pediatria	

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

A figura 6.5 abaixo apresenta com maiores detalhes o esquema de abastecimento e distribuição de água do Hospital “Santa Casa de Misericórdia de Itajubá”.

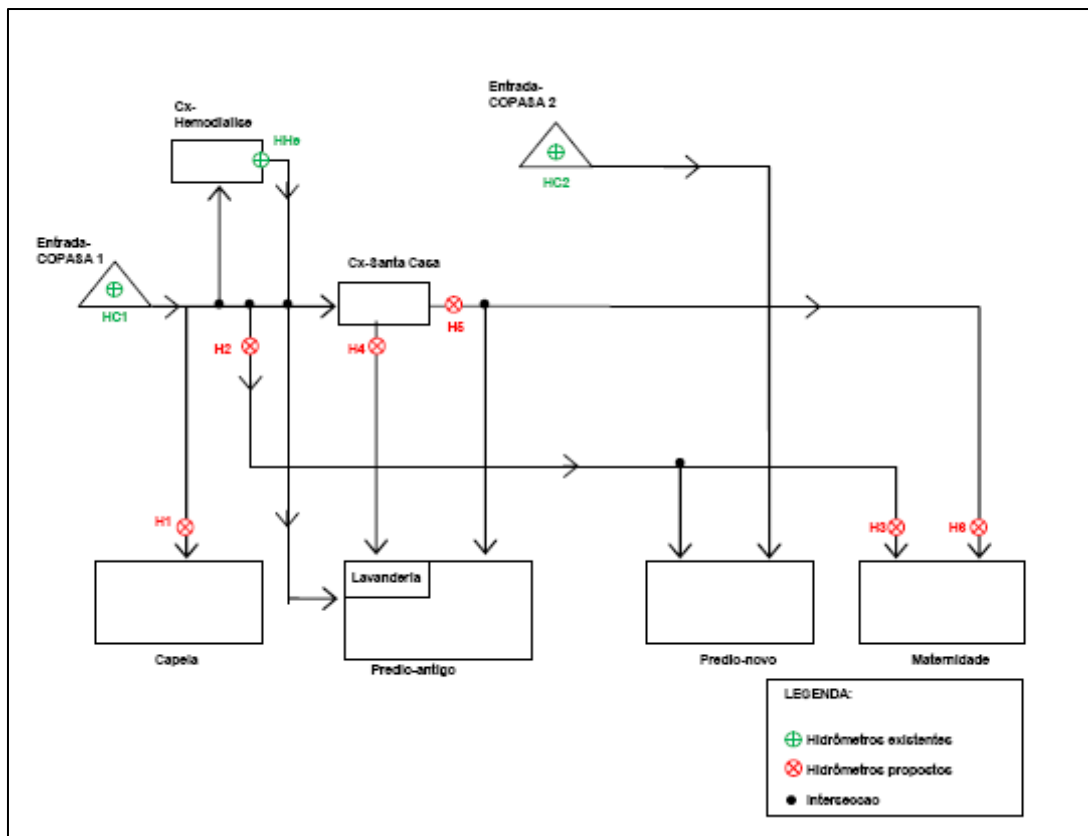


Figura 6.5 - Sistema de distribuição de água do Hospital Santa Casa de Misericórdia de Itajubá.

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

Os locais de instalação dos medidores H1, H2, H3, H4, H5 e H6 demonstrados na figura 6.5 fazem parte de uma proposta de medição setorizada. Porém, o empréstimo desses medidores não foi possível junto à concessionária de abastecimento.

Estão também demonstrados na figura 6.5 os pontos de entrada de água da concessionária de abastecimento (COPASA) através dos hidrômetros chamados de **Hc1** e **Hc2**, os reservatórios de água do hospital (Reservatório Santa Casa) e do setor da hemodiálise (Reservatório Hemodiálise). Existe também uma caixa d'água localizada na cobertura do bloco 3 (prédio novo) que não foi representada por estar no fim da linha de distribuição. Pode-se observar também no sistema de distribuição da água de abastecimento, que o volume de água que passa pelo hidrômetro Hc2 abastece somente o Bloco 3 que também é abastecido em parte pelo volume de água que chega pelo Hc1. O **Hhe** representa o hidrômetro existente na saída do reservatório que abastece todo o setor da hemodiálise, o qual é abastecido pelo Hc1. Nota-se que o Hc1 abastece tanto a hemodiálise quanto a lavanderia, que conforme visto anteriormente são grandes consumidores de água, logo, para uma melhor visualização do consumo de água do hospital foi adotado como **Hhosp1** o volume total de água que chega no hospital (Hc1+Hc2) menos o volume de água que abastece o setor da hemodiálise (Hhe), ou seja, o volume de **Hhosp1** é o consumo total de água pelo Hospital caso não existisse o consumo da hemodiálise.

E da mesma forma será adotado como **Hhosp2**, o volume total de água que chega no hospital (Hc1+Hc2) menos o consumo da hemodiálise (Hhe) e da lavanderia (Lav), ou seja, o volume de **Hhosp2** é o consumo de água total pelo Hospital excluindo-se o volume de água utilizado pelos setores da Hemodiálise e Lavanderia, logo, podemos dizer que:

$$Hhosp1 = Hc1 + Hc2 - Hhe \quad (V)$$

$$Hhosp2 = Hc1 + Hc2 - Hhe - Lav \quad (VI)$$

Através da consulta das contas de água referentes ao período de janeiro a dezembro de 2005, fornecidas gentilmente pela direção do hospital, pôde-se obter o consumo total de água no período de um ano e a média do consumo de água em m³/mês e por dia. A seguir apresenta-se na Figura 6.6 a distribuição do consumo de água mensal no período de um ano e na Tabela 6.2 os valores médios e totais consumidos:

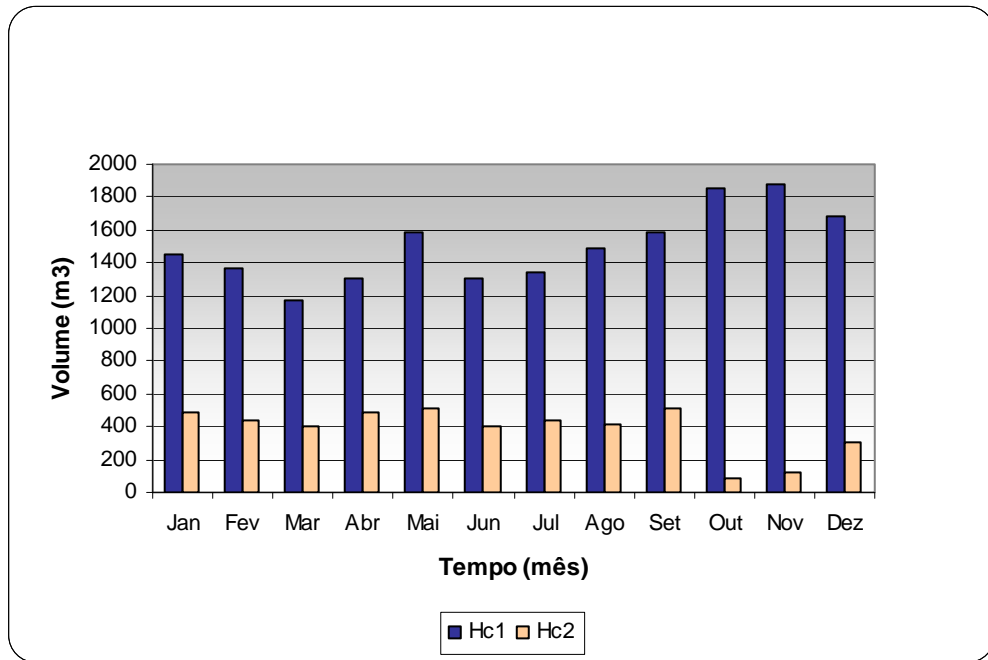


Figura 6.6 - Gráfico de consumo de água do hospital referente a um ano (hidrômetros Hc1 e Hc2).

Fonte - Dados da pesquisa, 2007.

Estes dados confirmam o alto consumo pelo Hc1, o qual abastece a hemodiálise e a lavanderia.

Tabela 6.2 - Contribuição dos hidrômetros no consumo total mensal do Hospital.

Hidrômetros	Volume			Blocos
	m ³ /ano	m ³ /mês	m ³ /dia	
Hc1	18.025,00	1.502,08	49,79	Bloco 1
				Bloco 2
				Bloco 3
				Bloco 4
Hc2	4.621,00	385,08	12,73	Bloco 3
Total	22.646,00	1.887,17	62,91	Todo Hospital

Fonte - Dados da pesquisa, 2007.

É importante lembrar que o setor da hemodiálise apresenta uma medição individual, pois já existe um hidrômetro instalado na saída de seu reservatório, o qual é abastecido pelo hidrômetro Hc1. Como o sistema de abastecimento da hemodiálise possuía um hidrômetro, utilizou-se a média histórica dos valores registrados para estimarmos o consumo mensal deste

sistema, ver tabela 6.3.

Tabela 6.3 - Média do consumo de água do setor da hemodiálise.

Hidrômetros	Volume (m ³ /mês)
Hhe	372.56
Hhosp1	1.514.61

Fonte - Dados da pesquisa, 2007.

Para melhor visualização da contribuição de cada hidrômetro no consumo mensal, a Figura 6.7 apresenta a porcentagem dos consumos referentes aos hidrômetros Hc1-Hhe, Hc2 e Hhe.

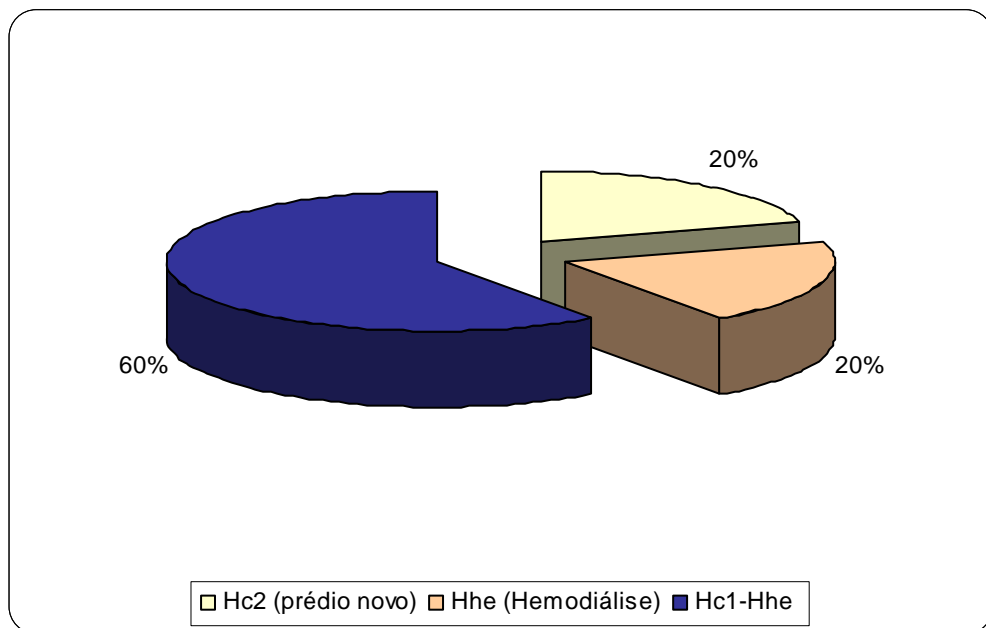


Figura 6.7 – Gráfico de contribuição individual de cada hidrômetro existente.
Fonte - Dados da pesquisa, 2007.

É importante ressaltar que a contribuição do Hc1 inclui o Bloco 1, Bloco 2 e Bloco 4, e ainda uma parcela do Bloco 3, nos quais estão localizados os setores citados na Tabela 6.1 (pág. 130). O Hc2 contribui somente com o abastecimento do Bloco 3 (prédio novo).

A Figura 6.8 mostra a significativa contribuição dos setores da hemodiálise e lavanderia no consumo de água do hospital, sendo que, a forma como foi obtido o consumo de água pela lavanderia está descrita na Etapa 2 deste capítulo.

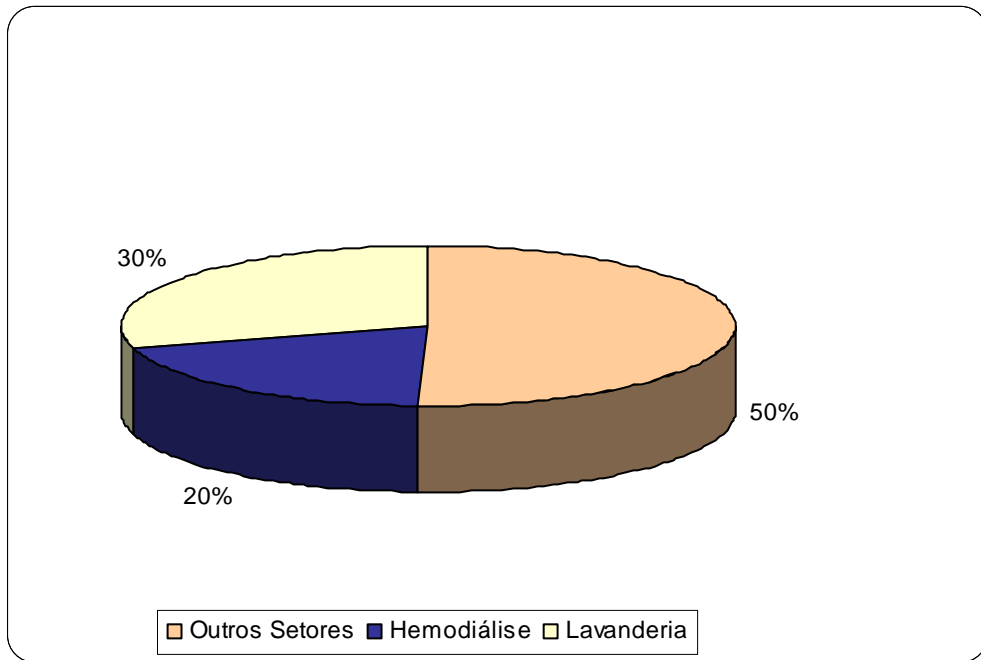


Figura 6.8 – Gráfico representação da média de consumo de água dos setores da hemodiálise e lavanderia com relação ao consumo médio Hospitalar.
Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

Com base nestes dados apresentados, verifica-se que realmente a hemodiálise e a lavanderia são as áreas mais críticas com relação ao consumo de água no Hospital, representando as duas juntas cerca de 50% do consumo total.

6.1.2 Caracterização do Efluente Hospitalar

Este item tem como objetivo de mostrar e confirmar algumas características dos efluentes hospitalares com relação há alguns parâmetros selecionados a partir do levantamento bibliográfico, os quais citam os tipos de substâncias que podem vir a ser encontradas. Sendo importante frisar que cada hospital apresenta suas características individuais, como por exemplo, setores existentes, tipos de atividades desenvolvidas tipos de produtos e medicamentos utilizados, etc; o que faz com que as características de seus efluentes variem muito de um hospital para o outro.

A caracterização geral do efluente hospitalar foi feita a partir de três amostras coletadas, sendo que cada uma foi coletada em três pontos diferentes. Os esgotos e efluentes

do Hospital “Santa Casa de Misericórdia de Itajubá” não são segregados, sendo que todas as correntes de efluentes e esgotos remanescentes dos diferentes setores, com diferentes tipos e concentrações de poluentes se juntam e são descartados diretamente em um curso d’água superficial. Os pontos onde foram feitas as coletas das amostras são referentes às três saídas existentes de descarte de efluente. Não foi possível a obtenção do projeto do sistema de coleta de esgoto junto ao Hospital mesmo porque muitas modificações ao longo dos anos foram feitas nestes de acordo com as necessidades e os projetos não estão atualizados. Os resultados das análises feitas, assim como os dados referentes aos padrões de lançamentos de efluentes nas coleções de águas, regulamentado pela deliberação normativa COPAM 010/86 e Resolução nº 20 do CONAMA para águas de Classe 2, para fins de comparação, estão apresentados na tabela 6.4.

Tabela 6.4 - Resultados das análises de caracterização do efluente Hospitalar.

Parâmetros Analisados	Saída 1	Saída 2	Saída 3	COPAM 010/86	CONAMA 20/86
Cádmio (mg.L ⁻¹)	0,5	0,5	0,5	≤ 0,1	≤ 0,001
Cálcio (ppm)	4	2,6	47	-	-
Cloro residual	0	0	0	-	-
DBO (mg O ₂ .L ⁻¹)	190	220	267	≤ 60	≤ 5
DQO (mg O ₂ .L ⁻¹)	404	845	456	≤ 90	-
Ferro(Fe ³⁺) (mg.L ⁻¹)	0,57	ND	0,58	≤ 10	-
Fósforo (fosfato, PO ₄ ³⁻) (mg.L ⁻¹)	5,08	1,17	2,48	-	≤ 0,025
Nitrato (mg.L ⁻¹)	0,7	3,3	3,9	-	≤ 10
Nitrito (mg.L ⁻¹)	0,014	0,018	0,005	-	≤ 1
Nitrogênio orgânico total (mg.L ⁻¹)	0,56	0,28	0,23	-	-
Óleos e graxas (mg.L ⁻¹)	131,7	78,5	1.317	≤ 20 e ≤ 50*	20 e 50*
Oxigênio dissolvido (mg O ₂ .L ⁻¹)	0,95	0,30	1,00	-	≥ 5
pH	8,63	6,26	6,98	6,5 a 8,5	6,0 a 9,0
Sólidos sedimentáveis (ml.h ⁻¹)	1,95	0,0	10	-	-
Sólidos suspensos (g.L ⁻¹)	0,4800	0,1033	0,1353	-	-
Sólidos dissolvidos (g.L ⁻¹)	0,3093	0,6227	2,3927	-	≤ 0,500
Sólidos totais (g.L ⁻¹)	0,5460	1,0027	5,0010	-	≤ 0,250
Sólidos voláteis (g.L ⁻¹)	0,176	0,2827	3,645	-	-
Sulfato (mg.L ⁻¹)	40	26	28	-	≤ 250
Turbidez (NTU)	55,9	164	45,0	-	≤ 100

* mineral e animal

Fonte: Dados da pesquisa, 2007.

6.1.3 Indicadores de Consumo de Água

Na tabela 6.5 são apresentados os dados utilizados e resultados obtidos para o cálculo dos indicadores de consumo feito através do uso da Expressão (I) citada na página 114. Metodologia:

Tabela 6.5 - Indicadores de consumo do Hospital.

Hidrômetro	Consumo (m ³ /mês)	Indicadores de consumo (l/leito/dia)
Consumo do Hospital (Hc1+Hc2)	1.887,17	1.116,73 a
Consumo do Hospital excluindo-se a Hemodiálise (Hhosp1)	1.514,60	896,27 b
Consumo do Hospital excluindo-se a Hemodiálise e a*Lavanderia (Hhosp2)	953,44	564,20 c

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

* Para a obtenção do volume consumido na lavanderia foi necessário o cálculo do consumo de água na lavanderia, o qual foi obtido no item 6.2, a seguir.

Com relação aos resultados obtidos, referentes aos indicadores de consumo do Hospital “Santa Casa de Misericórdia de Itajubá”, pode-se dizer que o indicador de consumo (a) está muito acima do valor teórico citado por Kümmerer (2001), o qual cita que para hospitais em países em desenvolvimento a média de consumo é de 500 l/leito/dia, porém o valor obtido em (a) inclui o consumo da hemodiálise e lavanderia. Já o indicador de consumo (c) o qual foi calculado excluindo-se o consumo da lavanderia e hemodiálise apresentou valor 564,20 l/leito/dia, sendo próximo à média de consumo citado por Kümmerer (2001).

Neste trabalho, porém, com relação ao consumo de água será considerado o setor da Hemodiálise como sendo à parte do consumo total de água do Hospital, considerando então, como indicador de consumo (b), para que posteriormente se compare este IC(b) com um novo indicador de consumo empregando o reuso de água na lavanderia. Será citado, portanto, os consumos de outros setores, porém apenas com o objetivo de comparação, pois, como se sabe o objetivo final deste trabalho é a análise da possibilidade de aplicação do reuso de águas servidas provindas dos setores da hemodiálise e lavanderia.

