

**WAGNER DE MIRANDA PEDROSO**

**OTIMIZAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO INDUSTRIAL DE  
UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA**

**ESTUDO DE CASO NA VOLKSWAGEN – SÃO BERNARDO DO CAMPO - SP**

**SÃO CAETANO DO SUL**

**2009**

**WAGNER DE MIRANDA PEDROSO**

**OTIMIZAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO INDUSTRIAL DE  
UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA**

**ESTUDO DE CASO NA VOLKSWAGEN – SÃO BERNARDO DO CAMPO - SP**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia  
Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de  
Tecnologia para obtenção do Título de Mestre em  
Engenharia de Processos Químicos e  
Bioquímicos.

Linha de Pesquisa: Análise de Processos  
Químicos

Orientador: Prof. Dr. Hector Alexandre Chaves Gil

SÃO CAETANO DO SUL

2009

Pedroso, Wagner de Miranda

Otimização de Estação de Tratamento de Esgoto Industrial de uma Indústria Metalúrgica. Estudo de caso na Volkswagen – São Bernardo do Campo – SP / Wagner de Miranda Pedroso: CEUN-EEM, 2009.

99 p.

Dissertação de Mestrado — Programa de Pós-Graduação.  
Linha de Pesquisa: Análise e Controle de Processos Químicos —  
Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto  
Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, 2009.

Orientador: Prof. Dr. Hector Alexandre Chaves Gil

1. Remoção de Metais. Tratamento de esgoto. Reuso.  
Tratamento de Água. Lodo. I. Instituto Mauá de Tecnologia. Centro  
Universitário. Escola de Engenharia Mauá. II. Título.

## Dedicatória

Às minhas queridas filhas, Juliana e Cecília, ao meu neto Henrique e, em especial, a minha esposa Valéria pelo companheirismo e compreensão nos meus momentos de ausência.

## **AGRADECIMENTOS**

Desejo agradecer a todos que diretamente me auxiliaram na conclusão deste trabalho, em especial:

Aos meus pais, pela educação e formação que, desta forma, permitiram a realização deste feito;

À família – esposa e filhos, que estiveram ao meu lado prestando o suporte que fosse necessário;

Ao orientador Prof. Dr. Hector Alexandre Chaves Gil pela paciência e presteza na condução deste trabalho;

A Volkswagen do Brasil, por ter permitido a utilização dos dados contidos neste trabalho, para que pudesse ser possível conduzir esta pesquisa, através do intermédio do Gerente de Manutenção, Marco Antonio Vilas Boas;

Ao pessoal técnico e operacional da Renova Resíduos, na pessoa da Sr<sup>a</sup>. Liliane D. Santos, pelo apoio incondicional;

Ao representante técnico da Nalco, Eng<sup>o</sup> Silvio Henrique Santos, também pelas discussões técnicas e informações;

Aos meus colegas de trabalho, pelo incentivo, encorajamento e apoio.

O melhor momento para plantar  
uma árvore foi há vinte anos. O  
melhor segundo momento é agora.

Provérbio Chinês

## RESUMO

O descarte de efluentes proveniente de indústrias deve ser feito de maneira a causar os menores impactos ambientais, aplicando a quantidade de recursos ou produtos químicos adequada ao tratamento e gerando o mínimo de resíduos, além do atendimento aos requisitos legais. Este trabalho procurou otimizar o processo de tratamento de efluentes a partir de uma qualificação e quantificação do modelo empregado numa indústria metalúrgica (Volkswagen do Brasil em sua unidade de São Bernardo do Campo). Foi implantado um programa de amostragem que incrementou em mais de 170 análises físico-químicas mensais antes e depois do tratamento, com base no artigo 19 "A" do decreto 8468 do Estado de São Paulo. A comparação com os resultados laboratoriais (teste do jarro) possibilitou definir a dosagem do coagulante a base de sulfato de alumínio e a faixa de pH ótimos para eliminação dos principais contaminantes tóxicos ao meio ambiente encontrados no efluente estudado, sais de Zinco e Níquel, e também quantificar os resíduos gerados mensalmente. O Conhecimento profundo do efluente possibilitou propor o reúso da água aproveitando-se a necessidade constante de reposição em sistemas menos nobres, como em torres de resfriamento, o que pode gerar uma economia de água em aproximadamente 252 milhões de litros anuais

Palavras chave: reúso, remoção de metais, tratamento de efluentes, indústria metalúrgica, lodo, tratamento de água.

## **ABSTRACT**

The discard of effluents originated in factories should be done in a manner to cause the least environmental impacts, by applying resources and chemical products adequately for the treatment of the wastewater and generating a minimum of residues, besides attending to the legal requirements. The present work aims to optimize the treatment process of effluents from the qualification and quantification model employed in a metallurgical industry (Volkswagen unit in São Bernardo do Campo, Brazil). A sampling program that increased in more than 170 monthly physical chemical analyses was introduced before and after the treatment, based on the article 19 from the decree 8468 of the State of São Paulo. A comparison with the laboratorial results (jar test) allowed a definition of the aluminum sulfate-based coagulant dosage and pH band optimum for the elimination of the main toxic residues found in the studied effluent which contaminate the environment, zinc and nickel salts, as well as a quantification of the monthly generated wastes. The profound knowledge of the effluent enabled a proposal of wastewater reuse taking advantage of the constant water replacement in less noble systems, such as cooling towers, which may generate an economy of approximately 252 million liters of water a year.

Key words: Reuse, metals removal, treatment of effluent, metallurgical industry, sludge, water treatment.



## FIGURAS

Figura 1: Água no mundo (Adaptado de Kemmer).....	18
Figura 2: Ciclo da Água. Adaptado de Arlindo Filippi Jr.....	18
Figura 3: Recursos mundiais 2000-2001. Pessoas e Ecossistemas. OMS (2006). Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture.	20
Figura 4: Saturação da Água Doce. OMS (2006). Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture.....	20
Figura 5: Consumo de Água por Segmento. Adaptado de Folha de São Paulo, 1999. Citado por MACEDO 2004.....	21
Figura 6: Redução da camada difusa. Adaptado de KEMME, 1998.....	25
Figura 7: Aglutinação das partículas. Adaptado de KEMME, 1998.....	26
Figura 8: Incrustação numa tubulação de distribuição de água. Adaptado de GE <i>Water Technology</i> .....	27
Figura 9: Reações químicas envolvidas, adaptado de Sanks, 1982; Kawamura, 1991 e Davis e Cornwell, 1998 citados por MIERZWA e HESPANHOL 2005.....	27
Figura 10: Zeólita de troca iônica, adaptado de MIERZWA e HESPANHOL, 2005.....	28
Figura 11: Fluxo do fluido num processo de membrana, adaptado de MIERZWA e HESPANHOL, 2005.....	29
Figura 12: Capacidade de separação dos principais processos de separação por membranas. Adaptado de MIERZWA e HESPANHOL, 2005.....	29
Figura 13: Representação esquemática do processo de osmose reversa. Adaptado de MIERZWA e HESPANHOL, 2005.....	31
Figura 14: Processo de extração, uso, tratamento e descarte da água.....	35
Figura 15: Fluxograma de produção de automóveis (adaptado de KEMMER, 1998).....	36
Figura 16: Fluxo produtivo da Volkswagen Anchieta, foto adaptada de <i>Google Earth</i> (acessado em 05/10/2008).....	37
Figura 17: Fluxo dos principais geradores de efluentes, foto adaptada de <i>Google Earth</i> (acessado em 05/10/2008).....	38
Figura 18: Fluxograma de pintura básico (adaptado de KEMMER, 1998).....	39
Figura 19: Diagrama do processo de Pré-Tratamento.....	39
Figura 20: Configuração básica do sistema de resfriamento aberto.....	40
Figura 21: Medição da vazão na saída da ETEI .....	41
Figura 22: Fluxograma do processo de tratamento da ETEI – Antes da Implantação das Alterações.....	42

Figura 23: Processo de remoção de óleo.....	43
Figura 24: Processo de floculação e decantação (Reator ou Sedmat).....	44
Figura 25: Teste de Tratabilidade – <i>Teste do Jarro</i> .....	48
Figura 26: Diagrama de Entrada, Adição e Saída de Sólidos Totais.....	49
Figura 27: Concentração de metais na Saída do Pré-Tratamento (Pintura).....	53
Figura 28: Concentração de Níquel na Entrada e no Processo de Tratamento.....	54
Figura 29: Concentração de Zinco na Entrada e na Saída da ETEI – em mg/L.....	55
Figura 30: Medição do pH na entrada e na saída da estação.....	57
Figura 31: pH de precipitação de metais. Adaptado de <i>GeWater Technologies</i> , 2003.....	58
Figura 32: Resultados do tratamento na saída do tanque Reator.....	61
Figura 33: Novo Fluxograma do Processo de Tratamento.....	62
Figura 34: Medição da umidade do lodo.....	64
Figura 35: Medição de Óleos e Graxas do lodo enviado para aterro.....	65
Figura 36: Comparação entre a condição de tratamento do pH no tratamento e a remoção de Níquel.....	66
Figura 37: Proposta de implantação de uma ET – Estação de Tratamento na saída do processo de Pintura, foto adaptada de Google Earth (acessado em 05/10/2008).....	69
Figura 38: Separador de óleo com proposta de lamelas adaptadas.....	70
Figura 39: Proposta de sistema de Reúso.....	71

## ANEXOS

Anexo 1 – Detalhes do Tanque Separador de Óleo.....	77
Anexo 2 - Detalhes do tanque Reator.....	78
Anexo 3 - Detalhes do tanque Sedmat.....	79
Anexo 4 - Caracterização do lodo.....	80
Anexo 5 - Certificado de Calibração do Equipamento Espectrofotômetro DR 2010.....	85
Anexo 6 - Instrução para Medição/ Utilização do Cone de Imhoff.....	86
Anexo 7 - Determinação de Sólidos em Águas por Gravimetria.....	87
Anexo 8 - Determinação do Teor de Óleos e Graxas - Líquidos.....	91
Anexo 9 - Determinação de Umidade e Sólidos Totais.....	94
Anexo 10 – Resultados Analíticos.....	96
Anexo 11 – Padrão de Relatório <i>Teste do Jarro</i> .....	99

## TABELAS

Tabela 1: Demonstrativo de parâmetros legais, Decreto 8468, artigo 19-A do Estado de São Paulo.....	23
Tabela 2: Exemplos de produto de Solubilidade.....	24
Tabela 3: Precauções no uso de Água de Reuso. Adaptado Metcalf & Eddy (2003 p. 1143).....	32
Tabela 4: Padrões de qualidade para uso industrial segundo Hespanhol e Mierzva (2005).....	34
Tabela 5: Diretrizes Sugeridas para o Reúso Industrial (adaptado de EPA Guidline for Water Reuse).....	34
Tabela 6: Consumo médio de água, geração de esgoto e reuso.....	36
Tabela 7: Consumo de Produtos Químicos .....	45
Tabela 8: Avaliação do Efluente na Entrada da Estação – ETEI.....	51
Tabela 9: Plano de Amostragem.....	52
Tabela 10: Resultados do Teste do Jarro.....	59
Tabela 11: Medição de Sólidos Totais no Efluente.....	63
Tabela 12: Parâmetros a serem monitorados na saída da estação de reúso.....	71

## LISTA DE ABREVIATURAS

CRL	Cloro Residual Livre
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
ET	Estação de Tratamento
ETA	Estação de Tratamento de Água (potável)
ETD	Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário
ETEI	Estação de Tratamento de Esgoto Industrial
MF	Microfiltração
ND	Não Detectado
NF	Nanofiltração
nm	Nanômetro
NM	Não Medido
OG	Óleos e Graxas
OR	Osmose reversa
R	Resina de troca iônica;
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SE	Sólidos na Entrada (do efluente a ser tratado)
SG	Sólidos Gerados
SL	Sólidos no Lodo - base seca
SST ou STS	Sólidos em Suspensão Totais
SPQ	Sólidos Produtos Químicos (adicionados ao tratamento)
SS	Sólidos na Saída (efluente tratado descartado)
UF	Ultrafiltração,
UFC	Unidade Formadora de Colônias
VMP	Valor Máximo Permitido

## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	15
2.	<b>OBJETIVO.....</b>	17
3.	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	18
3.1.	FUNDAMENTOS DO TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS	22
3.1.1.	<b>Definição da característica de lançamento (legislação).....</b>	22
3.1.2.	<b>Tecnologias de Tratamento de Efluentes.....</b>	23
3.1.2.1.	Tratamento Físico-Químico.....	24
3.1.2.2.	Abrandamento.....	26
3.1.2.2.1.	Abrandamento com cal.....	27
3.1.2.3.	Troca Iônica.....	28
3.1.2.4.	Separação por Membrana.....	28
3.1.2.4.1.	Microfiltração (MF).....	30
3.1.2.4.2.	Ultrafiltração (UF).....	30
3.1.2.4.3.	Nanofiltração (NF).....	30
3.1.2.4.4.	Osmose Reversa (OR).....	30
3.1.2.4.5.	Eletrodíálise.....	31
3.2.	ÁGUA DE REUSO .....	32
3.2.1.	<b>Qualidade de Água de Reuso.....</b>	<b>33</b>
4.	<b>ÁREA DE ESTUDO.....</b>	35
4.1.	SISTEMÁTICA DE CAPTAÇÃO, USO E DESCARTE DA ÁGUA NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA.....	35
4.2.	USO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA (PROCESSO PRODUTIVO).....	36
4.2.1.	<b>Estamparia.....</b>	37
4.2.2.	<b>Armação – Carroceria.....</b>	37
4.2.3.	<b>Pintura.....</b>	37
4.2.4.	<b>Montagem Final.....</b>	38
4.3.	PRINCIPAIS AGENTES POLUIDORES.....	38
4.3.1.	<b>Efluentes oriundos do processo de Pintura .....</b>	39
4.3.2.	<b>Efluentes oriundos das Torres de Resfriamento.....</b>	40
4.4.	DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DO EFLUENTE INDUSTRIAL.....	41

4.4.1.	<b>Ancinho/Gradeamento.....</b>	42
4.4.2.	<b>Desarenador/Caixa de Areia.....</b>	43
4.4.3.	<b>Separador de Óleo.....</b>	43
4.4.4.	<b>Floco-decantador (Reator e Sedmat).....</b>	44
4.4.5.	<b>Tanque Intermediário de Lodo.....</b>	44
4.4.5.1.	Bombeamento e Prensagem de Lodo.....	45
4.4.5.2.	Destinação do Lodo Prensado.....	45
4.4.6.	<b>Casa de Química.....</b>	45
5.	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	47
5.1.	COLETA DE AMOSTRAS.....	47
5.2.	ANÁLISE DO EFLUENTE.....	47
5.2.1.	<b>Análise em Laboratório Externo.....</b>	47
5.2.2.	<b>Análise em Campo.....</b>	48
5.3.	ENSAIO DE TRATABILIDADE – TESTE DO JARRO.....	48
5.4.	SISTEMÁTICA DE MEDIÇÃO DO LODO.....	49
5.4.1.	<b>Quantificação do Lodo Gerado.....</b>	49
5.4.2.	<b>Óleos e Graxas – OG (contaminação).....</b>	49
6.	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	51
6.1.	CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE CONTAMINADO.....	51
6.1.1.	<b>Principais Contaminantes Detectados .....</b>	53
6.2.	RESULTADOS DO ENSAIO DE TRATABILIDADE.....	55
6.2.1.	<b>Procedimento para Determinação das Condições Ideais de Tratamento.....</b>	56
6.3.	ALTERAÇÕES NO PROCESSO.....	60
6.4.	QUANTIFICAÇÃO DE LODO.....	62
6.4.1.	<b>Medição OG no lodo.....</b>	64
7.	<b>CONCLUSÃO.....</b>	66
8.	<b>RECOMENDAÇÕES.....</b>	68
8.1.	ELIMINAÇÃO DE METAIS PESADOS – NÍQUEL E ZINCO.....	68
8.2.	REDUÇÃO DO CONTAMINANTE DO LODO.....	69
8.3.	PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE REUSO DE ÁGUA.....	70
9.	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	73

## 1. INTRODUÇÃO

Para a realização das atividades humanas utiliza-se água em abundância por se tratar de um recurso abundante na natureza com aplicações diversas, de fácil obtenção e a um custo relativamente baixo.