6.2 ETAPA 2: DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS SELECIONADOS

Nesta etapa serão descritos, portanto, os processos da lavanderia e hemodiálise com o objetivo de se obter um conhecimento específico sobre estes.

6.2.1 Lavanderia

A lavanderia do hospital é composta por duas máquinas de lavar horizontal da marca INEQUIL, sendo uma delas com capacidade de 50 Kg (Máquina A) e outra com capacidade de 26 Kg (Máquina B). No entanto, a Máquina A opera com capacidade reduzida para 36 Kg devido ao seu tempo de vida.



Figura 6.9 – Fotografia da Máquina A.
Fonte - Dados da pesquisa, 2007.

A Máquina A lava roupas com grau de sujeira do tipo pesada e super pesada e a Máquina B com capacidade de 26 Kg lava apenas roupas com grau de sujeira leve, estas definições encontram-se nas páginas 82 e 83.



Figura 6.10 - Fotografia da Máquina B.
Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

As tabelas 6.6 e 6.7 representam de forma esquemática os processos de lavagem das Máquinas A e B, respectivamente.

Tabela 6.6 - Processo de lavagem de roupa com grau de sujeira pesada e super pesada.

Fases	Etapas	T (min.)	Nível de água	Produtos químicos adicionados
Pré-lavagem	*0→ Enxágüe	3	A	-
	1→ Lavagem	3	B	Detergente (PROFI)+ Detergente (SU169)
	2→ Enxágüe	1	A	-
	3→ Enxágüe	1	A	-
	4→ Enxágüe	1	A	-
Lavagem automática	5→ Lavagem	10	B	Detergente (PROFI)+ Detergente (SU169)
	6→ Lavagem	10	B	Detergente (PROFI)
	7→ Lavagem	15	B	Desinfetante (HYPO)
	8→ Enxágüe	2	A	-
	9→ Enxágüe	2	A	-
	10→ Amaciamento	4	A	Neutralizador (CID) + Amaciante (COMFORT)

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

*Esta etapa é realizada somente quando a roupa está com grau de sujeira super pesada.

Os níveis A e B representam respectivamente o nível Alto e Baixo de operação da máquina PROFI, SU169, HYPO e CONFORT representam os produtos químicos adicionados.

Tabela 6.7 - Processo de lavagem de roupa com grau de sujeira leve.

Fases	Etapas	T (min)	Nível de água	Produtos químicos adicionados
Lavagem automática	1→ Lavagem	10	B	Detergente (PROFI)
	2→ Lavagem	12	B	Desinfetante (HYPO)
	3→ Enxágüe	2	A	-
	4→ Amaciamento	4	A	Neutralizador (CID) + Amaciante (COMFORT)

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

A tabela 6.8 apresenta as características dos processos de lavagem para cada máquina:

Tabela 6.8 - Características técnicas das máquinas.

	Máquina A		Máquina B	
	Alto (A)	Baixo(B)	Alto (A)	Baixo(B)
Capacidade (kg)	36		26	
Nível da água	Alto (A)	Baixo(B)	Alto (A)	Baixo(B)
Consumo por etapa (L)	300	250	210	170
Número de etapas por lavagem	6	4	2	2
Consumo por lavagem (L)	1800	1000	420	340
Consumo total por lavagem (L)	2800		760	

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

Utilizando-se os dados citados na tabela 6.8, foi estimada a demanda de água requerida pela lavanderia no ano de 2005, através dos dados históricos referentes à quantidade

de roupas lavadas neste mesmo ano, o qual foi de 126.029kg. Os pesos médios das roupas por mês com os diferentes graus de sujeira estão apresentados na Tabela 6.9.

Tabela 6.9 - Média do peso de roupa lavada por mês no ano de 2005 para os diferentes graus de sujeira.

	Média Mensal de Roupas Lavadas (kg)		
	Super Pesada e Pesada	Leve	Total
Média (kg/mês)	5.235,44	5.266,98	10.502,42
Média (kg/dia)	174,51	175,57	350,08

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

Conforme a média de roupas lavadas no mês, registrado pelo setor responsável pela estatística do hospital, e, a confirmação destes números com os funcionários do setor da lavanderia do hospital, foi adotada para este estudo que, a média do número de lavagens realizadas por dia, por cada máquina, é de respectivamente, 5 e 7 (Máquina A e Máquina B, respectivamente) para roupas com sujeira super pesada, pesada e leve. O uso da etapa 0 realizada pela Máquina A, segundo responsável pelo setor é muito variável e o Hospital não obtinha informações quanto ao uso desta. Portanto, neste trabalho será considerado que esta etapa sempre utilizará a água fornecida pela concessionária.

A quantidade teórica de roupa lavada por dia também pode ser calculada, conforme a Expressão (II) citada na página 116, sendo que o valor adotado para a carga de roupa lavada devido às características do hospital em estudo foi o equivalente a 6 kg/leito/dia, a jornada de trabalho de sete dias por semana e a média do número de leitos ocupados no período (ano de 2005) conforme dados estatísticos, foi de 56 leitos/mês.

O resultado obtido foi de **336 kg de roupas lavadas por dia**, valor este próximo ao valor calculado através do registro dos dados históricos realizados pelo próprio hospital. Porém, para o cálculo do consumo de água do período estudado será utilizado os dados históricos registrados pelo Hospital.

6.2.1.1 Cálculo do consumo de água pela lavanderia

Com os dados médios de roupas lavadas por mês e sabendo-se o consumo de água total por lavagem, é possível estimar o consumo de água na lavanderia por mês, através do uso da Expressão (III) citada na página 117, cujo resultado está apresentado na tabela 6.10.

Tabela 6.10 - Consumo médio de água na Lavanderia no ano de 2005.

	Máquina A (Sujeira pesada)	Máquina B (Sujeira leve)	Unidades
Média do consumo de água na lavanderia no ano de 2005	425,6	161,73	m ³ /mês
	587,33		m ³ /mês
	14	5,32	m ³ /dia
	19,32		m ³ /dia

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

Pode-se observar, diante desses valores, que a contribuição do consumo médio da lavanderia para a média de consumo registrado pelo Hc1-Hhe é de quase 50%. É interessante notar também, como é demonstrada na Figura 6.11, a contribuição do consumo da lavanderia em relação ao consumo do hospital (Hhosp1).

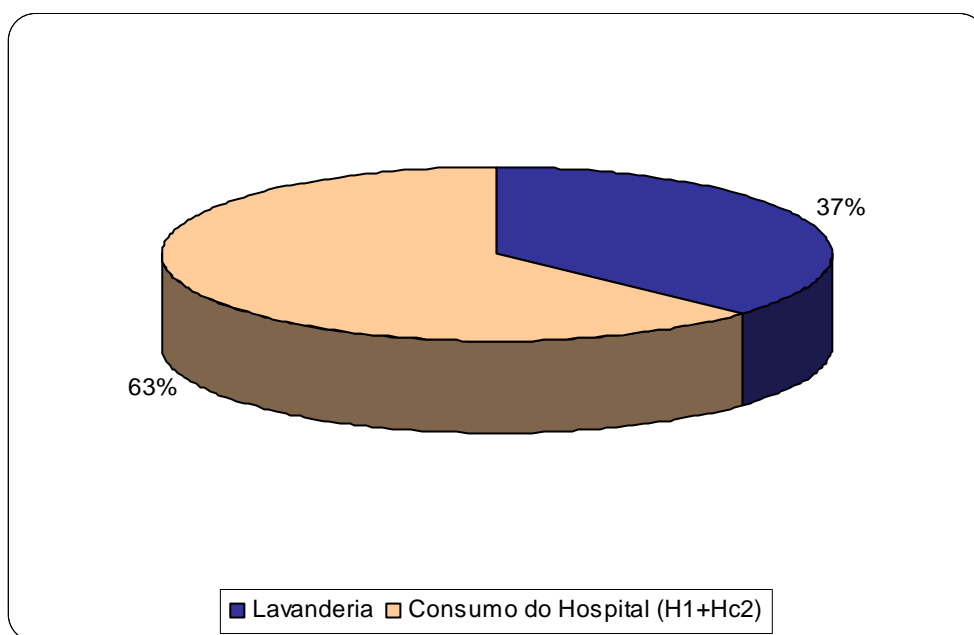


Figura 6.11 – Gráfico de representatividade do consumo de água da lavanderia em relação ao consumo de água do Hospital.

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

Uma tentativa de se obter valores mais precisos sobre o consumo da lavanderia foi feita através do uso de um medidor de vazão ultra-sônico, contudo os valores registrados pelo equipamento não foram utilizados devido à incoerência dos valores apresentados. Portanto, serão utilizados apenas os valores teóricos do consumo da lavanderia baseado nos registros da quantidade de roupas lavadas mensalmente.

Devido ao fato dos dados relativos à demanda de água pela lavanderia poderem estar desatualizados, principalmente devido à mudança da quantidade média de roupa lavada, durante a realização das visitas técnicas foi efetuado um levantamento e estes dados confirmaram que a demanda média de uso diário é de cinco e sete vezes para as Máquinas A e B, respectivamente, a demanda média diária de água das duas máquinas está representado na Tabela 6.11.

Tabela 6.11 - Demanda de água por etapas das Maquinas A e B.

Etapas	Demanda Máquina A (l/dia)^a	Umidade Incorporada (l/dia)	Efluente Gerado (l/dia)	Demanda Máquina B (l/dia)^a	Umidade Incorporada (l/dia)	Efluente Gerado (l/dia)
1- Enxágüe	1.250	162 _b	1.088	1.190	164 _b	1.026
2- Lavagem	1.500	-	1.500	1.190	-	1.190
3- Enxágüe	1.500	-	1.500	1.470	-	1.470
4- Enxágüe	1.500	-	1.500	1.470	-	1.470
5- Lavagem	1.250	-	1.250	-	-	-
6- Lavagem	1.250	-	1.250	-	-	-
7- Lavagem	1.250	-	1.250	-	-	-
8- Enxágüe	1.500	-	1.500	-	-	-
9- Enxágüe	1.500	-	1.500	-	-	-
10- Amaciamento	1.500	-	1.500	-	-	-
Total	14.000	-	13.838	5.320	-	5.156

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

a –As demandas de água são valores fornecidos pelo manual técnico da máquina o qual se refere a cada lavagem, porém os valores apresentados estão multiplicados pelo número (médio) de vezes por dia em que as máquinas entram em funcionamento.

b – O valor da umidade incorporada multiplicado pelo número de lavagens por dia.

Estas lavadoras de roupa não apresentam o processo de centrifugação, portanto a umidade incorporada na roupa foi calculada através de diversas pesagens da roupa seca e depois encharcada escorrida somente por ação da gravidade. O valor médio obtido foi de 0,9L

de água incorporada para 1 Kg de roupa seca. Pode-se deduzir então que para a máquina A, a umidade incorporada em 36 Kg de roupa a partir da primeira etapa será de 32,4 litros e este valor se manterá de uma forma contínua até a etapa final e da mesma forma para a Máquina B, o qual a umidade incorporada nos 26 Kg de roupa será de 23,4 litros. O mesmo, portanto, irá interferir no volume de efluente gerado somente da primeira etapa, pois a máquina nas etapas seguintes continuará adicionando o mesmo volume de água citado no manual técnico das lavadoras e os volumes de água contida na roupa não irão mudar até o final do processo de lavagem, já que em todas as etapas a água que sai da máquina é somente através da força da gravidade.

6.2.1.2 Caracterização da água utilizada na lavanderia

A água utilizada tanto pela lavanderia quanto pela hemodiálise, assim como para todo Hospital, é a água provida da concessionária (COPASA) a qual deve seguir os padrões de qualidade para água potável definidos na portaria nº518 de 2004. Através da consulta ao responsável técnico da COPASA em Itajubá, foram obtidos os valores médios de alguns parâmetros da água tratada pela mesma, a qual segue na tabela 6.12.

Tabela 6.12 - Características da água proveniente da concessionária.

Parâmetros	Alcalinidade (mgCaCO ₃ /l)	Dureza (mgCaCO ₃ /l)	pH	Turbidez (UNT)	Sólidos Totais (mg/l)	Sólidos Dissolvidos (mg/l)
Valores Médios	40	60	7,0	0,82	15	0

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

Importante lembrar que os padrões ideais ou concentrações máximas e mínimas, segundo, VAN GILS et al. (1985) apud MANCUSO & SANTOS (2003) e BRASIL (2007), permitidas para a qualidade necessária da água, que serão levados em consideração para o estudo da aplicação para o reuso neste trabalho encontram-se na Tabela 3.7 na página 91.

6.2.1.3 - Caracterização dos efluentes da lavanderia

Importante frisar que a caracterização dos efluentes com relação a alguns parâmetros só foi possível devido à disponibilização de recursos financeiros obtidos junto a CAPES. Como pôde ser visto o processo da lavagem de roupa inclui diversas etapas, sendo que, nestas etapas são gerados efluentes com características diferentes, portanto foi feita a caracterização destas diferentes correntes de efluentes coletando-se uma amostra na saída de cada uma destas correntes referentes à Máquina A.

Em uma estimativa inicial, conforme visto na revisão bibliográfica, o qual cita a variedade de poluentes que poderiam estar presentes nestes tipos de efluentes nos mostra que a caracterização completa do efluente seria muito onerosa, de modo que a escolha da estratégia a ser utilizada neste trabalho levou em consideração, inicialmente, alguns parâmetros principais e/ou críticos com base nos conhecimentos adquiridos através da revisão bibliográfica e visitas técnicas.

A escolha dos parâmetros para as análises foi influenciada também pelas principais restrições existentes nas bibliografias consultadas, os quais citam as concentrações máximas com relação a alguns parâmetros para que estes não interfiram na qualidade da lavagem de roupa. A Tabela 6.13 apresenta os resultados encontrados para os parâmetros analisados:

Tabela 6.13 - Análises de amostras de efluentes providos da Máquina A.

Etapas	Alcalinidade (mgCaCO ₃ /l)	Dureza (mgCaCO ₃ /l)	pH	Turbidez (UNT)	Sólidos Totais (mg/l)	Sólidos Dissolvidos (mg/l)	Sólidos Suspensos (mg/l)
1	164,0 ↓	15,5 ↓	10,0 ↑	55,2 ↑	1045,6	1017,6 ↑	28,0 ↑
2	110,0 ↓	15,0 ↓	8,3 ↑	43,0 ↑	3,5	3,4 ↓	0,1 ↓
3	35,0 ↓	14,4 ↓	7,8 ↑	28,0 ↑	0,0	0,0 ↓	0,0 ↓
4	26,0 ↓	14,2 ↓	7,6 ↑	24,5 ↑	0,0	0,0 ↓	0,0 ↓
5	354,8 ↑	11,7 ↓	11,0 ↑	58,5 ↑	497,5	472,2 ↓	25,3 ↑
6	277,3 ↑	5,2 ↓	10,8 ↑	43,5 ↑	307,5	279,5 ↓	28,0 ↑
7	374,7 ↑	14,3 ↓	10,7 ↑	44,8 ↑	945,0	875,0 ↑	70,0 ↑
8	142,7 ↓	11,7 ↓	10,0 ↑	21,6 ↑	242,5	214,5 ↓	28,0 ↑
9	66,0 ↓	16,9 ↓	9,3 ↑	14,4 ↑	40,0	16,0 ↓	24,0 ↑
10	0,0 ↓	25,9 ↓	3,3 ↓	25,1 ↑	85,6	66,9 ↓	18,7 ↑

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

* Os símbolos ↑ e ↓ significam, respectivamente, valor acima e abaixo do valor máximo recomendado.

*As linhas em azul representam as correntes de efluentes propostas para a reutilização, as quais serão justificadas na Etapa 3.

Estas análises foram feitas pelo laboratório de química da UNIFEI (LACONFIQ). A seguir seguem as Figuras 6.12 e 6.13, contendo o gráfico para melhor visualização da variação dos valores dos parâmetros analisados entre as etapas de lavagem.

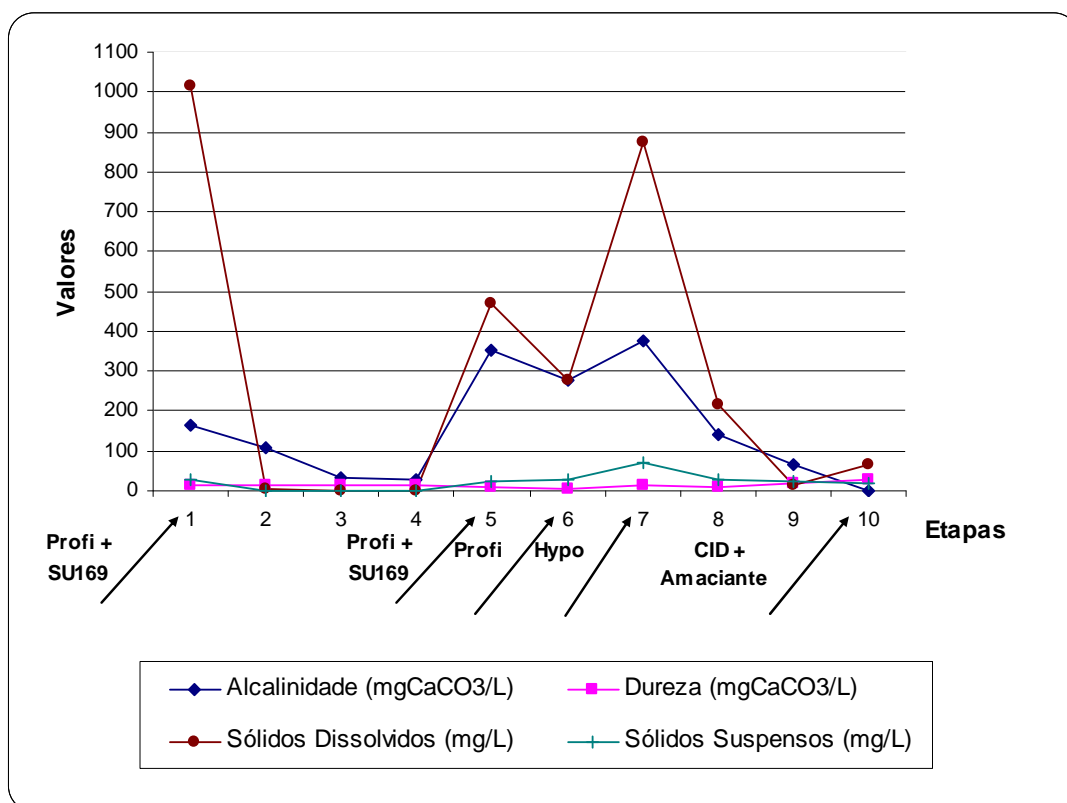


Figura 6.12 - Gráfico dos valores obtidos das concentrações de poluentes em cada etapa de lavagem de roupa.