Como uso básico pode-se mencionar a aplicação como veículo de transporte de pessoas e mercadorias, irrigação, piscicultura, geração de energia, produção industrial, processamento de alimentos, recreação, paisagismo, etc. sendo, primeiramente, de fundamental importância ao meio ambiente e na forma de garantir e manter as atividades dos seres vivos.

Tanto o uso consciente da água quanto o processo de descarte ao meio ambiente são de fundamental importância. Sendo assim, este trabalho aborda o conceito do tratamento de efluentes industriais (devolução da água ao meio ambiente), avalia a forma e os materiais utilizados para a remoção das impurezas presentes no efluente industrial utilizando testes laboratoriais e comparando com os efeitos do tratamento em escala industrial.

A avaliação apurada dos contaminantes presentes no processo, como sais de Níquel e Zinco, foi fundamental para determinar o comportamento do efluente e garantir a qualidade requerida para descarte. Para esta determinação foi necessária a definição de um plano de amostragem mais abrangente do que aquele praticado anteriormente, conseguido através de uma negociação com o prestador de serviços, sem incremento do custo operacional da estação. Implantou-se também o monitoramento da principal fonte poluidora, propiciando um aumento na chance de sucesso do tratamento por tornar conhecida a característica de lançamento e possibilitar a proposição de sistemática de tratamento na origem. Assim, determinou-se que o principal contribuinte de sais de Níquel e Zinco é o processo de pré-tratamento da pintura de veículos, e que a eliminação no berço pode reduzir ou tornar desnecessário o tratamento final como um todo.

Como existia uma preocupação pelos gestores da área sobre a real geração de lodo, foi permitido realizar uma proposta de quantificação a partir de uma medição de sólidos totais na entrada e saída do tratamento e considerando-se o que foi acrescido e removido. A determinação da quantidade de lodo gerada mensalmente nos dá um direcional para o



estabelecimento de metas internas de geração de resíduos e projeção de verba requerida para a destinação adequada deste resíduo.

Pensando no meio ambiente e na sustentabilidade do sistema, pode-se propor um fluxo, equipamentos e um tipo de qualidade de água de reúso em sistemas que requeiram qualidade de água inferior, mas controlada, como em torres de resfriamento.

Considerando a existência de um potencial de reuso de água na ordem de 30.000.000 Litros mensais e que existe grande preocupação mundial sobre a extinção de recursos naturais e degradação ambiental, este trabalho, guardadas as devidas proporções, difunde as técnicas de reúso, define uma metodologia de medição de lodo gerado e apresenta uma sistemática de medição do efluente por meio de análises químicas em campo e em laboratório contribuindo na difusão das técnicas de tratamento de esgotos industriais.

## **2. OBJETIVO**

Considerando-se a necessidade de demonstrar que o processo de tratamento de efluentes é eficiente e que consome uma quantidade de insumos justa, o objetivo deste trabalho é realizar um estudo buscando quantificar e qualificar o tratamento empregado, ou seja, definir se a remoção dos contaminantes, sais de Níquel e Zinco, frente o consumo de produtos químicos e sua forma de aplicação, propicia um rendimento adequado e atende a legislação, conforme Decreto do Estado de São Paulo, número 8468 de 1976, em seu artigo 19-A.

Como uma contribuição ao meio ambiente, deseja-se propor uma forma de utilização mais racional dos recursos hídricos através do estudo e proposição de sistema de reuso da água e redução do lodo gerado.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Sabe-se que a água é necessária tanto para o consumo humano quanto para fins industriais, sendo a disponibilidade da água doce a menor na natureza (Figura 1).

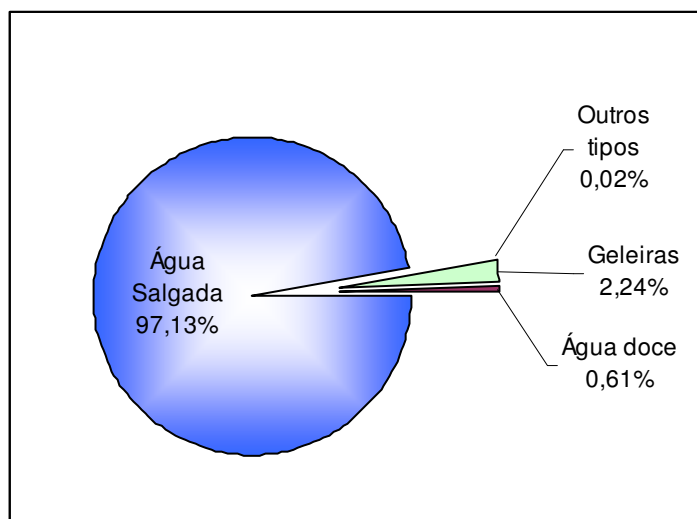


Figura 1: Água no mundo (Adaptado de Kemmer)

O regime de produção e armazenagem da água na natureza forma um ciclo conforme Figura 2. Assim a água que ingerimos hoje já teve uso um dia, por uma planta, por um peixe, outro ser humano, etc, tornando-se de extrema importância o controle de qualidade tanto na utilização quanto no momento do descarte.

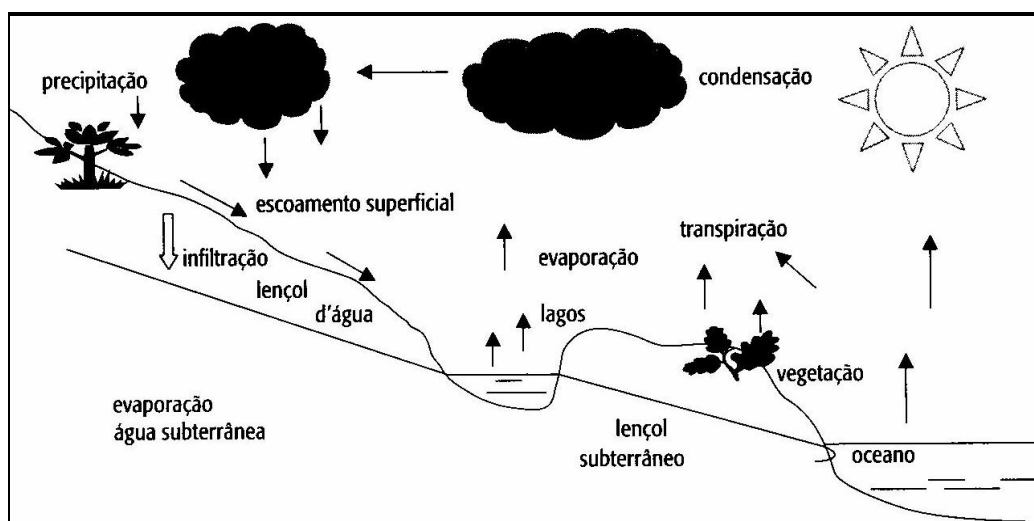


Figura 2: Ciclo da Água. Adaptado de Arlindo Philippi Jr.

A captação da água pode ser feita a partir do lençol freático, de um aquífero superficial, de uma geleira ou da água de chuva e é devolvida ao meio ambiente com acréscimo de impurezas.

A proteção do meio do meio ambiente contra os agentes poluidores de origem industrial é um problema complexo (BRAILE e CAVALCANTI, 1993) incrementa a cadeia produtiva e, conseqüentemente, o produto final. Para o ano de 2050 prevê-se uma população em torno de 9 bilhões de pessoas podendo chegar a 12 bilhões de habitantes (LORA Silva, 2002). Com o aumento da população, teremos um aumento significativo na demanda de água para fins de uso doméstico, produção de alimentos, aumento do nível de industrialização e, nos piores casos, para a depuração de esgotos. Uma vez que a população mundial apresenta esta ordem de crescimento, o uso racional da água torna-se primordial para que todo o ecossistema permaneça em equilíbrio, caso contrário, a maioria dos processos produtivos passarão a ter um custo proibitivo além dos impactos na poluição no planeta.

Os principais impactos ambientais podem ser considerados como causas de uma crise ambiental, podendo-se citar quatro principais agentes: o aumento exponencial da população, aumento exponencial do consumo de energia, intensificação do processo de industrialização e processo de urbanização intensa (LORA, 2002). Pode-se notar que a água está ligada aos fatores da crise ambiental, Figura 3, existindo consumo direto e descarte.

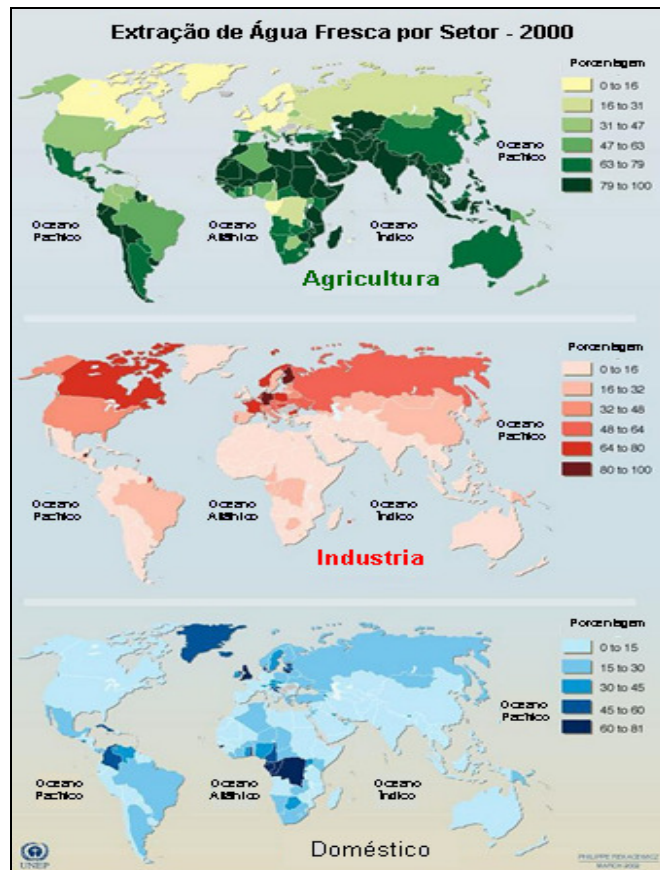


Figura 3: Recursos mundiais 2000-2001. Pessoas e Ecossistemas. OMS (2006). Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture.

Nota-se que várias regiões do mundo serão afetadas com o aumento no consumo de água doce e principalmente em países como Estados Unidos, China e Índia, conforme Figura 4. Os impactos ambientais são percebidos através da alteração do fluxo de água nos rios, alteração da temperatura ambiente e nível de precipitação.

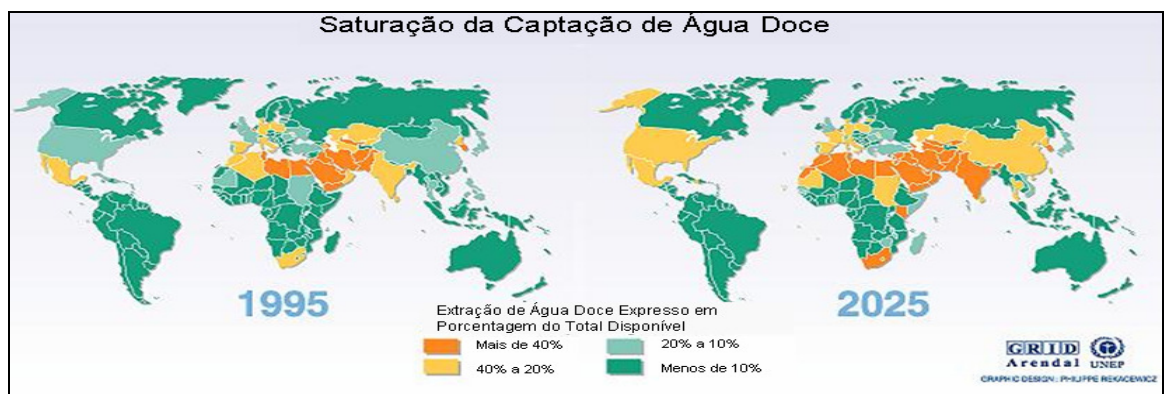


Figura 4: Saturação da Água Doce. OMS (2006). Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture.

A maior parte da água consumida no Brasil é de uso agrícola seguido pelo uso industrial (Figura 5). Em regiões de maior consumo em grandes metrópoles, como São Paulo, existe a prática de tarifas elevadas para inibir o consumo e custear o tratamento e a distribuição; assim indústrias acabam optando pela captação da água através de poços artesianos consumindo uma água armazenada pela natureza que, em casos de negligência ou falta de conhecimento, pode ocasionar contaminações do lençol freático (poços abertos são canais de comunicação diretos de poluentes) ou uso predatório (taxa de extração acima da recomposição).

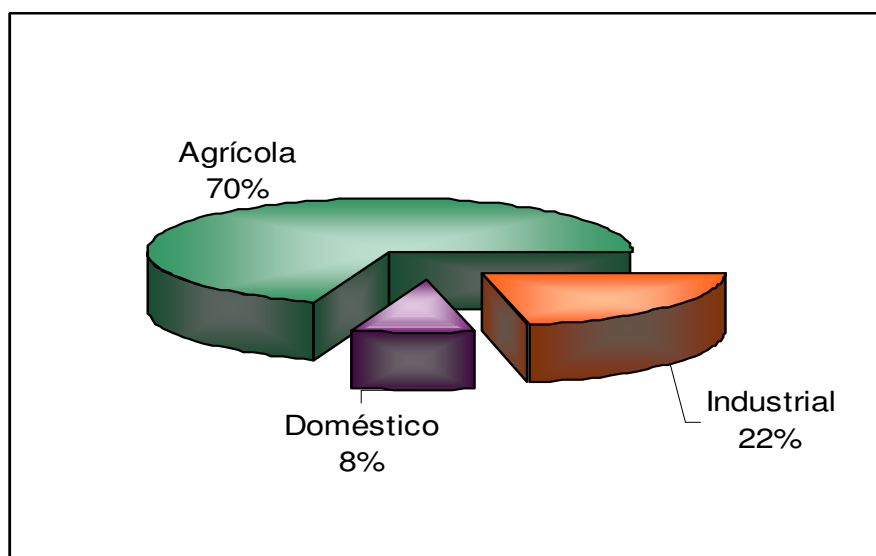


Figura 5: Consumo de Água por Segmento. Adaptado Folha de São Paulo, 1999, citado por Macedo 2004

A poluição do meio ambiente tornou-se assunto de interesse público em todas as partes do mundo onde os impactos da poluição afetam tanto as nações desenvolvidas quanto as em desenvolvimento associado ao rápido crescimento econômico e à exploração de recursos naturais. Ao lado dos crescentes problemas provocados pela produção excessiva, alto consumismo e a extinção dos recursos naturais, caminham a contaminação do meio ambiente através dos produtos pós-uso ou dos subprodutos e resíduos gerados nos processos produtivos.