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

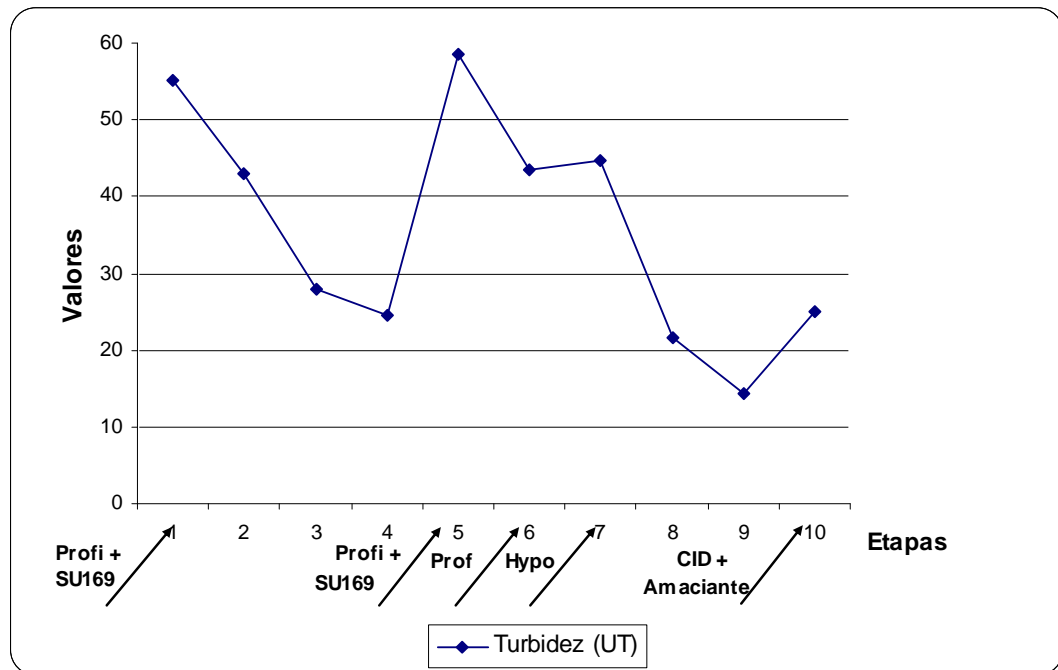


Figura 6.13 - Gráfico dos valores obtidos das concentrações de turbidez em cada etapa de lavagem de roupa.
Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

Pode-se observar nos gráficos acima que o aumento das concentrações está diretamente ligado com as adições dos produtos químicos, seja pela composição dos mesmos ou mesmo pela sujeira que são retiradas da roupa. As etapas que não são adicionados produtos são as etapas de enxágües e, portanto, nota-se que os efluentes destas apresentam uma queda das concentrações significativa com relação aos parâmetros analisados, este fato é ocasionado devido a significativa diluição ocasionada com a entrada da água de enxágüe.

Importante ressaltar que foram feitas análises de coliformes fecais, termotolerantes e *Escherichia coli*, no efluente da etapa 4, etapa na qual ainda não havia sido feito a desinfecção da roupa e para o efluente da etapa 10, passado pela desinfecção com o produto HYPO (5 - 15% de hipoclorito de sódio) citado anteriormente, porém os resultados encontrados, ver ANEXO A, para estas amostras foram contraditórios o que fez com que fossem considerados inconsistentes, e a repetição destas análises não foi possível.

6.2.2 Hemodiálise

Nesta seção serão abordadas as informações referentes ao cálculo do consumo de água na hemodiálise, bem como a caracterização do concentrado da hemodiálise.

6.2.2.1 Cálculo do consumo de água na hemodiálise

Como o sistema de abastecimento da hemodiálise possuía um hidrômetro, utilizou-se a média histórica dos valores registrados para estimarmos o consumo mensal deste sistema (ver tabela 6.3, na página 133).

O processo de purificação por osmose reversa não é 100 % eficiente, desse modo, desenvolveu-se uma forma de quantificar o descarte mensal do concentrado da hemodiálise. Estes valores são apresentados na Tabela 6.14 e comparados com os dados do histórico de eficiência do equipamento responsável pelo controle do sistema de tratamento.

O sistema de purificação está ilustrado nas figuras 6.14, 6.15 e 6.16.



Figura 6.14 – Fotografia do Sistema de purificação da hemodiálise (deionizador, abrandador, filtro de carvão ativado e osmose reversa).

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.



Figura 6.15 – Fotografia do equipamento de osmose reversa.
Fonte - Dados da pesquisa, 2007.



Figura 6.16 – Fotografia do reservatório de água purificada após osmose reversa.
Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

Os valores obtidos pelos dados históricos de eficiência do equipamento são mostrados na Tabela 6.14:

Tabela 6.14 - Valores médios obtidos a partir do histórico de eficiência do equipamento da osmose reversa.

Tempo médio de funcionamento da osmose reversa	Valor médio de descarte	Valor médio do volume de água aprovado	Valor médio total	Eficiência
25,3 dias/mês	760 litros/hora	1.163 litros/hora	1.923 litros/hora	60,5 %

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

A eficiência do equipamento em termos de litros/hora para água aprovada e descartada ao longo do tempo pode ser ilustrada como na figura 6.17.

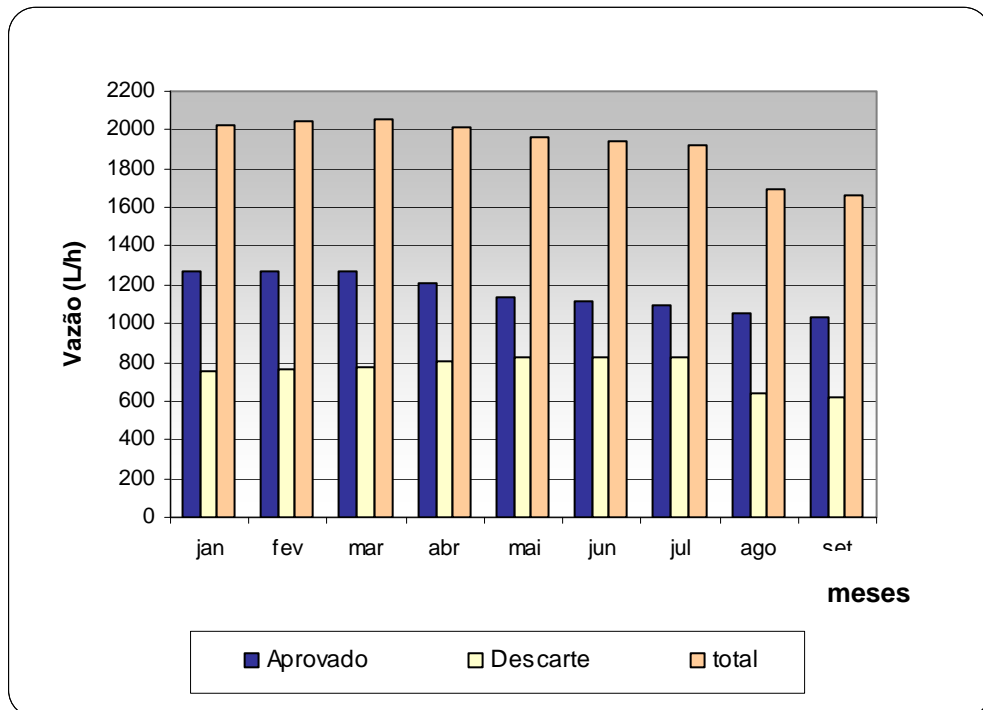


Figura 6.17 - Variações da eficiência do sistema de purificação da água tratada.
Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

Por meio dos registros históricos de eficiência do aparelho de purificação de água, a eficiência média do sistema foi de 60,5%, e para uma média de 1.163 litros/hora de água purificada são descartados 760 litros/hora (concentrado da hemodiálise). Contudo com a necessidade de se quantificar o volume mensal descartado pelo sistema, e não se tendo a informação do tempo de operação do equipamento, foi necessário o acompanhamento de um dos turnos da hemodiálise para estimarmos o tempo de operação do equipamento.

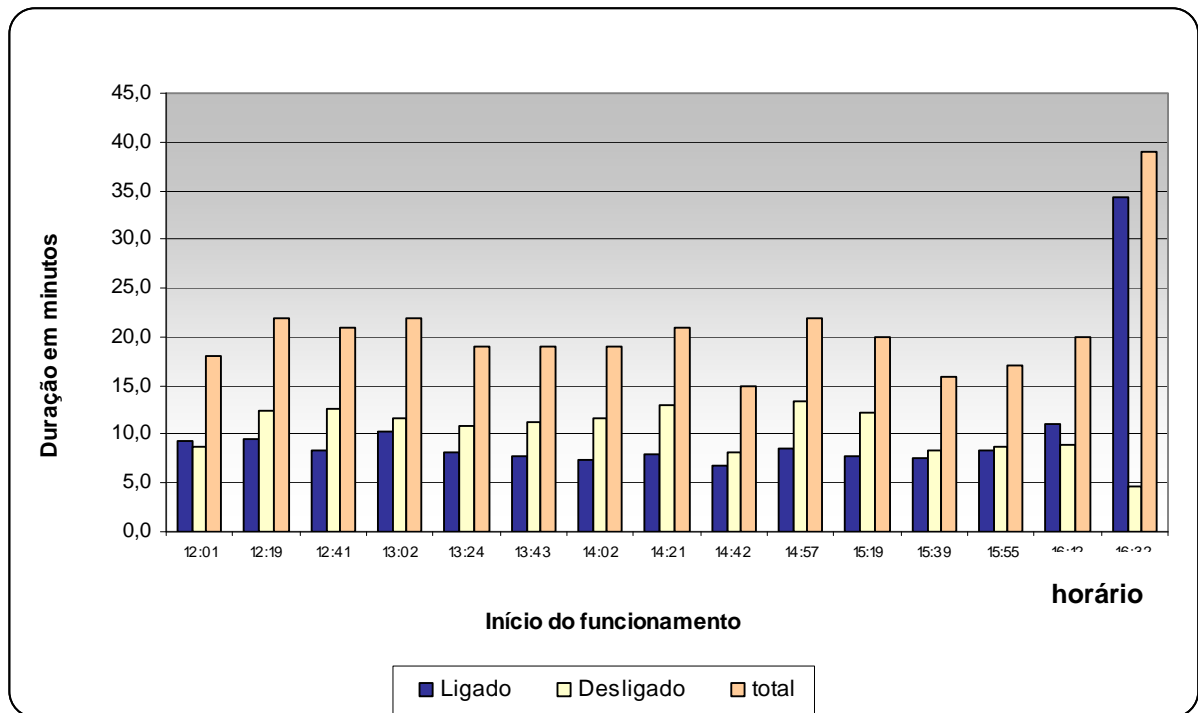


Figura 6.18 - Tempos de operação de osmose.
Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

Na Figura 6.18 são mostrados os tempos que o equipamento de osmose ficou em operação, os momentos em que este foi acionado, juntamente com o tempo que ficou inoperante entre os acionamentos, e o tempo total. O sistema de hemodiálise opera em 3 (três) turnos por dia, de segunda a sábado.

O tempo de operação do equipamento sofre uma grande alteração no final do turno devido à limpeza das máquinas, e lavagem dos capilares. Quando o nível do reservatório da água purificada atinge o nível de 900 litros, o sistema de purificação entra em funcionamento até que o nível de 1.000 litros no reservatório seja atingido. Desse modo ocorrem sucessivos acionamentos do equipamento ao longo dia.

Após o levantamento do tempo de operação do sistema de tratamento da hemodiálise foi possível prever o volume mensal de descarte produzido desde que se conheça a vazão de descarte.

Para a quantificação da vazão de descarte foi utilizado um reservatório com capacidade de 20 litros, graduado de 1 em 1 litro por meio de um Becker, e registrados os tempos para os volumes de 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 16 litros.

O tempo total de funcionamento da osmose no turno é de 2,6 horas com uma vazão de descarte de 612 l/h, ou seja, o volume de descarte por turno, por dia e por mês funcional correspondem respectivamente à 1,59 m³, 4,77m³ e 120,7m³. Portanto a vazão média da água de descarte do concentrado do sistema de purificação de água da hemodiálise pôde ser obtida.

6.2.2.2 Caracterização do concentrado da hemodiálise

Foi feita apenas a coleta de uma amostra de forma aleatória, na saída do sistema de descarte do processo de purificação de água para a hemodiálise. Os parâmetros selecionados foram os mesmos utilizados para a caracterização do efluente da lavanderia, na Tabela 6.15 encontra-se o resultado parcial, e no Anexo A, o laudo completo.

Tabela 6.15 - Característica do concentrado da Hemodiálise.

Parâmetros	Alcalinidade (mgCaCO ₃ /l)	Dureza (mgCaCO ₃ /l)	pH	Turbidez (UNT)	Sólidos Totais (mg/l)	Sólidos Dissolvidos (mg/l)
Concentrado da Hemodiálise	164,0 ↓	15,5 ↓	10,0 ↑	55,2 ↑	1.045,6	1.017,6 ↑

* Os símbolos ↑ e ↓ significam, respectivamente, valor acima e abaixo do valor máximo recomendado.

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

6.3 ETAPA 3: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REUSO DE ÁGUA

A aplicação do reuso pode ser de duas formas distintas, conforme já apresentado na metodologia, o reuso em cascata e o reuso após tratamento, a seguir segue a análise da possibilidade de aplicação para estes dois tipos de reuso.

Como se sabe, primeiramente, deve ser feita a análise da possibilidade de aplicação do reuso em cascata e em seguida, caso ainda seja necessário, o estudo da possibilidade de aplicação do reuso após o tratamento.

6.3.1 Fase 1: Avaliação do potencial de reuso em cascata

Neste caso o efluente de uma ou mais etapas de lavagem e/ou do concentrado descartado da hemodiálise poderiam ser reutilizados diretamente em uma ou mais etapas de lavagem, uma vez que estes efluentes atendam aos requisitos de qualidade para o uso.

Sabe-se que para ter uma melhor margem de segurança com relação ao reuso, os efluentes devem ser muito bem caracterizados incluindo-se a análise de diversos parâmetros e de diversas coletas feitas em diferentes períodos, para se saber inclusive a diversificação da composição do efluente com relação à variação sazonal.

No entanto, a identificação e caracterização dos efluentes produzidos numa lavanderia hospitalar, onde há processos de transformações como reações químicas tornam esta caracterização bastante complexa e onerosa, pois, além da grande variedade de sujeiras presentes nas roupas (ver item 3.2.2) provindos das diversas atividades realizadas em um hospital, ainda há a presença dos próprios produtos químicos utilizados na lavagem da mesma.

A estratégia de reuso utilizada teve como princípio de estudo a definição feita sobre o *reuso parcial de efluentes* (item 5.3.1), levando-se em consideração as diversas correntes de efluentes geradas no processo de lavagem de roupa e a tendência da diminuição exponencial das concentrações de poluentes conforme a realização das etapas de enxágües pelas máquinas de lavar roupa. Com base neste fato as correntes de efluentes indicadas para o reuso foram as correntes provenientes essencialmente das etapas de enxágües, já que a concentração de poluentes presentes nestes tendem a ser menor, fato este que pode ser comprovado através dos resultados das análises feitas *in loco* (ver gráfico da figura 6.12 e 6.13, localizados respectivamente nas páginas 145 e 146).

Conforme os critérios acima as correntes de efluentes selecionadas para o reuso foram das etapas 3, 4, 8 e 9 da Máquina A (ver tabela 6.6 na página 138 e 6.13 na página 144)

e as etapas escolhidas para a aplicação do efluente de reuso foram as etapas 1, 2, 5, 6, 7 e 8 da mesma máquina e nas etapas 1 e 2 da Máquina B. Nas etapas escolhidas para a aplicação da água de reuso não ocorrem os enxágües, exceto a etapa 8 que no entanto não apresentou influência significativa no aumento da concentração do SDT (Sólidos dissolvidos totais), o qual será calculado no próximo item, na Figura 6.23 na página 160 é possível visualizar o esquema de reuso proposto.

Para a prática do reuso em cascata foram comparadas as características físico-químicas das correntes de efluentes selecionadas (Tabela 6.13 ver página 144) com as restrições recomendadas descritas (Tabela 3.7 ver página 91) e pôde-se concluir que os efluentes da lavanderia e da hemodiálise não devem ser reutilizados diretamente sem nenhum tratamento prévio e nem como substituição total ou parcial da fonte de abastecimento para nenhuma das etapas de lavagem, isto porque, dentre os parâmetros analisados alguns deles, tais como a turbidez, dureza e sólidos suspensos apresentaram-se não adequados com relação aos critérios de qualidade da água utilizada para a lavanderia e, portanto, para que não haja perda na qualidade de lavagem da roupa a opção de reuso em cascata com substituição total ou parcial da fonte de abastecimento não deverá ser aplicado. As figuras, 6.19 e 6.20, contêm os gráficos que demonstram a impossibilidade do reuso em cascata, devido ao fato exposto neste mesmo parágrafo.

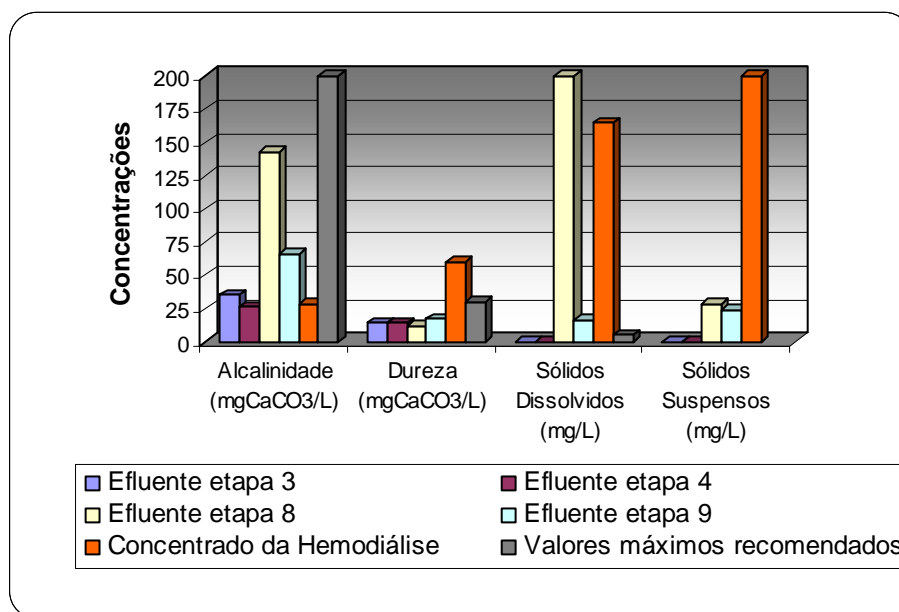


Figura 6.19 - Gráfico comparativo dos parâmetros restritivos com os valores das análises obtidas.

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

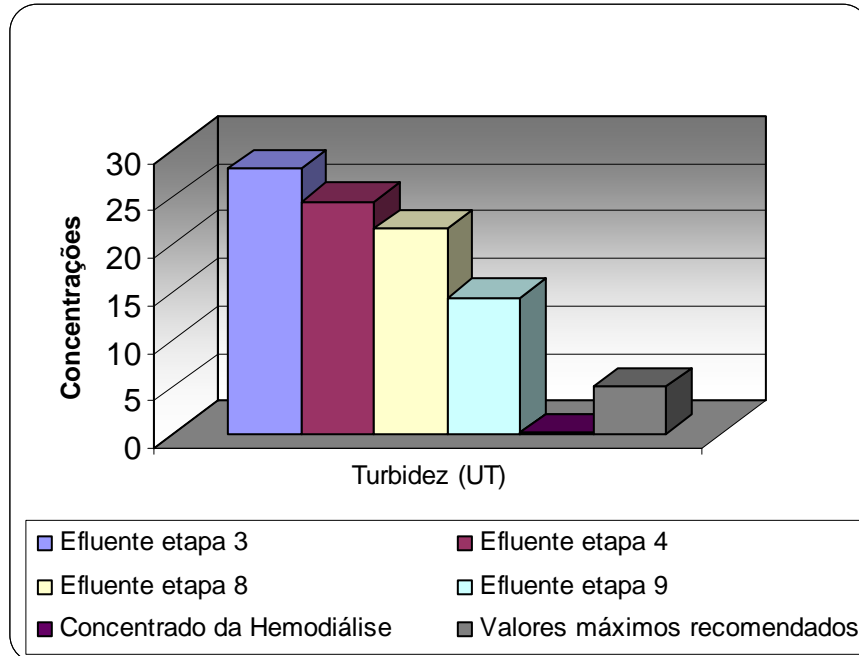


Figura 6.20 - Gráfico comparativo do parâmetro restritivos com os valores das análises obtidas.
Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

Foram calculadas as concentrações resultantes, se caso todas as correntes de efluentes selecionadas fossem armazenadas em um único reservatório chamado de Reservatório A, através de um simples balanço de massa as novas concentrações teóricas com relação aos parâmetros analisados foram obtidas (ver tabela 6.16). A partir destes novos valores, foi realizada uma nova comparação com os valores das restrições adotadas para este estudo (ver Figura 6.21 na página 155), porém o efluente resultante também não apresentou características adequadas para o reuso em cascata. Segue abaixo, a expressão utilizada para o cálculo das novas concentrações:

$$C_{RA} = \frac{(Q_{HE} \times C_{HE} + Q_{Etapa3} \times C_{Etapa3} + Q_{Etapa4} \times C_{Etapa4} + Q_{Etapa8} \times C_{Etapa8} + Q_{Etapa9} \times C_{Etapa9})}{Q_{RA}} \quad (VII)$$

Onde,

C_{RA} – Concentração no Reservatório A

Q_{RA} – Volume de efluente total no Reservatório A

Q_{HE} – Volume efluente hemodiálise

C_{HE} – Concentração do poluente no efluente da hemodiálise

Tabela 6.16 - Concentrações resultantes da junção das correntes de efluentes selecionada para o reuso.

Reservatório A	Concentrações Teóricas
Alcalinidade (mg _{CaCO3} /l)	49↓
Dureza (mg _{CaCO3} /l)	36↓
pH	9↓
Turbidez (UNT)	12↑
Sólidos Totais(mg/l)	336
SDT(mg/l)	105↓
SST(mg/l)	227↑

Fonte – Dados da pesquisa, 2007

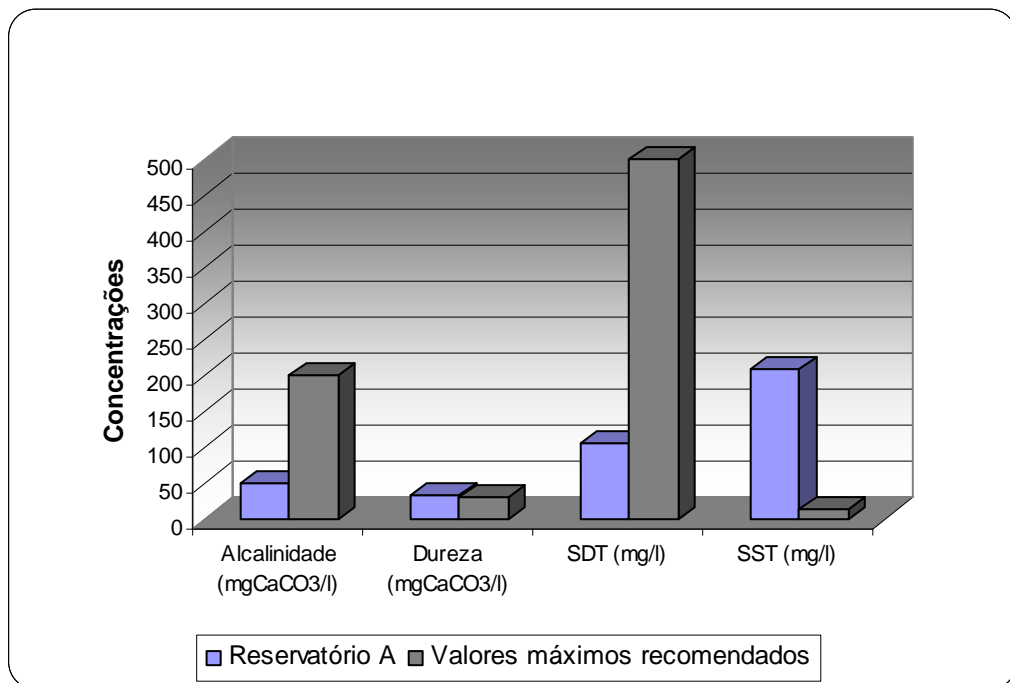


Figura 6.21 - Gráfico comparativo entre os parâmetros restritivos com os valores das concentrações calculadas para o Reservatório A.

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

Conforme o gráfico da figura 6.21 e tabela 6.16 pode-se observar que os parâmetros de sólidos suspensos e turbidez ultrapassam as concentrações máximas recomendadas.

É importante frisar que com relação às características microbiológicas, conforme visto no item 2.1.2, muitos pesquisadores vêm estudando sobre a diversidade de bactérias e formas esporuladas encontradas nos efluentes hospitalares e ainda a presença de bactérias resistentes a antibióticos. Porém, este estudo não entrará em detalhes com relação à caracterização microbiológica apesar da fundamental importância desta, fato este que será também um dos fatores determinantes na impossibilidade do reuso em cascata, pois conforme visto na revisão bibliográfica citada porque apesar da fraca concentração da flora bacteriana que se encontra abaixo das concentrações de um esgoto urbano, existem formas esporuladas de bactérias não detectada pelas análises convencionais (coliformes fecais e totais). O cuidado a ser tomado neste estudo com relação à poluição microbiológica será a adoção de tecnologia de tratamento adequada para a desinfecção destes, o qual será abordado no próximo item.

Porém, mesmo após ter sido definido a impossibilidade da prática do reuso em cascata devido às restrições aos parâmetros físico-químicos e biológicos, foi feito o cálculo da variação das concentrações dos produtos químicos utilizados no processo de lavagem de roupa com o objetivo de se saber a concentração residual dos produtos utilizados incorporada juntamente com a umidade retida na roupa, para isto considerou-se o produto como um todo não se levando em consideração as reações químicas envolvidas.

- Cálculo das variações das concentrações dos produtos químicos adicionados no processo de lavagem

Está representada na tabela 6.17 a quantidade utilizada de cada produto químico para 1 kg de roupa seca, juntamente com o intervalo recomendado pelo fabricante dos produtos químicos. A ficha técnica de cada um dos produtos químicos utilizados pode ser vista no ANEXO B.

Tabela 6.17 - Concentrações dos produtos químicos utilizados no processo de lavagem de roupa.

Produto Químico	Dosagem recomendada (ml/kg roupa seca)	Dosagem estimada (ml/kg roupa seca)
PROFI 1	3 a 12	10,4
PROFI 5	3 a 12	10,4
PROFI 6	3 a 12	10,4
SU169	-	5,6
HYPO	4 a 12	11,4
NEUTRALIZANTE	1 a 3	1,4
COMFORT	3 a 6	3,5
LEVERMATIC	2 a 4	3,5

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

Os produtos químicos chamados de PROFÍ 1, PROFÍ 5 e PROFÍ 6, representam a etapa em que este produto (PROFI) foi adicionado, de acordo com os processos de lavagem de roupas super pesadas e pesadas mostrados anteriormente.

Para análise das alterações nas concentrações dos produtos químicos em cada uma das etapas do processo de lavagem de roupa, foi utilizada uma planilha no Excel para realizar tais cálculos.

O maior cuidado na análise de uma proposta de reuso direto na lavanderia era garantir que a roupa não saísse com qualidade inferior após o reuso. Para tal, foram analisadas as quantidades de produtos químicos remanescentes após cada uma das etapas de lavagem.

As alterações na concentração de PROFÍ adicionado na etapa 1 (PROFI 1-1) e da mesma forma para todos os outros produtos adicionados no processo de lavagem sem reuso estão representadas na Figura 6.22. Verifica-se a elevada diminuição de sua concentração tendendo a zero já na etapa subsequente.

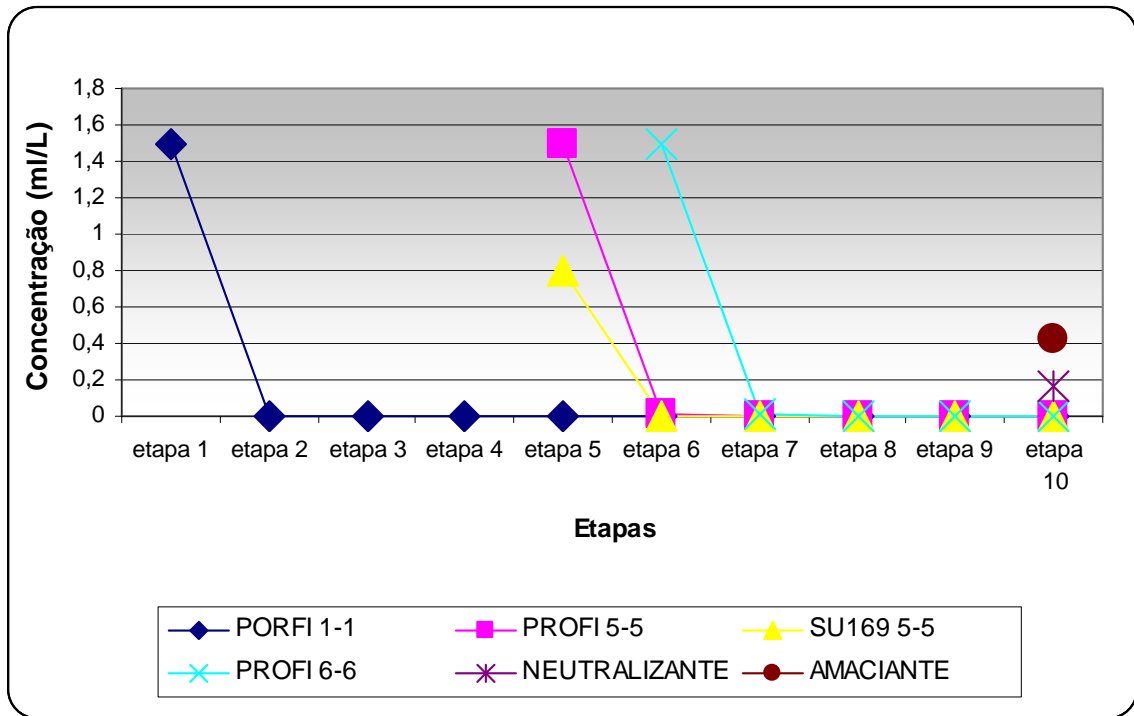


Figura 6.22 – Gráfico da variação das concentrações dos produtos químicos adicionados entre as etapas da lavagem.

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

6.3.2 Fase 2: Avaliação do potencial de reuso pós-tratamento

Conforme visto, na Fase 1, os efluentes apresentaram alguns parâmetros acima do valor permitido para o uso na lavanderia hospitalar em consequência disto estes deverão passar por um processo de tratamento.

Através do conhecimento adquirido com estudos e levantamento bibliográficos feitos, assim como com a caracterização dos efluentes indicados para o reuso, pode-se concluir que a escolha adequada da tecnologia para a aplicação para este estudo em questão seria a Filtração Direta (Figura 3.1, exemplo 2, na página 101), a qual envolve antes da filtração em questão os processos de coagulação e floculação para garantir um maior rendimento na filtração. Após a filtração em areia, ainda está sendo proposto o uso da filtração em carvão ativado que como pode ser visto no item 3.2.3 é utilizado no tratamento avançado de esgotos para a remoção de materiais orgânicos e inorgânicos (BRASIL, 2003). E também, segundo Brown e Caldwell (1989) é uma tecnologia eficiente na remoção de

fosfatos, conforme mostra o gráfico da Figura 3.3 na página 105. Segue no ANEXO C o diagrama esquemático da ETE compacta proposta para este estudo. Sendo que após a filtração em carvão ativado haverá o processo de desinfecção com solução de hipoclorito de sódio.

Portanto, na seleção das tecnologias de tratamento adequadas a serem aplicadas aos efluentes levaram-se em consideração as características físico-químicas e biológicas dos efluentes e as tecnologias eficientes no tratamento de efluentes com estas características, assim como, exemplos de estudos realizados por outros autores no tratamento e reuso de efluentes em lavanderias hospitalares.

As tecnologias de tratamento escolhidas foram: coagulação/floculação (ver item 2.2), filtração rápida em areia e em carvão ativado (ver item 3.2.2 e 3.2.3) e desinfecção com hipoclorito de sódio (ver item 2.2.9 a), lembrando-se que estes processos exigirão acertos de pH e alcalinidade.

O hipoclorito de sódio (NaOCl) é o produto mais adequado para cloração em sistemas simples e de pequeno porte, em virtude da facilidade de aplicação em pequenas vazões operacionais, do baixo risco de manuseio e armazenamento e do baixo custo (PROSAB, 2003).

Pode-se observar no decorrer deste trabalho (item 3.3) a alta eficiência destas tecnologias na remoção de, por exemplo, sólidos suspensos, turbidez, DBO e DQO, quando estes se apresentam em baixas concentrações, porém pode ser visto também que estas tecnologias não são eficientes na remoção de sólidos dissolvidos totais, e, portanto em consequência disto foi calculada a concentração incorporada ao sistema de reuso de SDT, tanto no sistema de lavagem de roupa como no reservatório de reuso.

A estratégia de reuso adotado nesta fase, quanto à escolha de quais correntes do processo de lavagem de roupa a serem reutilizadas e quais as etapas para a aplicação destas, será a mesma adotada para o reuso em cascata, porém, com a inclusão de uma ETE para adequação das características das correntes de efluentes selecionadas para o reuso, a figura 6.23 ilustra a estratégia adotada.

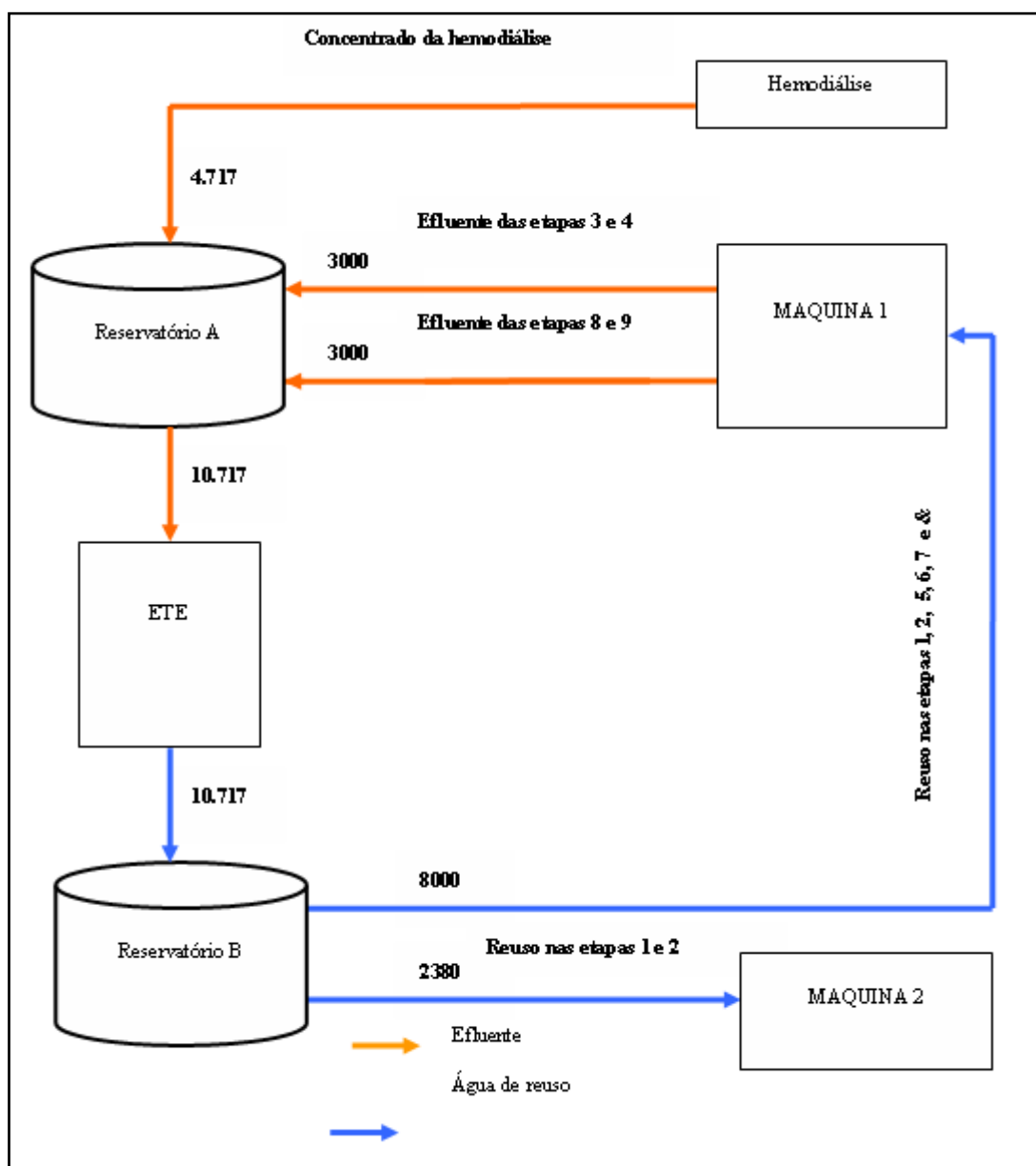


Figura 6.23 - Esquema proposto para o reuso.
Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

* Os dados da figura acima apresentados correspondem ao volume em litros correspondente ao período de um dia.

As tabelas 6.18, 6.19 e 6.20 a seguir resumem com maiores detalhes, a demanda e a oferta da água de reuso.

Tabela 6.18 - Demanda de água para as etapas de lavagens da máquina A definidas para o uso da água de reuso.

Etapas da Máquina A	Demanda (l/lavagem)	Demanda (l/dia)
1	250	1.250
2	300	1.500
5	250	1.250
6	250	1.250
7	250	1.250
8	300	1.500
Demanda Total da Máquina A	1.600	8.000

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

Tabela 6.19 - Demanda de água para as etapas de lavagens da máquina B para o uso da água de reuso.

Etapas da Máquina B	Demanda (l/lavagem)	Demanda (l/dia)
1	170	1.190
2	170	1.190
Demanda Total da Máquina B	340	2.380

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

A demanda total das máquinas para a água de reuso é de 1.940 l/lavagem com uma demanda diária de 10.380 l.

Tabela 6.20 - Oferta de água das etapas definidas para o tratamento do efluente para ser reutilizado e do descarte do concentrado da hemodiálise.

Etapas Máquina A	Oferta (l/dia)	Oferta (m³/mês)
3	1.500	45,6
4	1.500	45,6
8	1.500	45,6
9	1.500	45,6
Soma Oferta Máquina A	6.000	182,4
Hemodiálise	4.717	124,5
Oferta total	10.717	306,9

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

Pela estratégia proposta para o consumo da água tratada de reuso, contida no **Reservatório B (Efluente tratado)**, o ciclo do reservatório será completado a cada sete dias (uma semana), da seguinte forma: a demanda sempre será de 10.380 l/dia com a oferta de 10.773 l/dia, portanto, acumulando no Reservatório B um volume de 393 l/dia, porém a oferta no sétimo dia será apenas dos efluentes gerados nas etapas de lavagem de roupa, pois a Hemodiálise não funciona no domingo, assim o ciclo terminaria no oitavo dia, pois o reservatório seria esvaziado através do consumo das máquinas, iniciando o ciclo novamente no dia seguinte. A tabela 6.21 mostra os dados referentes ao ciclo no reservatório.

Tabela 6.21 - Ciclo do reservatório da água de reuso.

	Reservatório	Oferta (l/dia)	Demanda (l/dia)	Sobra no reservatório (l)	Uso para o próximo dia (l)
Segunda-feira	1	10.717	0	10.717	10.717
Terça-feira	2	10.717	10.380	337	11.053
Quarta-feira	3	11.053	10.380	673	11.390
Quinta-feira	4	11.390	10.380	1.010	11.727
Sexta-feira	5	11.727	10.380	1.347	12.063
Sábado	6	12.063	10.380	1.683	12.400
Domingo	7	12.400	10.380	2.020	8.020 a
Segunda-feira	1	8.020 a	8.020 b	0	10.717

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

a: volume agregado dos efluentes para reuso somente das etapas de lavagem de roupa.