As condições econômicas regionais exercem grande papel quando se trata de definir a melhor tecnologia que também é influenciada por fatores independentes das necessidades de controle da poluição (BRAILE e CAVALCANTI, 1993). Vale mencionar que, para a definição do processo a ser implementado, deverão ser levados em consideração alguns fatores como custo de implantação, custo das peças de reposição e teor de nacionalização, custo e qualificação da mão de obra envolvida.

### 3.1. FUNDAMENTOS DO TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

O tipo de tratamento a ser empregado está intimamente ligado à característica e tipo de processo produtivo instalado. Em cada situação, estudos específicos devem ser feitos e podem resultar em tratamentos diferentes mesmo sendo um efluente proveniente de um mesmo processo produtivo em outra localidade. Estas diferenças ocorrem em função da qualidade de água de entrada, condições climáticas da região, nível de qualificação da mão de obra local, disponibilidade hídrica e disponibilidade de recursos técnicos e legislação local.

#### 3.1.1. Definição da característica de lançamento (legislação)

A partir do momento em que a água utilizada no processo foi contaminada com uma substância agressiva ao processo ou adquiriu elementos que a tornaram corrosiva ou incrustante, deverá passar por algum tipo de descontaminação para atendimento aos requisitos legais e evitar danos ao meio ambiente.

Conforme o tipo de contaminação no efluente existirá um padrão de tratamento a ser seguido que é definido conforme a legislação vigente nas diversas esferas do Estado brasileiro, característica da empresa (por exemplo: empresas multinacionais eventualmente trazem padrões ou restrições de sua matriz), mercado comprador ou exigência adicional do órgão ambiental.

Na esfera Federal podemos citar o Decreto nº. 24.643 de 10 de julho de 1934, Código de Águas, que definiu os vários tipos de água no território nacional, abordando também a contaminação dos corpos de água.

Consultando-se a Resolução CONAMA nº. 357, de 17 de março de 2005 obtém-se a classificação das águas doces, salobras e salinas de acordo com suas utilizações e respectivos padrões de qualidade, regulamentando procedimentos para lançamento de efluentes e concentrações máximas de poluentes.

Em referencia padrão de emissão do processo estudado, deve-se cumprir a Lei nº. 977, de 31 de maio de 1973, regulamentada pelo Decreto nº. 8468, de 8 de setembro de 1976, do Estado de São Paulo. Este decreto aborda, entre outros aspectos, a classificação de águas no Estado de São Paulo, com seus respectivos padrões de qualidade e emissão de efluentes, especificamente, o artigo “19º A” que define a característica de lançamento em troncos coletores da rede pública, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Demonstrativo parâmetros legais, Decreto 8468, artigo 19-A Estado de São Paulo.

<b>Parâmetro</b>	<b>VMP *</b>	<b>Unidade</b>
pH	6,0 - 10,0	-
Temperatura	40	°C
Res. Sedimentáveis	20	mg/L
Arsênio	1,5	mg/L
Cádmio	1,5	mg/L
Chumbo	1,5	mg/L
Cianeto	0,2	mg/L
Cobre	1,5	mg/L
Cromo Hexavalente	1,5	mg/L
Cromo Total	5,0	mg/L
Estanho	4,0	mg/L
Fenóis	5,0	mg/L
Ferro Solúvel	15	mg/L
Fluoretos	10	mg/L
Mercurio	1,5	mg/L
Níquel	2,0	mg/L
Óleos e Graxas	150	mg/L
Prata	1,5	mg/L
Somatória de Metais	5,0	mg/L
Selênio	1,5	mg/L
Sulfatos	1000	mg/L
Sulfetos	1,0	mg/L
Zinco	5,0	mg/L

Outra lei federal importante é a Lei de Crimes Ambientais, nº. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Define o crime ambiental com possibilidade de pena de reclusão inafiançável sobre os envolvidos (administrador, operador, engenheiros, órgãos fiscalizadores, etc.) e multas.

### **3.1.2. Tecnologias de Tratamento de Efluentes**

A definição do tipo de tratamento a ser empregado e da qualidade a ser obtida inicia através do contaminante *versus* legislação aplicável. A partir disto parte-se para o estudo de qual tecnologia poderá ser empregada, custo da tecnologia, qualificação da mão de obra local e disponibilidade geográfica (tratamentos em tanques de coagulação e precipitação necessitam de áreas grandes perante o processo de osmose reversa que ocupa pequenas áreas).



### 3.1.2.1. Tratamento Físico-Químico

Pode ser um processo isolado ou uma combinação de etapas como gradeamento, decantação, flotação, filtração, oxidação (aeração, pré-cloração, etc.), coagulação e floculação dependendo do que se deseja remover e dos níveis residuais de produtos que podem ser adicionados para tratamento sem interferir no processo subsequente (por exemplo: tratamento com elevação do pH *versus* padrão de lançamento). Neste estudo aplicaram-se técnicas semelhantes às dos tratamentos para potabilização de água (RICHTER e NETTO, 1991).

O uso da precipitação química tem como base o efeito do íon comum, por meio do qual a adição de um segundo sal ou um ácido que fornece os mesmos íons a uma solução saturada de um sal tende a ajustar o equilíbrio diminuindo a concentração dos íons adicionados, conforme o princípio de Lê Chatelier. Ou seja, a solubilidade do sal original decresce e ele precipita, conforme Tabela 2.

Tabela 2: Exemplos de produto de Solubilidade citado por Peter Atkins, 2006

Composto	$K_{ps}$
Hidróxido de Alumínio	$1,0 \times 10^{-33}$
Hidróxido de Cálcio	$5,5 \times 10^{-6}$
Sulfato de Cálcio	$2,4 \times 10^{-5}$
Hidróxido de Ferro (II)	$1,6 \times 10^{-14}$
Hidróxido de Ferro (III)	$2,0 \times 10^{-39}$
Hidróxido de Níquel (II)	$6,5 \times 10^{-18}$
Hidróxido de Zinco	$2,0 \times 10^{-17}$

Aliado ao princípio do íon comum existe também a etapa de coagulação que consiste na desestabilização química promovida através da interação do coagulante junto ao efluente propiciando a formação de coágulos. É empregado para a remoção de impurezas encontradas em suspensão fina, em estado coloidal ou em solução; após a desestabilização, as partículas começam a se agregar e/ou aderir formando os coágulos, Figura 6.

Segundo BERNARDO (1993, Ensaios de Tratabilidade pg. 83), concentrações elevadas de íons positivos e negativos (força iônica elevada) na água acarretam acréscimo do número de íons na camada difusa que, para se manter eletricamente neutra, tem seu volume reduzido.