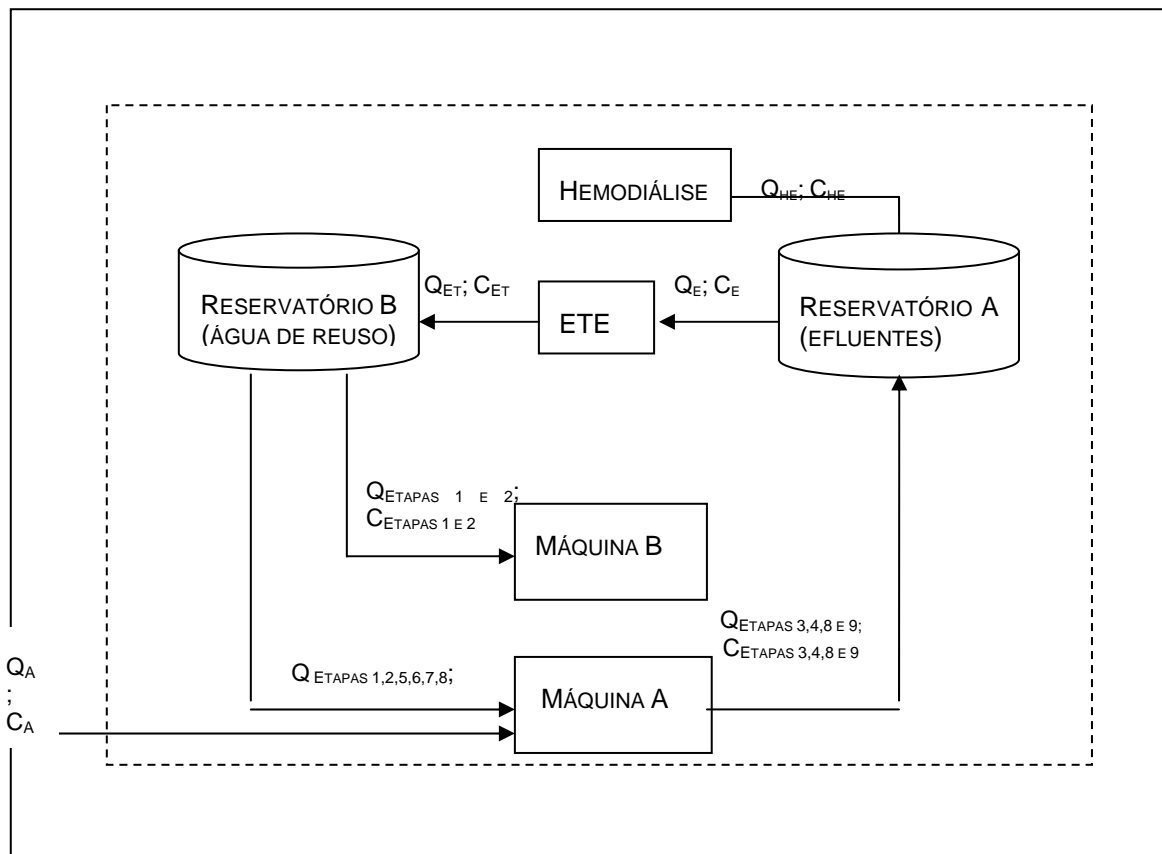
b: Não será considerado como um problema, a falta de água de reuso para as máquinas, pois, na falta desta a água da concessionária será utilizada.

- Cálculo da concentração de SDT para o processo de reuso

É importante ressaltar que mesmo o Reservatório A apresentando concentração de SDT de 109 mg/l, valor este abaixo da concentração restritiva que é de 500mg/l, é importante que se faça este cálculo para a certificação de que com a realização dos ciclos de reuso o aumento na concentração de SDT não ultrapasse o valor máximo recomendado.

Considera-se, portanto, que não haverá problema com o aumento da concentração de outros poluentes que não seja os SDT no reservatório de reuso (Reservatório B) e nem no processo de lavagem de roupa, pois como visto para os poluentes analisados as tecnologias de tratamento selecionadas apresentam-se eficientes na remoção destes, sendo considerado o alcance dos padrões de qualidade da água fornecida pela concessionária, considerando os parâmetros analisados. Em consequência disto chamaremos o Reservatório B, como sendo o reservatório de água de reuso e este apresentará as mesmas concentrações de SDT que no Reservatório A, já que as tecnologias de tratamento não serão eficientes para a remoção deste.

Na figura 6.24 encontra-se o diagrama esquemático para a obtenção da variação da concentração STD no processo de lavagem de roupa e no Reservatório B, com os ciclos de reuso dos efluentes.



6.24 - Diagrama Esquemático para obtenção da variação da concentração STD no processo de lavagem de roupa e no reservatório B.

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

As equações apresentadas somente envolverão os dados correspondentes aos parâmetros analisados da Máquina A, já que não foi possível a realização das análises para a Máquina B.

Equações para o Balanço de Massa de SDT:

$$C_{ET} \cdot Q_{ET} = C_E \cdot Q_E = C_{HE} \cdot Q_{HE} + C_{Etapa\ 3} \cdot Q_{Etapa\ 3} + C_{Etapa\ 4} \cdot Q_{Etapa\ 4} + C_{Etapa\ 8} \cdot Q_{Etapa\ 8} + C_{Etapa\ 9} \cdot Q_{Etapa\ 9} \quad (VIII)$$

Onde,

C = Concentração (mg/l)

Q = Volume (l)

E = Efluente que sai do Reservatório A

ET = Efluente tratado que sai do Reservatório B

HE = Concentrado da Hemodiálise

Etapas 3, 4, 8 e 9 = Efluentes provindos destas etapas

Demonstrações das expressões utilizadas para o cálculo das concentrações conforme o número de ciclos de reuso:

- Etapa 1 de lavagem:

$$Q_{1'} \cdot C_{1'} = Q_{ET} \cdot C_{ET} + Q_1 \cdot C_1 \quad (IX)$$

$$C_{1'} = C_{ET} + C_1 \quad (X)$$

Sendo que,

$$Q_{1'} = Q_{ET} = Q_1$$

- Etapa 2 de lavagem:

$$C_{2'} = C_{ET} + \frac{UI \cdot C_{1'}}{Q_2} \quad (XI)$$

Sendo que,

UI (Umidade Incorporada) = 0,9 L/kg de roupa seca.

- Etapa 3 de lavagem

$$C_{3'} = \frac{UI \cdot C_{2'}}{Q_3} \quad (\text{XII})$$

- Etapa 4 de lavagem

$$C_{4'} = \frac{UI \cdot C_{3'}}{Q_4} \quad (\text{XIII})$$

- Etapa 5 de lavagem

$$C_{5'} = C_{ET} + C_5 + \frac{UI \cdot C_{4'}}{Q_5} \quad (\text{XIV})$$

- Etapa 6 de lavagem

$$C_{6'} = C_{ET} + C_6 + \frac{UI \cdot C_{5'}}{Q_6} \quad (\text{XV})$$

- Etapa 7 de lavagem

$$C_{7'} = C_{ET} + C_7 + \frac{UI \cdot C_{6'}}{Q_7} \quad (\text{XVI})$$

- Etapa 8 de lavagem

$$C_{8'} = C_{ET} + C_8 + \frac{UI \cdot C_{7'}}{Q_8} \quad (\text{XVII})$$

- Etapa 9 de lavagem

$$C_{9'} = C_9 + \frac{UI \cdot C_{8'}}{Q_9} \quad (\text{XVIII})$$

- Etapa 10 de lavagem

$$C_{10'} = C_{10} + \frac{UI \cdot C_{9'}}{Q_{10}} \quad (\text{XIX})$$

Nas figuras 6.25, 6.26a, 6.26b e 6.27 são mostrados os gráficos dos aumentos das concentrações de **SDT** no Reservatório B e no processo de lavagem de roupa, respectivamente, obtidos através de cálculos utilizando-se as equações citadas anteriormente por meio de uma planilha do Excel. Os gráficos das figuras 6.25, 6.26a e 6.26b, mostram que para este caso com o ciclo do reuso, ocorre um maior aumento na concentração de SDT no primeiro ciclo do reuso e que após este, existe certa estabilidade na variação da concentração, sendo que no último ciclo do reuso (sétimo), pois o reservatório será esvaziado por utilizar toda a água de reuso, a concentração de SDT tanto no reservatório B, figura 6.25, quanto no processo de lavagem de roupa, figuras 6.26a e 6.26b, não houve um aumento na concentração de SDT muito significativo. Estes aumentos de concentrações de SDT, conforme mostra a figura 6.27, não alteraria a qualidade final da roupa (etapa 10).

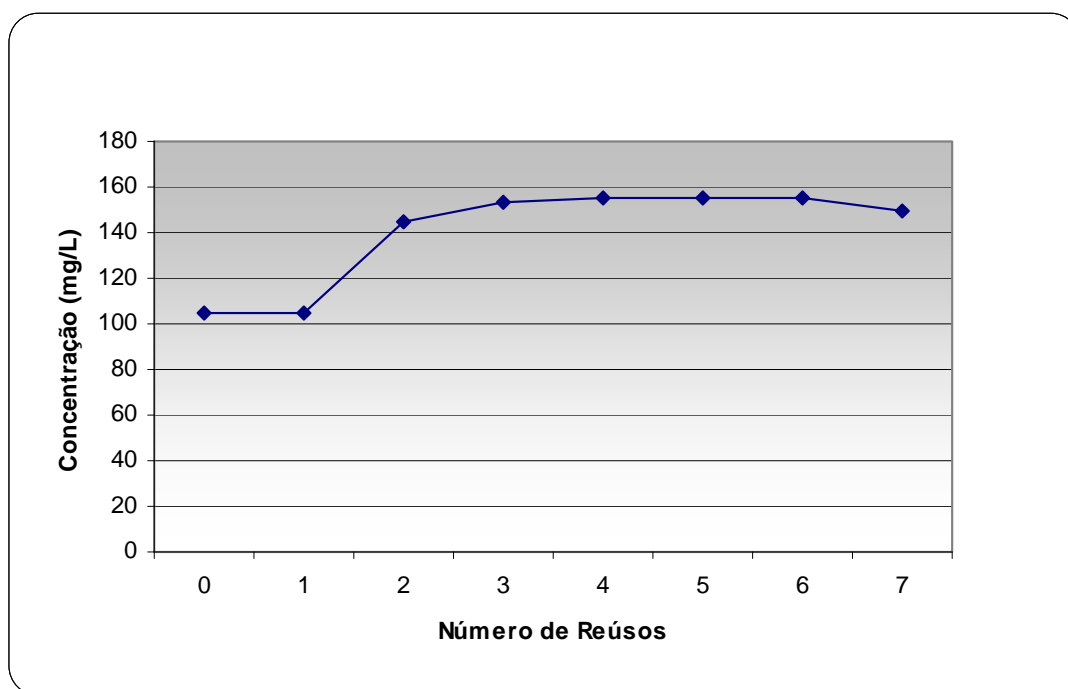


Figura 6.25 - Gráfico da variação da concentração de **SDT** no Reservatório B.
Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

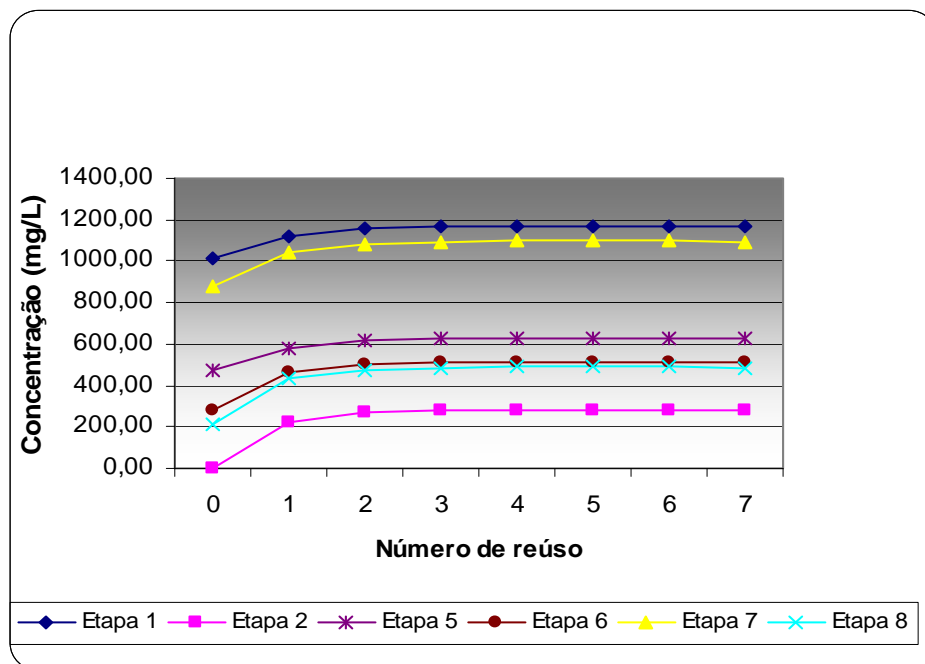


Figura 6.26a - Gráfico da variação da concentração de SDT no processo de lavagem de roupa.

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

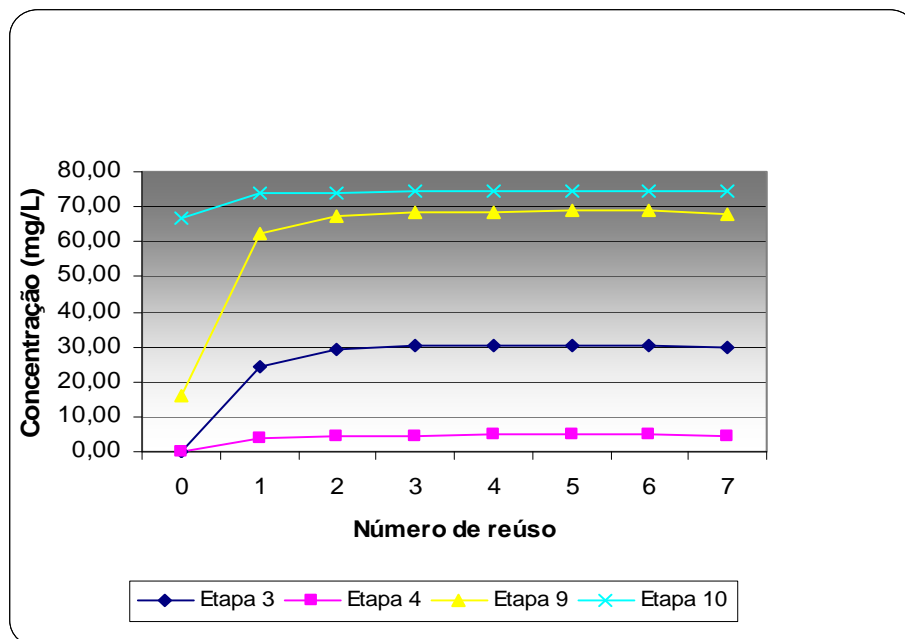


Figura 6.25b - Gráfico da variação da concentração de SDT no processo de lavagem de roupa.

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

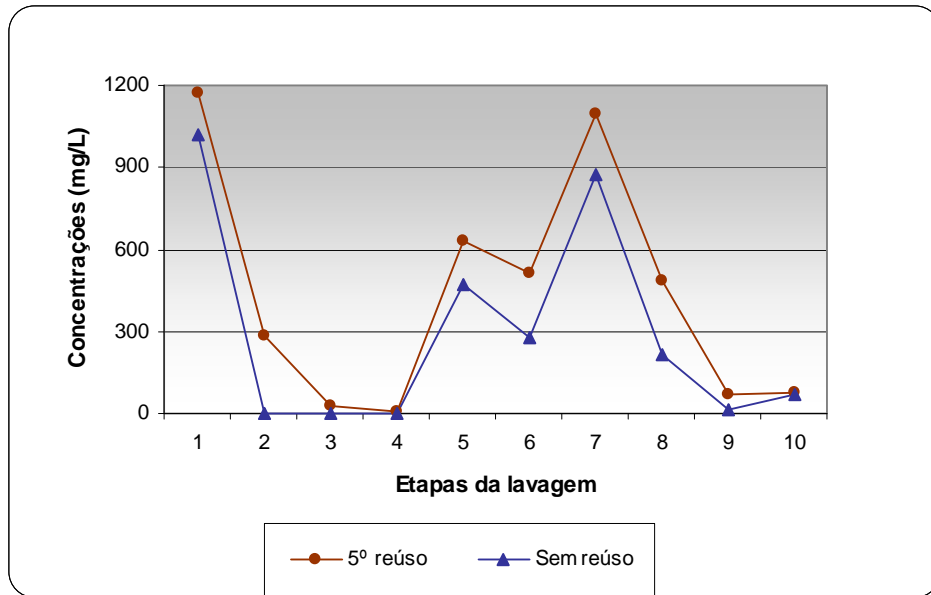


Figura 6.27 - Gráfico demonstrando o ciclo que apresenta o maior aumento de SDT no processo de lavagem.

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

A figura 6.27 acima mostra a variação dos valores obtidos teoricamente através de cálculos, do maior aumento da concentração de SDT nas etapas de lavagem de roupa com a aplicação do ciclo do reuso, podendo-se observar que na etapa 10 o efluente não apresenta um aumento significativo na concentração de sólidos dissolvidos e conseqüentemente adotando-se que a roupa apresenta a mesma concentração do efluente descartado, esta não apresentaria perda de qualidade quanto à concentração de SDT.

6.4 ETAPA 4: ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA

Após o estudo da aplicação do reuso e a escolha das tecnologias de tratamento a serem aplicadas deve ser calculado o impacto de redução do consumo (capítulo 7), os custos de investimento e o tempo de retorno de capital como proposto na metodologia apresentada.

Pode-se dizer que, em média, 306,9m³ será o volume de água deixado de ser consumido da concessionária por mês. Através da consulta das contas de água dos meses de fevereiro, março, abril e maio de 2008, foi obtido o valor de R\$ 6,80/m³ da água e R\$ 2,71/m³

de esgoto gerado. Logo, o valor estimado de economia pelo Hospital com a aplicação do reuso de água proposto será de 2.918,60 R\$/mês, ou seja, 35.023,00 R\$/ano. Importante informar que o custo do m³ de água utilizado como base para cálculo não incluiu os descontos dados nas contas de água.

A demanda por recursos financeiros está associada a diversas etapas, sendo que neste estudo, serão abordados apenas os custos de implantação, operação e manutenção.

a) Custo de implantação: O investimento necessário para a implantação (custo dos equipamentos e instalação) do sistema de tratamento do efluente indicado, segundo orçamento realizado, é cerca de R\$ 60.000,00 reais (o qual inclui bomba de efluente, sistema de dosagem de produtos químicos (coagulante e polímero), flotador, sistema de filtração de areia (bomba e filtro), sistema de filtração em carvão ativado (bomba+filtro), painel elétrico, tanque de preparo de polímero, tudo montado em um *skid* metálico. O custo de dois tanques de 15m³, sendo um pulmão de efluente bruto e o outro para armazenar a água de reuso, segundo orçamento realizados ficaria na ordem de R\$ 6.000,00.

Portanto, o custo total de implantação estaria em torno de R\$ 66.000,00.

b) Custo de operação e manutenção: O custo de produtos químicos, segundo projetista da ETE compacta, gira em torno de 1,00 R\$/m³ de efluente tratado, portanto, o custo ficaria em torno de 303 R\$/mês.

O custo da mão de obra especializada estaria em torno de R\$ 1.100,00 para operação da estação compacta de tratamento de efluente.

Segundo informação técnica sobre a ETE compacta, a potência elétrica instalada para o sistema é de 1,2 KWh. Para o volume de 10,7 m³ de efluente gerado por dia o funcionamento em um tempo de 6 horas seria suficiente para o tratamento desta quantidade de efluente, já que o sistema opera com capacidade de tratamento de 2 m³/h. Abaixo, segue o cálculo do incremento do custo da energia elétrica por mês, com o funcionamento da ETE proposta:

O custo da energia ativa cobrada pela concessionária de fornecimento de energia elétrica para o Hospital é de R\$ 0,2164/kWh, totalizando 7,2 KWh/dia

A ETE compacta funcionará todos os dias do mês, logo o consumo seria de 218,88 kWh/mês, o que resultaria num incremento na conta de energia elétrica de R\$ 47,00/mês.

Dados da conta de energia do Hospital:

- Demanda Ativa: 104 KW →Custo R\$ 53,076

- Ultrapassada: 14 KW →Custo R\$ 159, 228
- Energia Ativa: 38.160 KWh →Custo R\$ 0,2164/kWh

O custo total, de instalação mais operação, da hipocloração em tanque de contato de cloro, para populações de 500 a 2.000 pessoas, fica em torno de R\$ 0,042/m³ (PROSAB, 2003). Logo, será adotado o mesmo custo para o efluente a ser tratado, assim tem-se que para um volume de 303 m³ de efluente a ser tratado um custo mensal de R\$ 12,72.

Importante ressaltar que a dose ideal de desinfetante a ser aplicada deve ser determinada após experimentos pilotos de bancada e cálculos para a determinação desta em escala real.

A Tabela 6.22 apresenta os custos de operação e a economia gerada pelo sistema proposto.

Tabela 6.22 – Economia e custos gerados pela implantação e operação das tecnologias propostas no tratamento dos efluentes para o reúso.

Valor Economizado na conta de água com o reúso (R\$/mês)	2.918,60
Custo de Operação (Mão de Obra + Energia Elétrica + Produtos químicos) (R\$/mês)	1.462,72
Valor economizado (R\$/mês)	1.455,88

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

Aplicando-se a expressão IV, tem-se que o tempo de retorno de capital se daria em 11 anos e 5 meses, com uma taxa de desconto de 18% ao ano e de encargos tributários de 13%. Ou seja, o valor de R\$ 1.455,88, economizado por mês pelo Hospital pagaria o custo de implantação da ETE compacta em torno de 11 anos e meio.

7 ANÁLISE DE RESULTADOS

Na tabela 6.23 é apresentado o valor proposto para a redução da demanda de água da concessionária de abastecimento de água, ou seja, o volume de efluente gerado, tratado e reutilizado pela lavanderia.

Tabela 6.23 - Oferta de água proposta para o reuso.

Setores	Oferta da água de reuso		
	(m ³ /dia)	(m ³ /mês)	(m ³ /ano)
Lavanderia (Máquina A)	6,0	182,4	2.188,8
Hemodiálise	4,7	124,5	1.494
Total	10,7	306,9	3.682,8

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

→ Média de consumo mensal (histórico) sem reuso: 1.514,60 m³/mês

→ Consumo mensal com a aplicação do reuso: 1.207,7 m³/mês

Conforme a expressão (I) citada no item 5.1.3, foi calculado o novo indicador de consumo com aplicação do reuso:

- Indicador de consumo: 896,27 l/leito/dia (b) (ver tabela 6.5 na página 136)
- Indicador de consumo com o reuso: 709,41 l/leito/dia

Na avaliação é fundamental a consideração do indicador de consumo. Caso a análise seja realizada somente através do valor de consumo, corre-se o risco de se obter resultados enganosos, exceto quando o número de agentes consumidores seja o mesmo antes e durante a implantação do plano de conservação de água. O impacto de redução do consumo foi calculado conforme a equação abaixo:

$$IR = \{(ICAP - ICDP)/ICAP\} \times 100 \quad (XX)$$

Onde,

IR = impacto de redução do consumo de água por agente consumidor;

ICAP – indicador de consumo antes do programa de redução;

ICDP – indicador de consumo depois do programa de redução.

Que resulta em um IR de 20,8%. A redução do consumo de água seria de 20,8% com relação ao consumo de água de todo o Hospital (Hhosp1), excluindo-se o consumo de água da hemodiálise.

As tabelas 6.24 e 6.25 apresentam uma comparação com relação ao consumo de água da concessionária e a geração de efluentes da lavanderia antes e depois da implementação do programa de reuso proposto.

Tabela 6.24 - Demanda de água provinda da concessionária pela lavanderia antes e depois da implementação do reuso de água proposto.

Antes da Reutilização		Após a Reutilização	
Consumo da Lavanderia	Volume (m ³ /mês)	Consumo da Lavanderia	Volume (m ³ /mês)
Máquina A + Máquina B	587,33	Máquina A + Máquina B	280,43

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

Tabela 6.25 - Geração de efluente na lavanderia e hemodiálise antes e depois da implementação do reuso de água proposto.

Antes da Reutilização		Após a Reutilização	
Geração de efluente	Volume (m ³ /mês)	Geração de efluente	Volume (m ³ /mês)
Lavanderia	577,42	Lavanderia	391,22
Hemodiálise	120,7	Hemodiálise	0

Fonte – Dados da pesquisa, 2007.

Através dos dados apresentados na tabela 6.25, observando-se a aplicação da metodologia proposta pôde-se obter os seguintes resultados:

- 51,6% de redução na demanda de água da lavanderia hospitalar.
- 31% de redução de efluente gerado na lavanderia
- 100% de redução na geração de efluente do processo de purificação de água para uso na Hemodiálise.

- 16% de redução na geração de efluente do hospital (Considerando que o volume de efluente gerado pelo hospital corresponde ao volume de água consumido pelo mesmo).

8 CONCLUSÃO

Por meio da revisão bibliográfica, conhecimento técnico e visitas *in loco*, foi possível conhecer os principais poluentes que são comumente encontrados nos efluentes hospitalares, os quais estão diretamente ligados aos tipos e frequências das atividades que são realizados pelo mesmo.

As tecnologias de tratamento aplicáveis aos efluentes hospitalares são as mesmas utilizadas pelas ETEs convencionais, porém devido a alguns poluentes gerados em alguns setores, como por exemplo, a prata no setor de Imagiologia e os metais pesados nos Laboratórios de Análises Médicas, são necessários a aplicação de tecnologias de tratamentos específicas. O ideal seria que estes efluentes fossem segregados conforme os diferentes tipos de setores existentes (os quais geram diferentes tipos de poluentes) e fosse aplicado um tratamento prévio adequado para cada tipo de efluente antes de serem descartados num sistema de coleta de esgoto urbano, pois como visto, estes podem fazer com que se ultrapasse a capacidade limite das ETEs e alguns tipos de poluentes podem passar inalterados.

No caso da escolha das tecnologias de tratamento adequadas é imprescindível a determinação das características quantitativas e qualitativas, com um plano de coleta eficiente para que haja uma boa representatividade das amostras, o que demanda um alto custo. Importante dizer também que quando existir a segregação dos efluentes provindos dos diferentes setores, haverá uma maior facilidade para a caracterização destes, já que existe uma maior facilidade de se conhecer os tipos e quantidades de materiais utilizados que podem estar presentes no efluente descartado pelo próprio setor.

A legislação brasileira que trata sobre reuso vem sendo difundida no Brasil de uma forma restrita, que trata sobre o reuso não potável de água para fins; urbano, agrícolas e florestais, ambientais, industriais e de aquicultura, podendo-se considerar o reuso em lavanderia como sendo uma forma de reuso industrial, porém, diferentemente do reuso em lavanderias hospitalares que deve ser visto como um caso específico, já que se trata de um processo realizado em um estabelecimento da saúde.

Pelos dados obtidos nas avaliações de campo foi possível identificar e confirmar que os setores com elevado potencial para a aplicação do reuso, são os setores da lavanderia e da hemodiálise.

Com a caracterização dos efluentes da lavanderia e hemodiálise feitas a partir de análises de amostras coletadas in loco juntamente com o conhecimento técnico e de estudos feitos anteriormente sobre este assunto, foi possível identificar as tecnologias adequadas ao tratamento dos efluentes para o caso em questão. Porém, existe a necessidade de uma melhor caracterização dos efluentes incluindo uma maior abrangência de parâmetros e de repetições das análises, o que não foi possível de ser realizado neste estudo devido à falta de recursos financeiros.

Assim somente a economia da demanda de água requerida da concessionária, que apresentou um valor de R\$ 2.918,6/mês, sendo que a fatura de água atual está em torno de R\$ 10.000,00, com o incremento do consumo de energia que seria em torno de R\$ 47,00/mês pela ETE compacta, o projeto se tornaria altamente viável.

Através do cálculo do tempo de retorno de investimento, que para o estudo de caso deste trabalho resultou em aproximadamente 11 anos e 6 meses, logo, conclui-se que para a aplicação adequada do processo de reuso de água o projeto pode ser inviável, principalmente para hospitais de pequeno porte. Porém, é importante ressaltar que este projeto tende a ter uma maior viabilidade econômica para empresas terceirizadas de lavagem de roupas hospitalares e hospitais de grande porte, já que o volume de roupa lavada tende a ser maior e conseqüentemente o volume de água utilizado é muito mais significativo.

No cálculo dos custos de implantação não foi considerado o custo envolvido para o tratamento do lodo gerado pelo processo de floculação.

É importante ressaltar que hospitais com maior demanda de água pela lavanderia e situados em locais onde o custo da água cobrada pela concessionária é superior ao utilizado para este estudo de caso, provavelmente a economia financeira será maior e o tempo de retorno de capital será menor.

Sabe-se que as tecnologias de tratamento selecionadas não são eficientes na remoção de Sólidos Totais Dissolvidos, porém, conforme as análises feitas dos efluentes e posteriores cálculos da incorporação destes no reservatório de água tratada para o reuso (Reservatório B) e no processo de lavagem da roupa, os valores obtidos não ultrapassaram os valores máximos recomendados. No entanto, fica um alerta com relação ao controle destes sais no sistema de reuso já que este tipo de poluente é de difícil remoção através das tecnologias de tratamento mais comumente utilizadas e existe a tendência do aumento da concentração destes sais em um sistema de reuso.

Uma das formas de manter a concentração de sais dissolvidos na água de reuso dentro dos limites pré-estabelecidos é promover o descarte do efluente, de modo que juntamente com esta parcela, a carga de sais incorporada ao sistema é descartada. Sabe-se que outra opção consiste na utilização de técnicas avançadas de tratamento, principalmente os processos de separação por membranas. Assim fica como proposta para estudos futuros, a aplicação destas tecnologias para a remoção destes sais dissolvidos, caso seja necessário.

Segundo análises realizadas, o reuso em cascata do concentrado da hemodiálise na lavagem de roupa não é recomendado, devido à ultrapassagem das concentrações máximas recomendadas, tais como, pH, turbidez, sólidos totais e dissolvidos. Sendo necessária a aplicação de tecnologias de tratamento, tais como a coagulação e filtração, para a redução dos valores de turbidez, sólidos totais e suspensos, e membranas de filtração, para a redução dos sólidos dissolvidos.

É importante lembrar que, qualquer que seja a forma de reuso utilizada, ainda mais neste caso, que envolve pessoas com quadros fragilizados de saúde, é fundamental o acompanhamento do desempenho da atividade que utiliza água de reuso, que pode ser realizado através da implementação de sistemas de monitoramento, de maneira a consolidar ou efetuar ajustes no processo e garantir o sucesso do programa.

Para todo e qualquer programa que vise à implementação de reuso, recomenda-se a realização de ensaios de bancada e piloto, antes da implantação de toda a infra-estrutura, além de estudo de viabilidade técnica.

8.1 PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho foi adotada a estratégia de reutilização dos efluentes das etapas de enxágüe do processo de lavagem de roupa, já que como se sabe e ainda confirmado através das análises, estes apresentam a probabilidade de conter poluentes em menores concentrações. Porém, fica também como proposta para trabalhos futuros o estudo técnico e econômico da utilização também das outras correntes de efluentes provindas das outras etapas, com aplicação de outras tecnologias de tratamento.

Devido a grandes dificuldades encontradas durante a realização deste trabalho para a obtenção de recursos financeiros não foi possível uma melhor caracterização dos efluentes gerados, porém, para assegurar a qualidade da roupa lavada é melhor que se faça um maior número de análises englobando outros parâmetros, tais como, fosfato, AOX, Cor, DBO, DQO, e análises microbiológicas incluindo também análises da presença de esporos de bactérias no efluente.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Conservação e reuso de águas em edificações*. 2005. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 14 jul. 2007.

AMERICAN HOSPITAL ASSOCIATION (AHA) (1986). **Hospital Statistics**. Chicago, 250p.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). *Conceitos técnicos: o que são saneantes?* Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/saneantes/conceito.htm>>. Acesso em: 15 out. 2007.

ASANO, T., LEVINE, A. D. (1996). *Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse: Past, Present and Future*". **Water Science and Technology**, v. 33, n. 10-11.

AZEVEDO, E. A., LIBÂNIO, M (2003). *Avaliação da necessidade de tecnologias adicionais de tratamento em função da qualidade requerida para água de uso hospitalar*. In. 22º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL.

BARRIE, D. (1994). *How Hospital Line and Laundry are Provided*. **Journal of Hospital Infection**. v. 27, 219-235.

BARTOLOMEU, T. A. (1998). *Identificação e avaliação dos principais fatores que determinam a qualidade de uma lavanderia hospitalar: Um estudo de caso no setor de processamento de roupas do Hospital Universitário da UFSC*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade de Santa Catarina. Florianópolis – SC.

BASAGLIA, G. A. (2007). *Conservação de água em hospitais*. Trabalho de Diploma apresentado à Universidade Federal de Itajubá, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental. Itajubá – MG.

BOLLER, M. (1994). *Trends in water filtration technology*. **AQUA** v. 43, n. 2, p. 65-75, 1994.

BRASIL. Projeto Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB) (2003). *Tratamento de água para abastecimento por filtração direta*. Rio de Janeiro: ABES, RIMA, 498 p.

BRASIL^a. Projeto Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB) (2001). *Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável*. São Carlos: SP, 139p.

BRASIL^b. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 184, de 22 de outubro de 2001. Altera a Resolução 336, de 30 de julho de 1999. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 de outubro de 2001.

BRASIL. Lei nº 9782, de 26 de janeiro de 1999. Define o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária, cria a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 27 de janeiro de 1999.

BRASIL. Lei Federal nº 6.360 de 23 de setembro de 1976. Dispõe sobre a vigilância sanitária a que ficam sujeitos os medicamentos, as drogas, os insumos farmacêuticos e correlatos, cosméticos, saneantes e outros produtos, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, de setembro de 1976.

BRASIL (1986). MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Manual da Lavanderia Hospitalar*. Brasília: centro de documentação do Ministério da Saúde, 47 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 357/2005** - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências." - Data da legislação: 17/03/2005 - Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em: 10 ago. 2007.

BRASIL. Portaria nº 15 de 23 de agosto de 1988. Determina que o registro de produtos saneantes domissanitários com finalidade antimicrobiana seja procedido de acordo com as normas regulamentares. **Diário Oficial da União**, Brasília, 05 de setembro de 1988.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria nº. 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 12 de agosto de 2004.

BRASIL (2007). *Processamento de roupas de serviços de saúde: prevenção e controle de riscos*. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Brasília: Ministério da Saúde. Brasil.

BROWN & CALDWELL (1989). *Industrial Water Conservation References of Industrial Laundries*. California Department of Water Resources The Resources Agency The Metropolitan Water District of Southern California.

CCLIN (Comité de Coordination de Luttés Contre les Infections Nosocomiales) Paris-Nord. *Elimination of liquid effluents in hospital establishments*. Institute of biomedical, Cordeliers, Paris, 74p. 1999. Disponível em: <http://web.ccr.jussieu.fr/guide_effluents_liquides.pdf>. Acesso em : 20 set. 2007.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. *Guidelines for environmental infection control in health-care facilities: Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee*. Atlanta. 2003. Disponível em : <http://www.cdc.gov/ncidod/dhqp/gl_enviroinfection.html>. Acesso em: 13 nov. 2007.

CERRENO, A. L. C., PANERO, M., BOEHME, S. (2002). *Pollution prevention and management strategies for Mercury in the New York/New Jersey Harbor*. New York Academy of Sciences. New York, NY.

CROOK, J. (1985). Water reuse in California. J. Am. Water Works Assoc., New York, v. 77.

CROOK, J. (1993). *Critérios de qualidade da água para reuso*. Revista DAE SABESP, n. 174, p. 10-15.

DICHTL, I. N (2004). *Treatment Technologies for Hospital Wastewaters*. Institute for Sanitary and Environmental Engineering Technical University of Braunschweig Germany.

DELOFFRE, B. N (1995). *Les rejets des établissements de santé: des effluents liquides aux déchets solides*. Mémoire de Maîtrise, Université Claude Bernard-Lyon 1, Institut Universitaire Professionnalis , G nie de l'Environnement-Ecod veloppement, Lyon, France, 75p.

DEPARTMENT OF WATER AFFAIRS AND FORESTRY. South African Water Quality Guidelines: Industrial Water Use, v.3. 2. ed., 1996. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/Destaque/d179docs/Diretrizes/Water_quality_guidelines.pdf>. Acesso em: 16 out. 2007.

DI MATTEO, M. L. (1992). *Influ ncia da pr -ozoniza o na coagula o-flocula o de  gua de abastecimento utilizando o cloreto f rrico como coagulante*. Disserta o (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil. S o Paulo: Unicamp.

EMMANUEL, E., PERRODIN, Y., KECK, G., BLANCHARD, J. M., VERMANDE P. (2005). *Ecotoxicological risk assessment of hospital wastewater: a proposed framework for raw effluents discharging into urban sewer network*. Journal of Hazardous Materials A117.

EMMANUEL, E. (2003). *Evaluation des risques sanitaires et ecotoxicologiques lies aux effluents hospitaliers*. Tese de Doutorado apresentado ao Instituto National des Sciences Appliques de Lyon. Ecole Doctorale de Chimie de Lyon.

EPA (1998). *United States Environmental Protection Agency. Guidelines for ecological risk assessment*. Washington, DC: Risk Assessment Forum, U.S. Environmental Agency, 114p. EPA/630/R-95/002F.

EPA (1989a). *United States Environmental Protection Agency. Preliminary data summary for the hospitals point source category. Office of water regulations and standards, Office of water*, U.S. EPA, Washington, D.C., p. 76.

EPA (1989b). *United States Environmental Protection Agency. Drinking water criteria document for chlorine, hypochlorous acid and hypochlorite ion. Environmental Criteria and Assessment Office*, U.S. EPA, Cincinnati, OH.

EPA (2000). *United States Environmental Protection Agency. Technical Development Document for the Final Action Regarding Pretreatment Standards for the Industrial Laundries Point Source Category*. n. 821-R-00-006. Washington, DC, USA; [chapter 6].

FERNANDES, G. S., CARVALHO, A.C.P., PINTO, M. L. C. (2005). *Análise e gerenciamento de efluentes de serviços de radiologia*. Radiol Brás.; 38(5): 355 – 358p.

FERREIRA, C. M., LOPES, T. P. (2007). *Monitoramento da estação de tratamento de efluentes de uma lavanderia industrial, município de Florianópolis/SC*. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

FRANÇA MATE. (Ministere de l'aménagement du territoire et de l'environnement), Arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation, J. Officiel de la France 52 (1998) 3247.

FUNDAP (2006). Fundação do Desenvolvimento Administrativo; SEI. Sistema Estratégico de Informação. **Prestação de Serviços de Lavanderia Hospitalar**. São Paulo: Secretaria da Saúde. Governo do Estado de São Paulo.

GADELLE, F. (1995). *Le monde manquera-t-il bientôt d'eau?* **Sécheresse**,6: 11-15.

GARTISER, St., BRINKER, L., ERBE, T., KÜMMERER, K. & WILLMUND, R., (1996). Belastung von Krankenhausabwasser mit gefährlichen stoffen imsinne § 7a WHG. **Acta Hydrochim. Hydrobiol.**, 24: 2, 1996.

GAUTAM K., KUMAR S., SABUMON P. C. (2007). *Preliminary study of physico-chemical treatment options for hospital wastewater.* **Journal of Environmental Management**. v. 83, Issue 3, p. 298-306.

HEBERE, T., FELDMANN, D. (2005). *Contribution of effluents from hospitals and private households to the total loads of diclofenac and carbamazepine in municipal sewage effluents—modeling versus measurements.* **Journal of Hazardous Materials** 122, 211–218.

HESPANHOL, I. **Água e saneamento básico**: uma visão realista. In: REBOUÇAS, A.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. B. (coord). *Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo, Escrituras, 1999.

KIST, L. T. (2005). *Caracterização e gestão do efluente de lavanderia hospitalar.* In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Departamento de Química e Física da Universidade de Santa Cruz do Sul. Rio Grande do Sul: UNISC.

KONKEWICZ, L. R. Prevenção e controle de infecções relacionado ao processamento das roupas hospitalares. Disponível em: <<http://www.cih.com.br>>. Acesso em: 12 fev. 2008.

KÜMMERER, K., GARTISER, St., ERBE, T. & BRINKER, L. (1998). *AOX emissions from hospital into municipal wastewater.* **Chemosphere**, 36: 2437- 2445.

KÜMMERER, K. (2001). *Drugs in the environment: emission of drugs, diagnostic aids and disinfectants into wastewater by hospitals in relation to other sources—a review.* **Chemosphere**, 45 957–969.