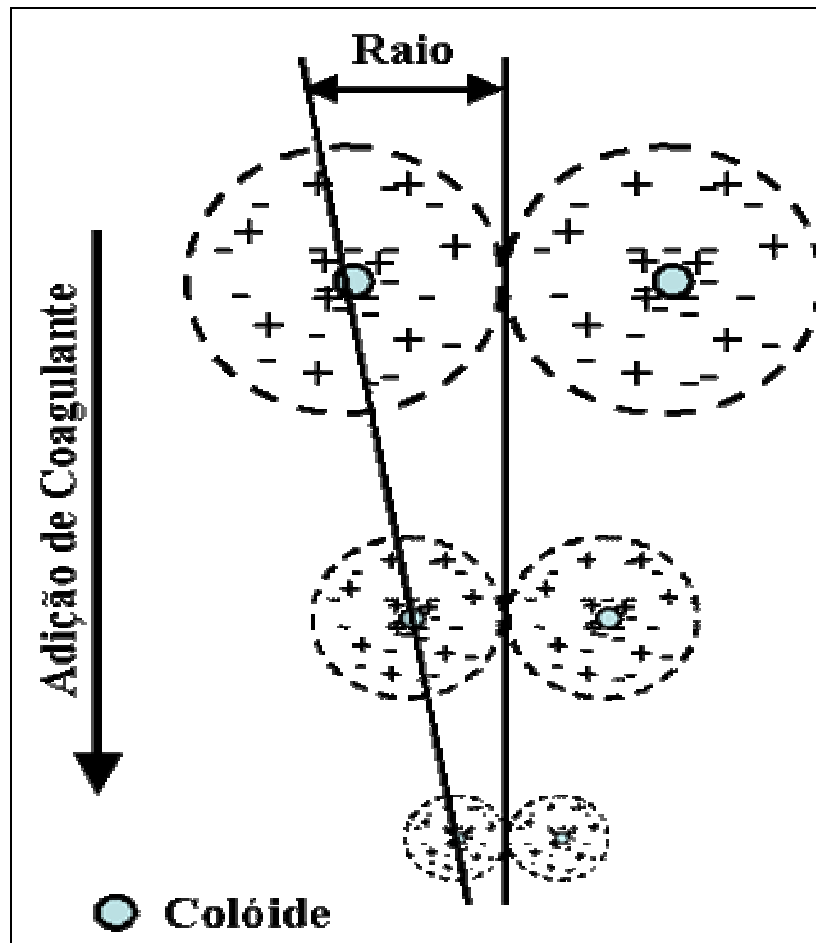


Figura 6: Redução da Camada Difusa. Adaptado de KEMME, 1998.

A Figura 6 mostra o comportamento do colóide frente adição de coagulante - rompimento da estabilidade das partículas suspensas (colóide) - através da redução da eletropositividade facilitando a união das partículas dando origem aos flocos (partículas maiores) iniciando o processo de precipitação

O coagulante é aplicado em pontos de maior turbilhonamento para promover uma distribuição rápida e homogênea no efluente. A mistura do coagulante com o efluente deve ocorrer em torno de 5 a 10 segundos (BERNARDO, 2005), ou seja, normalmente utiliza-se energia hidráulica ou mecânica (difusores, ressalto hidráulico, agitadores mecânicos e motores de bomba) para colocar o efluente em contato íntimo com o coagulante.

Após a etapa de coagulação automaticamente inicia-se a de floculação que é a aglutinação das partículas através da formação de flocos. Com a continuidade da agitação lenta, os flocos tendem a aderir uns aos outros, tomando-se pesados e decantando (para processos com metais).

Como auxiliar no processo de tratamento utiliza-se um polímero (poliacrilato) denominado acelerador de decantação que no momento da formação do floco tem a finalidade de aglutinar as partículas coloidais desestabilizadas aumentando ainda mais o tamanho do floco e elevando a velocidade de precipitação. O princípio deste polímero é a introdução de uma grande ramificação polimérica que agrega o maior número possível de flocos, conforme apresentado na Figura 7, tornando o floco maior e mais pesado, precipitando mais rápido.

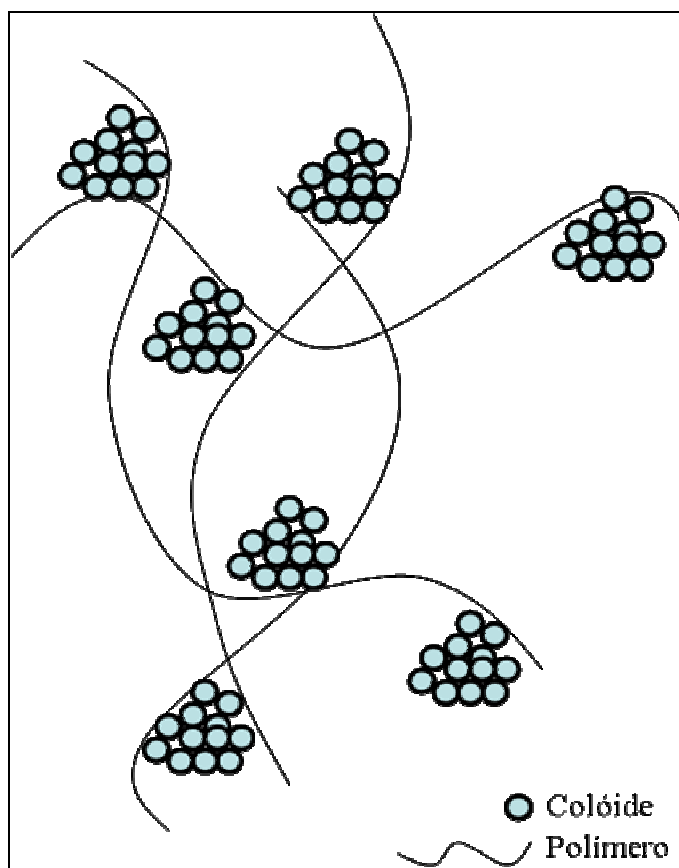


Figura 7: Aglutinação das partículas. Adaptado de KEMME, 1998.

#### 3.1.2.2. Abrandamento

A técnica de abrandamento remove principalmente as substâncias responsáveis pela dureza da água, ou seja, capazes de formar sais menos solúveis, caso específico dos íons cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) (Davis e Cornwell, 1998, *apud* MIERZWA e HESPANHOL, 2005). Além disso, essas substâncias também podem precipitar e obstruir as paredes de tubos e equipamentos – incrustações conforme Figura 8, principalmente se aquecidas, como em caldeiras para geração de vapor (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).



Figura 8: Incrustação numa tubulação de distribuição de água. Adaptado de GE Water Technology.

Pode-se agrupar em técnicas específicas como: abrandamento com cal e processo de troca iônica (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

#### 3.1.2.2.1. Abrandamento com cal

O processo consiste na aplicação de cal ( $\text{CaO}$ ) que visa transformar espécies solúveis de cálcio e magnésio em espécies insolúveis, conforme Figura 9. As instalações para execução deste processo compreendem câmaras de agitação, decantação, etc. O uso de cal permite a obtenção de concentrações de dureza final, pós-tratamento, próximas de 80 mg/L (como  $\text{CaCO}_3$ ), Azevedo Netto, 1991.

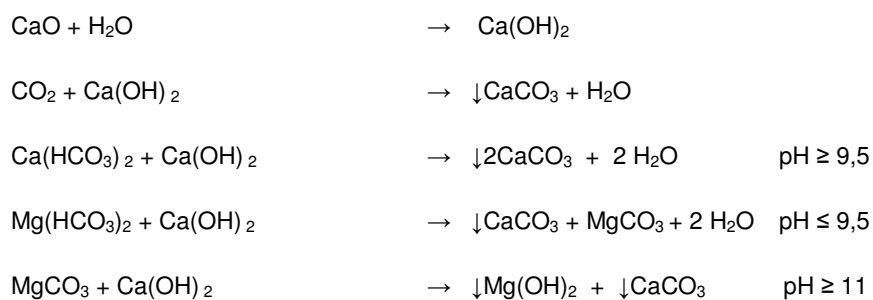


Figura 9: Reações químicas envolvidas, adaptado de Sanks, 1982; Kawamura, 1991 e Davis e Cornwell, 1998 apud MIERZWA e HESPANHOL, 2005.

### 3.1.2.3. Troca Iônica

As zeólitas de troca iônica consistem em silicatos complexos de sódio ( $\text{Na}^+$ ) e alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), que tem a propriedade de trocar o sódio de sua composição por outros íons, como os de cálcio e magnésio (de forma semelhante às resinas de troca iônica), retendo elementos que causam dureza, conforme Figura 10. As instalações para este tipo de atividade funcionam como filtros rápidos e de forma cíclica, ou seja, trata-se uma determinada quantidade de água que, ao saturar as resinas com íons, nos obriga a realizar uma etapa de regeneração do meio, normalmente com soluções alcalinas ( $\text{NaOH}$ ) ou ácidas (clorídrico -  $\text{HCl}$  ou sulfúrico -  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), conforme o tipo de resina, Azevedo Neto, 1991.