LEPRAT, L. (1998). *Les rejets liquides hospitaliers, quels agents et quelles solutions techniques?* <http://www.pharmacie.unicaen.fr/rrh/Documents/resj3/Res2.htm>, 20/09/2002007 **Revue Techniques hospitali`eres** 632, 49–52p.

MANCUSO, P.C.S., SANTOS, H.F. (2003). *Reuso de Água*. São Paulo: Manole. 576 p.

METCALF & EDDY (2003). *Wastewater engineering : treatment and reuse*. 4. ed. Boston : McGraw-Hill, 1819 p.

MIERZWA, J. C.(2002). *O uso racional e o reuso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria: Estudo de caso Kodak Brasileira*. 2 v. Tese de Doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo – SP.

NORONHA, V. L. S. (2002a). *Águas residuais hospitalares: caracterização e tratamento*. **Tecnologias do Ambiente**, n. 48, p. 32-35.

_____ (2002b). *Características das águas residuais em alguns hospitais portugueses e proposta de tratamento*. **Tecnologias do Ambiente**, n. 49, p. 39-44.

OLIVEIRA, S.V.W.B. (2001). *Avaliação da Degradação e Toxicidade de Formaldeído em Reator Anaeróbio Horizontal de Leito Fixo*. 95f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

_____ (2004). *Modelo para tomada de decisão na escolha de sistema de tratamento de esgoto sanitário*. Tese de Doutorado. Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade -Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, L. H. (1999). *Metodologia para a implantação de programa de uso racional de água em edifícios*. 344p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI - USP).São Paulo

OSORIO, V. K. L., OLIVEIRA, W. *Polifosfatos em detergentes em pó comerciais*. Instituto de Química. **Quim. Nova**, v. 24, n. 5, p. 700-708, 2001. Universidade de São Paulo, SP. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v24n5/a19v24n5.pdf>> Acesso em: 20 nov. 2007.

PAZ, M., MUZIO, H., MENDELSON, A., MAGDALENO, A., TORNELLO, C., BALBIS, N. & MORETTON, J. (2006). *Evaluation of Genotoxicity and Toxicity of Buenos Aires City Hospital Wastewater Samples*. Cátedra de Higiene y Sanidad, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidade de Buenos Aires. Buenos Aires: Argentina.

PORTUGAL. Ministério do Ambiente. Legislação. **Decreto-Lei n.º 236/98**. DR 176/98 SÉRIE I-A de 01 de agosto de 1998. Estabelece normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade. Disponível em: <www.inag.pt/inag2004/port/divulga/legisla/pdf_nac/Geral/DL236_98.PDF>. Acesso em: 11 ago. 2008.

SANTOS, R. R. (2005). *As dimensões legais e institucionais do reuso de água no Brasil – Proposta de Regulamentação do Reuso no Brasil*. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

SAUTCHÚK, C. A., LANDI, F. N., MIERZWA, J. C., VIVACQUA, M. C. R., SILVA, M. C.; LANDI, P. N., SCHMIDT, W. (2004a). *Conservação e reuso de água*. CIRRA (Centro Internacional de Referência em Reuso de Água / FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica). Manual de Orientações para o Setor Industrial. São Paulo: SP.

SAUTCHÚK, C. A. (2004b). *Formulação de diretrizes para implantação de programas de conservação de água em edificações*. Dissertação de Mestre em Engenharia. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.

SILVA, A. M. M., MARTINS, C. T. B., FERRABOLI, R., JORGETTI, V., Junior, J. E. R. (1996). *Água para hemodiálise*. J. Brás. Nefrol. 180-188

SCHNEIDER, R. P., TSUTIYA, M. T. (2001). *Membranas filtrantes para o tratamento de água, esgoto e água de reuso*. **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)**. Seção São Paulo: SP.

THE SOAP AND DETERGENT ASSOCIATION. *Facts about laundry: types of laundry products*. Disponível em: <http://www.sdahq.org/laundry/fact/fact_sheet1.cfm>. Acesso em: 13 nov. 2007.

WATER QUALITY ASSOCIATION (WQA). Disponível em : <<http://www.wqa.org>>. Acesso em: 10 nov 2007.

TURK, S. S., PETRINIC I., SIMONIC M. (2005). *Laundry wastewater using coagulation and membrane filtration*. J. Resources Conservation & Recycling 44, p. 185-196.

VILELA, P. A., (2003). *Reuso de água para fins industriais estudo de casa lavanderia hospitalar*. Tese de Mestrado. Faculdade de Saúde Pública/USP. São Paulo,SP.

VON SPERLING, M. (1997). *Lodos Ativados*. 2. ed. Belo Horizonte: Depto de Engenharia Hidráulica e Sanitária, UFMG,. 428p.

WINTGENS, T., ROSEN, J., MELIN, T., BRESPOLS, C., DRENSLA, K., ENGELHARDT, N. (2003). *Modeling of a membrane bioreactor system for municipal wastewater treatment*. **Journal of Membrane Science**. London, v. 216, p.55-65.

XING, C. C. H.; TARDIEU, E. ; QIAN, Y. ; WEN, X.H. (2000). *Ultrafiltration membrane bioreactor for urban wastewater reclamation*. **Journal of Membrane Science**. London, v. 177, p. 73-82.

ANEXO A - Laudos das Análises dos Efluentes.



Saneamento
Meio-ambiente
Laboratórios

LAUDO DE ANÁLISE Nº 6035

Página 1 de 1

IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE

NOME UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBA			
LOGADOURO Av. BPS	NÚMERO 1.303	COMPLEMENTO	BAIRRO Pinheirinho
MUNICÍPIO Itajubá - MG	CEP 37.500-90	FONE 35 8841 7500	CONTATO Sr. Geandro

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

AMOSTRA Efluente	ORIGEM Hospitalar	DATA DE COLETA 17/07/2007	HORA DE COLETA 11 h 55 min	COLETOR Quimi San
LOCAL DE COLETA Santa Casa da Misericórdia - Av. Cesário Alvim, 632		PONTO DE COLETA Lavanderia - processo 4º		

RESULTADOS ANALÍTICOS

EXAMES FÍSICO-QUÍMICOS			
Parâmetro	Unidade	L.D.	Resultados
pH	-	0,1	7,0
turbidez	NTU	0,1	17
sólidos dissolvidos	mg/L	1	668
sólidos sedimentáveis	mg/L	0,1	0,1
sólidos suspensos totais	mg/L	0,1	305
sólidos totais	mg/L	0,1	973
sólidos voláteis	mg/L	0,1	261
substâncias solúveis em hexano	mg/L	1	108
alcalinidade	mg/L CaCO ₃	1	50
bromato	mg/L (BrO ₃) ⁻	0,010	< LD
cloreto	mg/L Cl ⁻	1	38
cloro residual	mg/L Cl ₂	5	0,1
dureza	mg/L CaCO ₃	1	< LD
ferro total	mg/L Fe	0,01	0,15
fosfato	mg/L (PO ₄) ³⁻	0,01	4,20
fenol		0,001	0,199
manganês	mg/L Mn	0,005	< LD
mercúrio	mg/L Hg	0,0001	< LD
sódio	mg/L Na	0,1	52,8
surfactantes	mg/L LAS	0,01	< LD
trihalometanos total	µg/L	1	< LD
2,3,6 - Triclorofenol	µg/L	1	< LD
EXAMES BIOQUÍMICOS			
Parâmetro	Unidade	L.D.	Resultados
DBO ₅	mg/L O ₂	1	128
DQO	mg/L O ₂	1	179
oxigênio dissolvido	mg/L O ₂	0,1	6,4
EXAMES BACTERIOLÓGICOS			
Parâmetro	Unidade	L.D.	Resultados
coliformes totais	P/A	2,0 x 10 ⁰	ausentes
coliformes termotolerantes	P/A	2,0 x 10 ⁰	ausentes
<i>Escherichia coli</i>	P/A	-	ausentes

OBSERVAÇÕES

- L.D.: limite de detecção.
- Metodologia: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 20th Edition.
- As conclusões se restringem aos itens ensaiados e parâmetros analisados.
- Este laudo somente deve ser reproduzido completo; reprodução de partes requer aprovação escrita da QUIMI SAN.

LOCAL E DATA Campinas, 08 de agosto de 2007	RESPONSÁVEL TÉCNICO ENG. CASSIANO MARTINS CREA-SP 50614/0820/D CRO-IV 04223111
--	---

LAUDO DE ANÁLISE Nº 6036

Página 1 de 1

IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE

NOME UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBA			
LOGADOURO Av. BPS	NÚMERO 1.303	COMPLEMENTO	BAIRRO Pinheirinho
MUNICÍPIO Itajubá - MG	CEP 37.500-90	FONE 35 8841 7500	CONTATO Sr. Geandro

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

AMOSTRA Efluente	ORIGEM Hospitalar	DATA DE COLETA 17/07/2007	HORA DE COLETA 13 h 50 min	COLETOR Quimi San
LOCAL DE COLETA Santa Casa da Misericórdia - Av. Cesário Alvim, 632		PONTO DE COLETA Lavanderia - processo 10ª		

RESULTADOS ANALÍTICOS

EXAMES FÍSICO-QUÍMICOS			
Parâmetro	Unidade	L.D.	Resultados
pH	-	0,1	5,6
turbidez	NTU	0,1	9
sólidos dissolvidos	mg/L	1	678
sólidos sedimentáveis	mg/L	0,1	< LD
sólidos suspensos totais	mg/L	0,1	1.201
sólidos totais	mg/L	0,1	1.879
sólidos voláteis	mg/L	0,1	600
substâncias solúveis em hexano	mg/L	1	87
alcalinidade	mg/L CaCO ₃	1	< LD
bromato	mg/L (BrO ₃) ⁻	0,010	< LD
cloreto	mg/L Cl ⁻	1	50
cloro residual	mg/L Cl ₂	5	< LD
dureza	mg/L CaCO ₃	1	22
ferro total	mg/L Fe	0,01	0,22
fosfato	mg/L (PO ₄) ³⁻	0,01	0,39
fenol		0,001	0,105
manganês	mg/L Mn	0,005	0,001
mercúrio	mg/L Hg	0,0001	< LD
sódio	mg/L Na	0,1	101
surfactantes	mg/L LAS	0,01	< LD
trihalometanos total	µg/L	1	< LD
2,3,6 - Triclorofenol	µg/L	1	< LD
EXAMES BIOQUÍMICOS			
Parâmetro	Unidade	L.D.	Resultados
DBO ₅	mg/L O ₂	1	59
DQO	mg/L O ₂	1	78
oxigênio dissolvido	mg/L O ₂	0,1	6,4
EXAMES BACTERIOLÓGICOS			
Parâmetro	Unidade	L.D.	Resultados
coliformes totais	P/A	2,0 x 10 ⁰	presentes
coliformes termotolerantes	P/A	2,0 x 10 ⁰	presentes
<i>Escherichia coli</i>	P/A	-	presentes

OBSERVAÇÕES

- L.D.: limite de detecção.
- Metodologia: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 20th Edition.
- As conclusões se restringem aos itens ensaiados e parâmetros analisados.
- Este laudo somente deve ser reproduzido completo; reprodução de partes requer aprovação escrita da QUIMI SAN.

LOCAL E DATA Campinas, 08 de agosto de 2007	RESPONSÁVEL TÉCNICO  ENG. CASSIANO MARTINS CREA-SP 50614/40820/D CRQ-IV-04231/11
--	---

LAUDO DE ANÁLISE Nº 6034

Página 1 de 1

IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE

NOME UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBA			
LOGADOURO Av. BPS	NÚMERO 1.303	COMPLEMENTO	BAIRRO Pinheirinho
MUNICÍPIO Itajubá - MG	CEP 37.500-90	FONE 35 8841 7500	CONTATO Sr. Geandro

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

AMOSTRA Efluente	ORIGEM Hospitalar	DATA DE COLETA 17/07/2007	HORA DE COLETA 10 h 15 min	COLETOR Quimi San
LOCAL DE COLETA Santa Casa da Misericórdia - Av. Cesário Alvim, 632		PONTO DE COLETA Descarte hemodiálise		

RESULTADOS ANALÍTICOS

EXAMES FÍSICO-QUÍMICOS			
Parâmetro	Unidade	L.D.	Resultados
pH	-	0,1	8,8
turbidez	NTU	0,1	0,1
sólidos dissolvidos	mg/L	1	165
sólidos sedimentáveis	mg/L	0,1	< LD
sólidos suspensos totais	mg/L	0,1	459
sólidos totais	mg/L	0,1	624
sólidos voláteis	mg/L	0,1	191
substâncias solúveis em hexano	mg/L	1	93
alcalinidade	mg/L CaCO ₃	1	28
bromato	mg/L (BrO ₃) ⁻	0,010	< LD
cloreto	mg/L Cl ⁻	1	12
cloro residual	mg/L Cl ₂	5	< LD
dureza	mg/L CaCO ₃	1	60
ferro total	mg/L Fe	0,01	0,14
fosfato	mg/L (PO ₄) ³⁻	0,01	0,01
fenol		0,001	0,092
manganês	mg/L Mn	0,005	< LD
mercúrio	mg/L Hg	0,0001	< LD
sódio	mg/L Na	0,1	22,5
surfactantes	mg/L LAS	0,01	< LD
trihalometanos total	µg/L	1	< LD
2,3,6 - Triclorofenol	µg/L	1	< LD
EXAMES BIOQUÍMICOS			
Parâmetro	Unidade	L.D.	Resultados
DBO ₅	mg/L O ₂	1	38
DQO	mg/L O ₂	1	48
oxigênio dissolvido	mg/L O ₂	0,1	6,2
EXAMES BACTERIOLÓGICOS			
Parâmetro	Unidade	L.D.	Resultados
coliformes totais	P/A	2,0 x 10 ⁰	presentes
coliformes termotolerantes	P/A	2,0 x 10 ⁰	ausentes
<i>Escherichia coli</i>	P/A	-	ausentes

OBSERVAÇÕES

- L.D.: limite de detecção.
- Metodologia: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 20th Edition.
- As conclusões se restringem aos itens ensaiados e parâmetros analisados.
- Este laudo somente deve ser reproduzido completo; reprodução de partes requer aprovação escrita da QUIMI SAN.

LOCAL E DATA Campinas, 08 de agosto de 2007	RESPONSÁVEL TÉCNICO  ENG. CASSIANO MARTINS CREA-SP 506144082/0 CRO-IV 04223111
--	--

ANEXO B - Fichas técnicas dos produtos químicos utilizados na lavagem da roupa.

SU 196

Date de création/révision: 05/07/2001

1/5

FICHE DE DONNEES DE SECURITE

RAISON SOCIALE JohnsonDiversey	RISQUES SPECIFIQUES CORROSIF - R35	DIVER-1176
--	--	-------------------

1 - IDENTIFICATION DU PRODUIT ET DE LA SOCIETE

- **NOM DU PRODUIT** SU 196
 - **REFERENCE** 1176
 - **FOURNISSEUR** JohnsonDiversey
 9-11, avenue du Val de Fontenay
 94133 - FONTENAY-SOUS-BOIS- Cedex

Téléphone / Fax 01.45.14.76.76 - Fax : 01.45.14.76.11

E-mail / Site Internet-

Numéro d'appel d'urgence 01 45 42 59 59

- **Informations complémentaires - Type d'utilisation**
 Poudre nettoyante

2 - COMPOSITION / INFORMATION SUR LES COMPOSANTS

Préparation solide alcaline

Constituants contribuant aux dangers

Carbonate de sodium - Xi; R36	5 à 15%
Hydroxyde de sodium - C; R35	> 30%
Perborate de sodium monohydraté - Xn,O; R8-22-36/38	5 à 15%

3 - IDENTIFICATION DES DANGERS

CORROSIF

R35: provoque de graves brûlures

SU 136

Date de création/révision: 05/07/2001

2/5

4 - PREMIERS SECOURS

- EN CAS DE CONTACT AVEC LES YEUX :
Laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter immédiatement un spécialiste.
- EN CAS DE CONTACT AVEC LA PEAU :
Laver immédiatement et abondamment avec de l'eau.
- EN CAS D'INGESTION:
Retirer le produit de la bouche et consulter immédiatement un médecin ou le Centre Anti-Poisons: 01 40 05 48 48
- EN CAS D'INHALATION DES POUSSIÈRES:
Retirer de la source d'exposition et installer l'accidenté dans une zone aérée. Consulter un médecin.

5 - MESURES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE**- Moyens d'extinction**

- EQUIPEMENT DE PROTECTION : masque respiratoire.
- Produit non inflammable.
- En cas d'incendie, utiliser les moyens d'extinction spécifiques au produit cause de l'incendie.

6 - MESURES A PRENDRE EN CAS DE DISPERSION ACCIDENTELLE**- Précautions individuelles**

Comme pour le contrôle de l'exposition.

- Précautions pour la protection de l'environnement

Ne pas rejeter le produit pur :
Se conformer aux arrêtés et règlements préfectoraux en vigueur.

- Méthodes de Nettoyage

Recueillir le maximum de produit et transférer dans un conteneur étiqueté pour destruction par un centre agréé.
Éliminer les résidus à grande eau.

SU 196

Date de création/révision: 05/07/2001

3/5

7 – MANIPULATION ET STOCKAGE**MANIPULATION**

Eviter la formation de poussières.
 Ne pas respirer les poussières.
 Ne pas mélanger avec des produits acides qui conduisent à une libération rapide de chlore sous forme de gaz.
 Eviter tout contact avec la peau et les yeux.

STOCKAGE

- Stocker le produit dans son emballage d'origine et fermé.
 - Stocker à l'abri de l'humidité et d'une source de chaleur, à l'écart des acides.

8 – CONTROLE DE L'EXPOSITION / PROTECTION INDIVIDUELLE

Port de gants et de lunettes de protection.
 Port de vêtements résistant aux alcalins.
 - EQUIPEMENT SUR LE LIEU DE TRAVAIL :
 Fontaine oculaire et lavabo.
 Douches, en cas d'utilisations importantes de produit.

9 – PROPRIETES PHYSIQUES ET CHIMIQUES**Aspect**

Poudre blanche.

PH

alcalinité totale (en Na₂O) : 56% à 61.8%

Température de changement d'état

non applicable

Point d'éclair

non applicable

Caractéristique d'explosivité

non explosif

Densité

non déterminé

Solubilité

soluble dans l'eau aux concentrations d'utilisation.

SU 196

Date de création/révision: 05/07/2001

4/5

10- STABILITE ET REACTIVITE

Réagit rapidement aux acides avec :
- dégagement de chaleur
- formation d'une effervescence

11- INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES

PRODUIT CORROSIF
EFFET PRIMAIRE D'IRRITATION :
- Peau : provoque des brûlures des muqueuses cutanées.
- Yeux : provoque des brûlures.
SENSIBILISATION : pas d'effet connu.
INGESTION: provoque des brûlures des voies digestives.

12- INFORMATIONS ECOLOGIQUES

Produit conforme à la législation relative à la biodégradabilité des détergents (décret et arrêtés du 24/12/87).

13- CONSIDERATIONS RELATIVES A L'ELIMINATION

Se conformer aux arrêtés et règlements préfectoraux en vigueur tant pour le produit que pour les emballages.

14- INFORMATIONS RELATIVES AU TRANSPORT

ADR - Classe 8 - Etiquette 8
Chiffre/lettre d'énumération : 41°b
N°code danger : 80
N° code matière: 1823
Contient de l'hydroxyde de sodium solide.