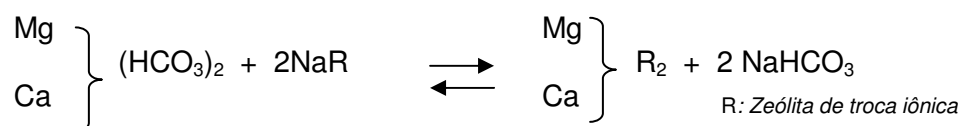


Figura 10: Zeólita de troca iônica, adaptado de (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

### 3.1.2.4. Separação por Membrana

Existem cinco tipos de processos de separação por membranas: microfiltração (MF), ultrafiltração (UF), eletrodialise, osmose reversa (OR) e nanofiltração (NF), segundo Wagner 2001 citado por MIERZWA e HESPANHOL, 2005.

O fluxo do fluido passa pela membrana, que é operada normalmente numa forma tangencial e contínua, separando o permeado do concentrado, conforme descrito na Figura 11. Apresenta grandes vantagens quanto ao baixo consumo de energia, baixo custo de investimento na operação e é adequado para tratamento de efluentes onde os íons dissolvidos são os principais contaminantes, segundo MIERZWA e HESPANHOL, 2005.

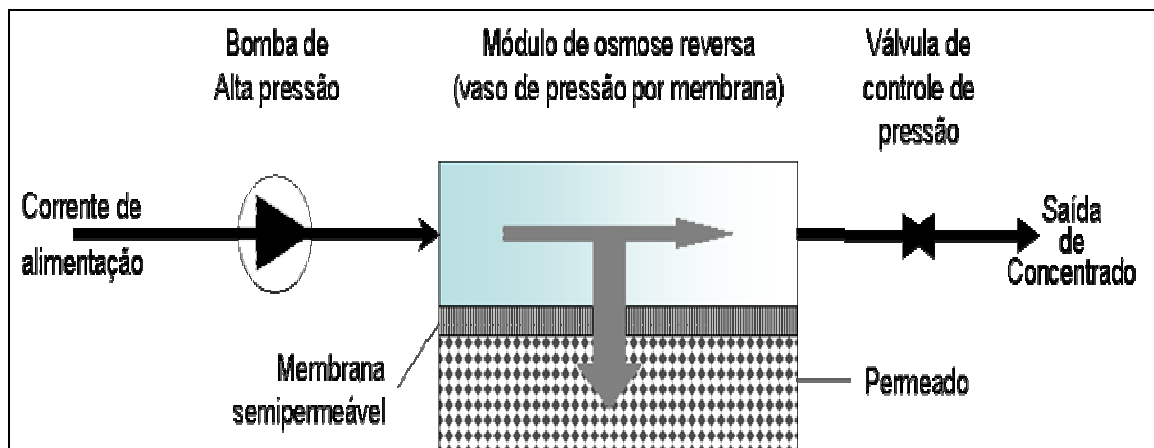


Figura 11: Fluxo do fluido num processo de membrana, adaptado de MIERZWA e HESPANHOL, 2005.

A constituição da membrana é de materiais poliméricos ou cerâmicos, de configurações variadas, como plana, fibra oca, tubular e enrolada em espiral. Para a escolha e dimensionamento da capacidade de um processo de separação por membranas, podemos utilizar como base a Figura 12:

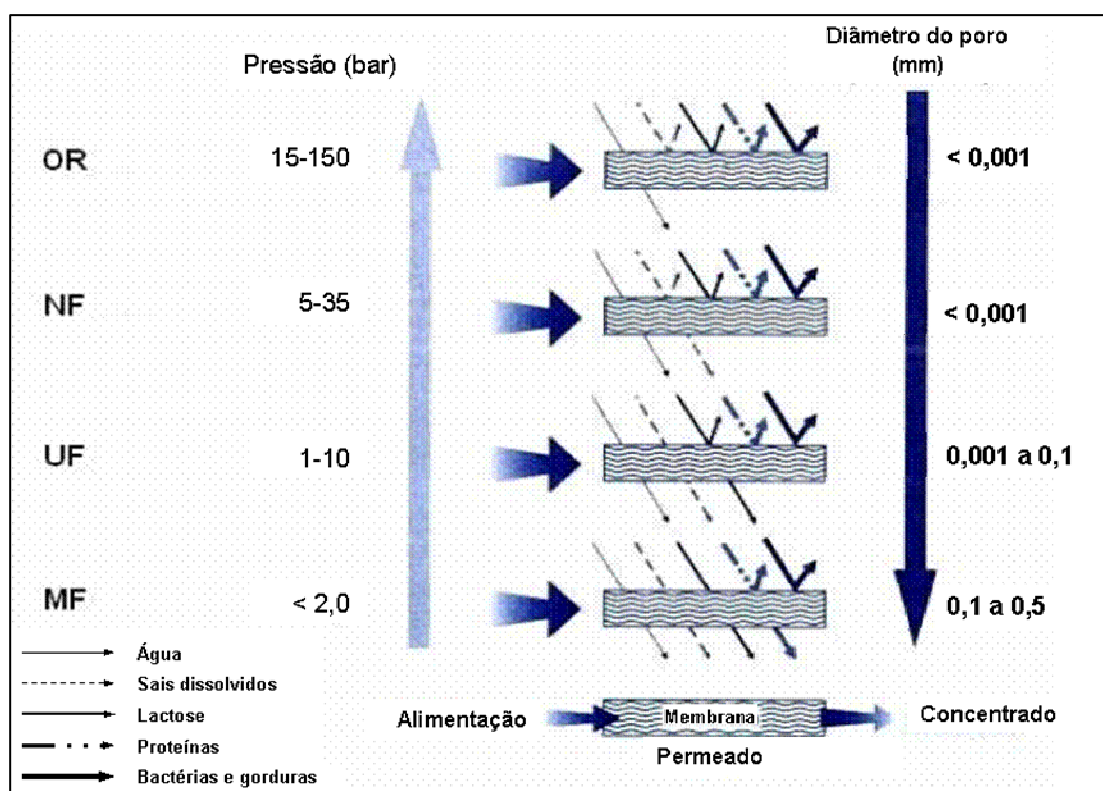


Figura 12: Capacidade dos principais processos de separação por membranas. Adaptado de (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

#### 3.1.2.4.1. Microfiltração (MF)

Pode ser considerado um filtro absoluto, pois estas membranas promovem a remoção de alguns colóides, metais dissolvidos de soluções diluídas por meio de agentes complexantes de alto peso molecular. Gera um concentrado que representa menos que 5 % do volume alimentado ao sistema com uma remoção de sólidos da ordem de 70 %. Possui ainda a capacidade de remoção seletiva de metais, facilidade de integração a outros processos de tratamento e baixo consumo de energia (opera a pressões em torno de 2 bar) devendo apresentar baixa carga de sólidos na entrada, (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

#### 3.1.2.4.2. Ultrafiltração (UF)

Processo operado numa faixa de pressão entre 1,0 a 10,0 bar, é adequado para remover colóides e compostos orgânicos de alto peso molecular, (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

#### 3.1.2.4.3. Nanofiltração (NF)

A pressão de trabalho é em torno de 3 a 15 bar e obriga um condicionamento prévio da água bruta. É utilizada, principalmente, para a remoção de matéria orgânica dissolvida, pesticidas e íons divalentes e trivalentes ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , etc.). Podendo ser considerada uma tecnologia de dessalinização, SCHNEIDER, 2001.

#### 3.1.2.4.4. Osmose Reversa (OR)

A Osmose é um movimento físico de um solvente através de uma membrana semipermeável, que ocorre através da diferença do potencial químico entre duas soluções.