SU 196

Date de création/révision: 05/07/2001

5/5

15- INFORMATIONS REGLEMENTAIRES


Etiquetage des préparations dangereuses
 Symbole : C
 Phrases R : R35
 Phrases S : S26-28-36/37/39-45

16- AUTRES INFORMATIONS

Recommandation 89/542

	Concentration en %			
	< 5	5 à < 15	15 à < 30	30 et +
Phosphates		X		
Phosphonates				
Tensio-actifs anioniques				
Tensio-actifs cationiques				
Tensio-actifs amphotères				
Tensio-actifs non ioniques	X			
Agents de blanchiment oxygénés				
Agents de blanchiment chlorés				
Acide éthylène diaminetétra-acétique (EDTA)				
Acide nitrotriacétique (NTA)				
Phénols et phénols halogénés				
Paradichlorobenzène				
Hydrocarbures aromatiques				
Hydrocarbures alicycliques				
Halogénés				
Savons				
Zéolites				
Polycarboxylates				

Utilisation uniquement réservée au secteur professionnel.
 Manipuler et utiliser suivant les recommandations indiquées dans la fiche technique et sur l'étiquette.
 Toutes les fiches de données de sécurité de nos produits classés 'Dangereux' peuvent être consultées et/ou obtenues par MINITEL N°Vert: 08 36 05 00 99
 Accès INTERNET: <http://www.diese-fds.com>

CLAXJohnsonDiversey **Clax Profi****Liquid detergent for soft water and light to medium soiled fabrics****Description**

Clax Profi is a complete liquid mainwash detergent specially formulated for use in commercial, hospital and on premise laundries. The product has been designed solely for automatic dosing and should be used for soft water applications (up to 125 ppm). **Clax Profi** is suitable for washing all cotton and polycotton fabrics.

Key properties

Clax Profi is based on an effective blend of low foaming nonionics, water hardness sequestrants, anti-greying and anti-corrosion agents. The phosphate based building system ensures low water hardness ion concentration and consequently prevents precipitation of detergent components. In this way phosphates also function as anti-greying agents by keeping soil particles in suspension (prevents redeposition). In addition to phosphates other ingredients with anti-redeposition properties have been included in the product.

Clax Profi is also formulated with silicates, which function as anti-corrosion agents and are an additional source of alkalinity.

In addition **Clax Profi** contains an anti-yellowing agent, which has iron sequestering ability, and an optical brightener ensuring long-lasting whiteness. This product is a single shot mainwash detergent. Combined with bleach, it offers a powerful system, which may be used for cleaning fabric from hospitals and other healthcare establishments as well as for cleaning hotel and restaurant linen.

Benefits

- Excellent performance on a wide range of stains and types of soil
- Prevents greying of linen; stabilisation of soil particles in the wash liquor
- Ensures long-lasting whiteness
- Avoids yellowing of fabric
- Prevents corrosion of machine parts

Use instructions

Dosing level is dependent on wash classification.

Dosage recommendation:

Soil level	Dosage (ml/kg dry goods)
Light	5 – 10
Medium	10 – 15
Heavy	15 – 30

For best results:

- Use softened water
- Segregate polyester cotton articles from other articles and wash separately
- Separate white and coloured goods
- Sub-sort into light, medium and heavily soiled articles

3AL1

Clax Profi

Technical data

Appearance	Opaque light creamy or white liquid
Total Alkalinity [%Na ₂ O]; pH 3.6]	9.7
pH [1% solution]	12.4
Relative density [20°C]	1.28
Viscosity [mPa.s; 25°C]	500

The above data is typical of normal production and should not be taken as a specification.

Safe handling and storage information

Full guidance on the handling and disposal of this product is provided in a separate Material Safety Data Sheet. Store in original closed containers or (where applicable) in an approved bulk tank, away from extreme temperatures. Protect from frost.

Available pack sizes

Article code	Pack size
6973281	20 L
6973360	200 L

Clax Soft

Safe handling and storage information

Store in original closed containers or (where applicable) in an approved bulk tank, away from extremes of temperatures.

Full guidance on the handling and disposal of this product is provided in a separate Material Safety Data Sheet.

Available pack sizes

Article code	Pack size
7509730	10L
7508393	2x5L
6973317	20L
6973385	200L

CLAXJohnsonDiversey 

Clax Cid

Additif neutralisant de blanchiment et d'alcalinité résiduelle

Description

Clax Cid est un additif spécialement formulé pour une utilisation en blanchisserie industrielle et blanchisserie intégrée dans le secteur des collectivités.

Ce produit est appliqué au dernier rinçage pour neutraliser l'alcalinité résiduelle et réduire les traces de chlore sur les textiles.

Propriétés principales

Clax Cid est un neutralisant d'alcalinité et un agent antioxydant, formulé à base de bisulfites. Les bisulfites sont des composants à acidité modérée et sont utilisés pour neutraliser tout autant l'alcalinité résiduelle des textiles que l'alcalinité de l'eau de rinçage.

Clax Cid empêche donc le jaunissement (ou le marquage) des textiles provoqué par des traces d'alcalinité résiduelle. Ce produit associe en outre une fonction "anti-chlore" (par un procédé de réduction chimique) pour les traces de chlore laissées sur le linge après une opération de blanchiment.

Clax Cid est un neutralisant de blanchisserie très efficace, basé sur le concept du "2 en 1", ce qui permet d'éviter l'utilisation de 2 produits pour obtenir les mêmes résultats finaux de nettoyage.

Clax Cid peut être utilisé sur tout type de linge.

L'opération de neutralisation des résidus chlorés est essentielle pour éviter des dommages conséquents sur le linge provoqués par une combinaison de traces de chlore avec des hautes températures au cours de l'opération de séchage. Sur doser accidentellement **Clax Cid** n'occasionnera pas une baisse de pH significative de l'eau de rinçage, ce qui réduit d'autant les risques de dommage sur les textiles.

Un autre produit acide, neutralisant d'alcalinité, ne pourra être utilisé que dans le cas particulier où aucun produit de blanchiment chloré n'est utilisé au préalable.

Avantages

- Neutralisation efficace de l'alcalinité résiduelle aussi bien sur le linge que de l'eau de rinçage
- Neutralisation des traces de produit de blanchiment chloré
- Protection contre le jaunissement du linge
- Protection contre les dommages du linge

6BL1

Clax Cid

Mode d'emploi

Le niveau de dosage est fonction du degré de salissure du linge et du taux d'alcalinité résiduelle de l'eau de rinçage absorbé par le linge

Le neutralisant est utilisé au dernier rinçage en laveuse ou dans le dernier module d'un tunnel de lavage. Dans le cas précis ou certains tunnels de lavage comportent 2 sections pour l'opération de neutralisation, **Clax C** s'utilise à l'avant dernière section.

Recommandations de dosage :

Habituellement de 2 à 3 ml de linge sec.

- L'eau du dernier rinçage provenant du bain de rinçage doit avoir un pH compris entre 6.0 et 6.5. (Pour quelques cas précis, d'autres recommandations de pH pourront être suivies).
- Dans tous les cas, vérifier l'absence de résidus chlorés dans l'eau de rinçage.
- Ne pas utiliser **Clax Cid** en dosage manuel et ne jamais mélanger avec Clax Hypo Conc.

Données techniques

Aspect	liquide jaune légèrement ambré
Acidité totale [% Na ₂ O; pH 8.2]	10.6
pH [solution à 1 %]	3.6
Densité [g/l - 20°C]	1.32

Les données inscrites ne sont qu'indicatives pour le produit fabriqué et ne peuvent donc être prises pour des spécifications.

Recommandations pour la manipulation et le stockage

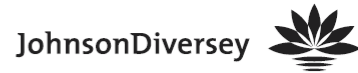
Les recommandations complètes relatives aux précautions de manipulation et d'utilisation du produit sont disponibles séparément sur la Fiche de Données de Sécurité accessible au N° Vert 08.36.05.00.99 sur Mir ou sur Internet <http://www.diese-fds.com> et www.johnsondiversey.fr

Stockage :

- Vérifier que la ventilation du local est suffisante lorsque ce produit est préparé en solution avant utilisation
- Ne pas conserver le produit dans des contenants en métal et ne pas pomper le produit au moyen de tuyau en métal.
- Conserver le produit dans son emballage d'origine fermé et éviter les températures extrêmes au cours du stockage.

Conditionnements disponibles

Code article	Conditionnement
6973321	20L



Clax Hypo

Chlorine bleach

Description

Clax Hypo is a laundry destainer specially formulated for use in commercial, healthcare and on premise laundries. The product should be applied in the rinse at temperatures between 20 and 40 °C and can be used for all types of white fabrics and a limited number of colourfast articles.

Key properties

Clax Hypo is an effective low temperature bleach system based on hypochlorite, alkali and bleach stabilising agents. It is a very thin liquid, which makes it easily pumpable, ensuring optimal delivery in the wash solution.

This product can be applied on all types of white fabrics and articles with chlorine compatible dyes such as hospital theatre linen.

In order to obtain good bleach performance and at the same time causing minimal fabric damage, the temperature of the washsolution should be kept below 30°C

In addition **Clax Hypo** provides good hygiene, provided the temperature and pH conditions and contacttime are right.

Please note that this type of bleach should not be applied on linen with chlorhexidine stains. It is advised to avoid contact of chlorine with enzyme containing products in the wash solution. Enzymes will be inactivated by chlorine.

For further information on use please refer to 'User Instructions'.

Benefits

- Excellent destainer for all types of white fabric
- Easy to dose
- Results in minimal fabric damage when used according to user instructions
- Enables bleaching at lower temperatures; saves energy
- Provides good hygiene

4AL1

Clax Hypo

Use instructions

Dosing level is dependent on wash classification.

Dosage recommendation: 6 - 15 ml/kg dry goods

Please note the following:

- To obtain good bleaching and to minimise fabric damage the temperature should preferably be kept at about 28 °C
- At this temperature the pH of the wash solution should be around 9.5
- Please note that at a pH below 9.5, chlorine becomes more 'active' because of formation of higher relative concentration of hypochlorous acid; this is far more aggressive than hypochlorite and will cause excessive damage to fabric
- Therefore proper pH control of the wash solution is essential
- At higher pH, chlorine becomes less 'active' and consequently higher temperatures may be applied; at pH 10.5 bleaching should be done at 50 – 55 °C
- Hypochlorite reacts with chlorhexidine, resulting in brown stains, which are hard to remove
- Please make sure that, after bleaching has been completed, all residual chlorine is neutralised in the last rinse (Clax Cid; see PIS); incomplete neutralisation will lead to yellowing and fabric damage during drying at elevated temperatures
- Do not use **Clax Hypo** for cleaning nylon (polyamide; eg HTN dustmats)

Technical data

Appearance	Clear, yellow liquid
pH [1% solution]	11.8
Relative Density[20 °C]	1.175
Available Chlorine [%]	8.34

The above data is typical of normal production and should not be taken as a specification.

Safe handling and storage information

Store in original closed containers or (where applicable) in an approved bulk tank, away from extremes of temperatures.

Full guidance on the handling and disposal of this product is provided in a separate Material Safety Data Sheet.

Available pack sizes

Article code	Pack size	Pack type
6973310	20L	Canisters, Tight Head



Clax Soft

Softener

Description

Clax Soft is a fabric softening liquid specially formulated for use in commercial and on premise laundries. The product is suitable for application on most types of fabric and can be manually or auto-dosed.

Key properties

Clax Soft is a fabric conditioner based on biodegradable cationics, quaternary ammonium salts.

In the wash solution, these positively charged cationics, adsorb to the negatively charged surface of fabrics. Once adsorbed onto fabric the cationic has a lubricating effect. During the drying process, this prevents interlocking of individual fibres and build-up of static electricity (especially on synthetic fibres). In addition lubrication facilitates ironing/calendering.

The product has also been formulated with perfume, which leaves a pleasant smell on fabric.

Clax Soft can be used for most types of fabrics, but is particularly effective on bulked or textured fabrics such as towels. It also imparts a smooth, silky feel on woven or flat knitted fabric.

Benefits

- Good softening of many types of fabric (towels, sheets, wool, delicate articles etc.)
- Prevents build-up of static electricity on synthetic fabrics
- Delivers a pleasant residual smell
- Is based on biodegradable raw materials

Use instructions

Dosing level is dependent on wash classification. The softener should be applied in the last rinse of a washer extractor or in the last section of a continuous batch washer.

Dosage recommendation: 2 – 10 ml/ kg dry goods

Please note that this product should not be used on:

- articles dried on calenders with a polyester felt
- articles made of micro polyester fibres such as cleanroom garments and water repellent theatre linen

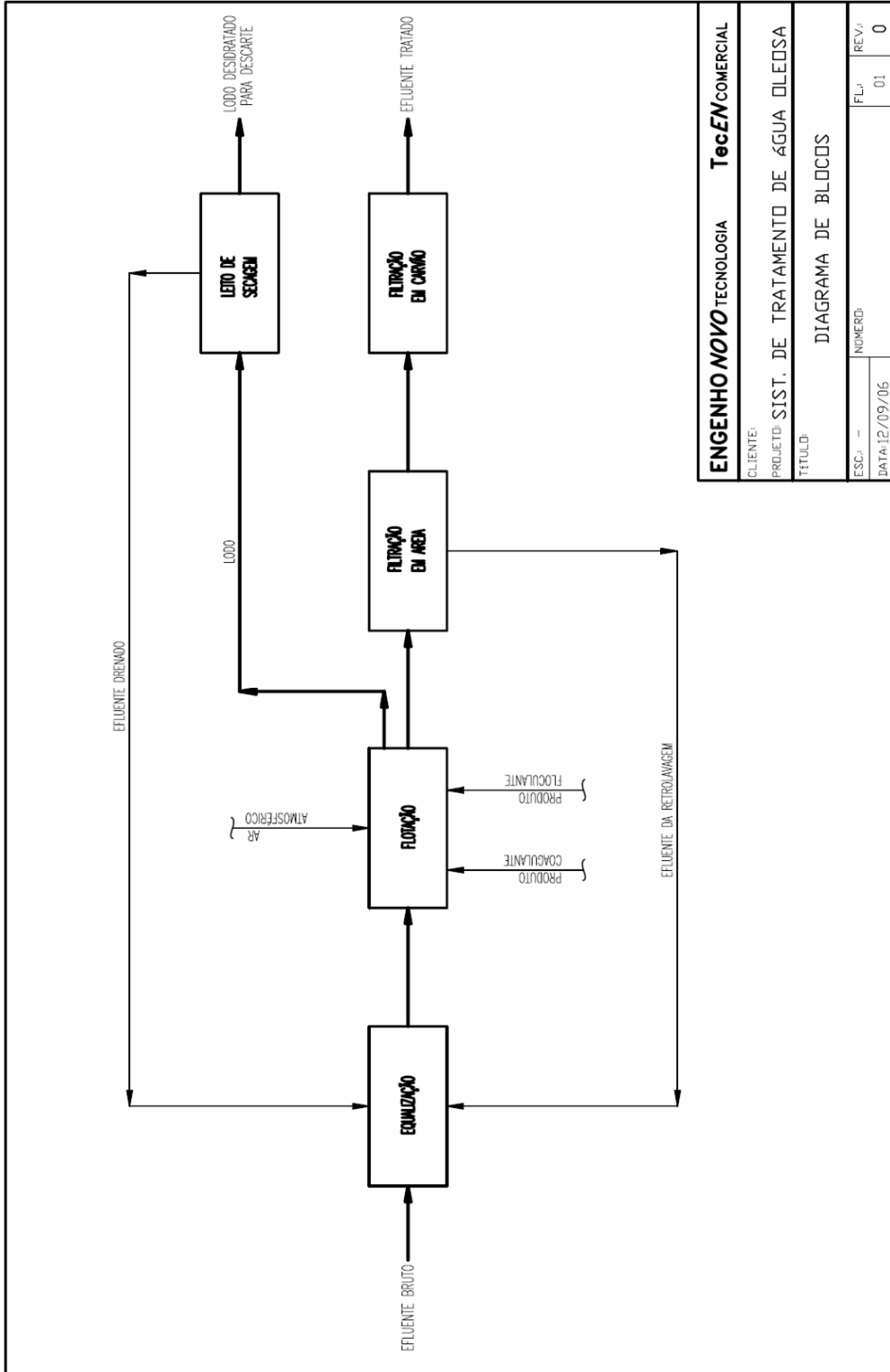
Technical data

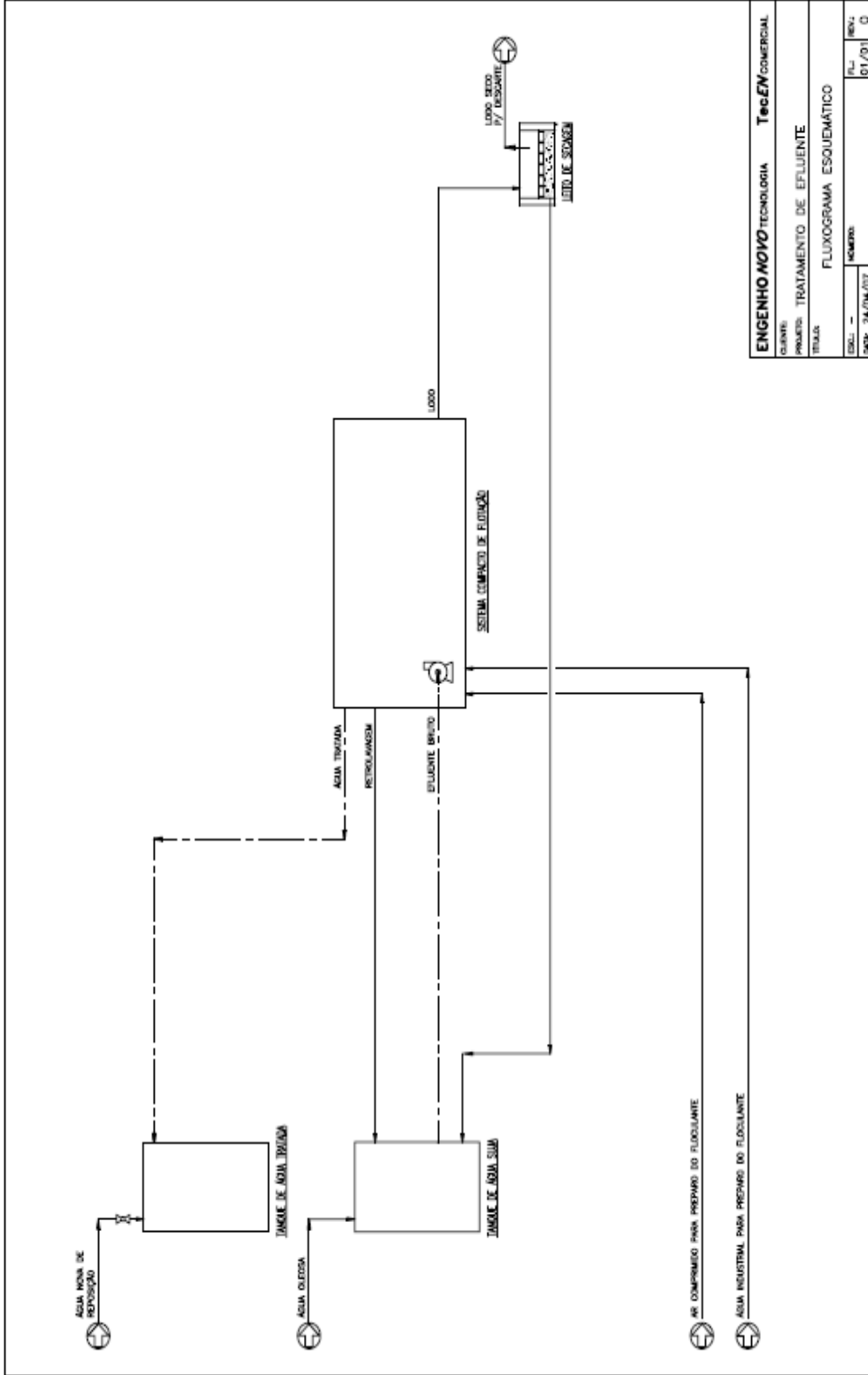
Appearance	Thin blue liquid
pH [neat]	3.05
Relative Density at 20°C	0.996
Viscosity [mPa.s; 25 °C]	3 – 10

The above data is typical of normal production and should not be taken as a specification.

5CL1

ANEXO C - Diagrama esquemático e fluxograma de blocos da ETE, propostos para o tratamento dos efluentes para posterior reuso.





ENGENHO NOVO TECNOLOGIA		TecEN COMERCIAL	
CLIENTE: TRATAMENTO DE EFLUENTE			
PROJETO: TRATAMENTO DE EFLUENTE			
TITULO: FLUXOGRAMA ESQUEMATICO			
ESCALA: -	HOMENHO:	PLA:	REV.:
DATA: 24/04/07		01/0	0