Tendo-se uma solução com maior teor de sais, por exemplo, na Figura 13, a água começa a se difundir pela membrana semipermeável a fim de equilibrar a diferença de potencial químico no sentido da esquerda para a direita, da água com menor concentração para o lado mais concentrado tendendo ao equilíbrio (de concentração). A pressão exercida por esta transferência de massa é conhecida como pressão osmótica.

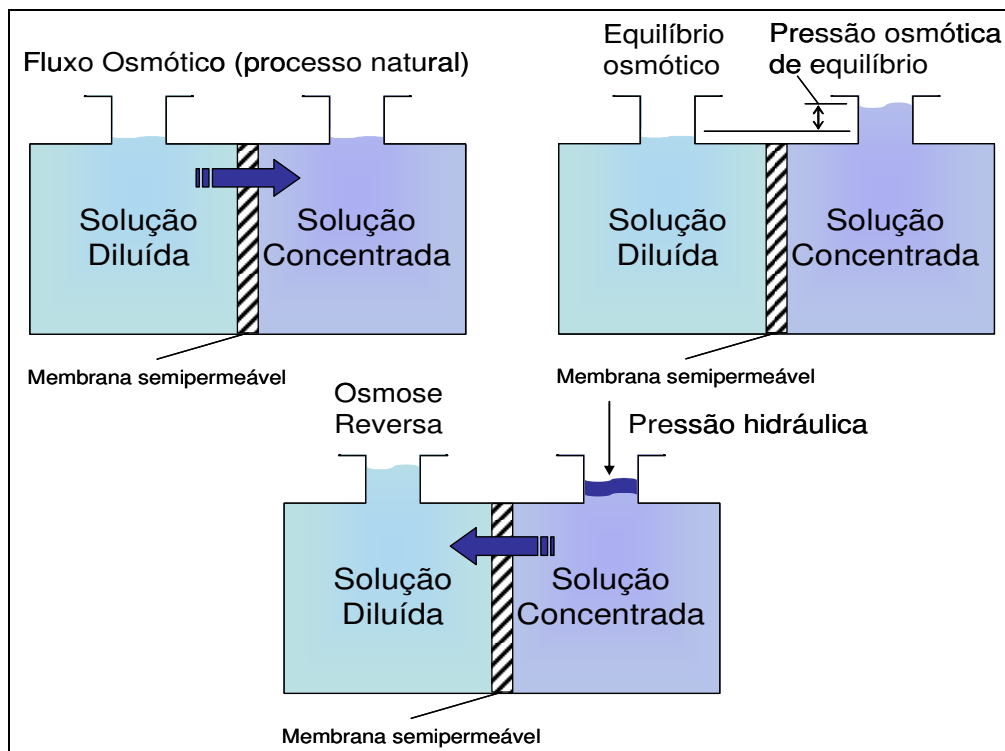


Figura 13: Representação esquemática do processo de osmose reversa. Adaptado de (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

Numa situação contrária e forçada, podemos impor uma força, como um êmbolo, no lado direito, mais concentrado, forçando o solvente a passar pela membrana a fim de retomar o equilíbrio. Neste momento a solução da direita perde água ficando mais concentrada. Isto é a osmose reversa. Quanto maior for a pressão aplicada, mais rápida será a difusão, (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

#### 3.1.2.4.5. Eletrodialise

É semelhante à osmose reversa. Purifica e concentra uma determinada solução por meio de um fluxo preferencial através de uma membrana semipermeável. Contudo a transferência de massa ocorre em razão de uma diferença de potencial elétrico entre membranas, (MIERZWA e HESPANHOL, 2005).



### 3.2. ÁGUA DE REUSO

A possibilidade de utilização de água de reuso na indústria é extensa podendo propiciar a redução de custos. Com o avanço da tecnologia de implantação tem se tornado mais fácil interferindo diretamente no consumo (específico) de água.

Praticar a redução no consumo de utilidades, especificamente água, ou projetar processos que venham a consumir uma quantidade otimizada já é uma prática comum nas empresas. A busca pela eficiência inclui a redução de custo do produto, melhoras no processo de tratamento (e disposição de resíduos) e diminuição gradativa no consumo.

Dentre alguns exemplos de melhores práticas, é possível citar algumas ações já praticas na indústria estudada como a instalação de redutores de vazão em chuveiros, utilização de água de lavagem na pré-lavagem, campanhas de conscientização e de incentivo do público usuário e muitas outras opções.

Ao se utilizar água de reuso devem-se tomar alguns cuidados, conforme METCALF & EDDY, 2003, identificado na Tabela 3, existindo a necessidade de ações de precaução a fim de evitar possíveis contaminações.

Tabela 3: Precauções no uso de Água de Reuso. Adaptado METCALF & EDDY (2003 p. 1143)

<b>Categorias de Uso de Efluentes</b>	<b>Precauções</b>
1. Irrigação na agricultura	Contaminações de águas subterrâneas e de superfície Mercado para as colheitas e aceitação do público
2. Irrigação de parques, escolas, vegetação de estradas, campos de golfe, cemitérios, jardins residenciais, comerciais e industriais.	Efeitos de qualidade das águas, particularmente sais, nos solos e plantações. Preocupações relacionadas à patógenos (bactérias, viroses e parasitas). Aumento de custos para controle de uso destas áreas.
3. Uso industrial e reciclagem: água de resfriamento, caldeiras, processos e construção pesada.	Problemas de corrosão, incrustações, crescimento de algas e fuligem. Preocupações relacionadas à saúde pública, com relação à transmissão de patógenos por aerossóis durante o resfriamento. Conexão cruzada entre linhas de água potável e de reuso.
4. Recarga de aquíferos, controle da intrusão salina (barreiras hidráulicas).	Possível contaminação de aquíferos de água potável. Efeitos tóxicos dos compostos orgânicos, total de sólidos dissolvidos, nitratos e patógenos existentes nos efluentes reutilizáveis.
5. Usos recreacionais e Ambientais tais como lagos, pântanos, aumento de fluxo dos rios, lagos para a pesca, produção de neve.	Preocupações relacionadas à presença de bactérias e viroses (gastrointestinais, olhos, ouvidos e nariz). Eutrofização devido ao nitrogênio e fósforo. Toxicidade à vida aquática.

*Continua*

Tabela 3: Precauções no uso de Água de Reuso. Adaptado METCALF & EDDY (2003 p. 1143) *Continuação*

<b>Categorias de Uso de Efluentes</b>	<b>Precauções</b>
6. Usos urbanos não potáveis como águas para incêndio, ar condicionado e descarga de vasos sanitários.	Preocupações relacionadas a patógenos transmitidos por aerossóis. Problemas na qualidade da água relacionados à corrosão, incrustações, crescimento de algas e fuligem. Conexão cruzada entre linhas de água potável e de reuso.
7. Uso potável, adicionadas aos reservatórios de suprimento de água e reuso direto destas águas com adequada desinfecção "pipe-to pipe reuse".	Preocupações em relação aos constituintes das águas, especialmente traços de compostos orgânicos e seus efeitos toxicológicos e patógenos. Estética a aceitação pública.

O processo de tratamento do esgoto industrial, após um tratamento preliminar que envolve a remoção de sólidos grosseiros e areia, passa por três tipos de tratamento, primário, secundário (quando envolver remoção de matéria orgânica) e terciário, conforme descrito por TELLES e COSTA, 2007, pg. 53.

Conforme citado no Estudo realizado por GOHRINGER, 2006, a Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) já utiliza água de reuso para a desobstrução de dutos, limpeza de ruas, irrigação e rega de áreas verdes e limpeza de veículos.

### **3.2.1. Qualidade de Água de Reuso**

Além das precauções no uso de água de reúso, existe a dificuldade em se estabelecer quais parâmetros deverão ser medidos e em qual frequência serão mantidos na saída do tratamento. Esta decisão influenciará diretamente no custo do projeto e de sua execução e definirá quais tipos de equipamentos serão instalados e o tipo de manutenção. Sistemas muito robustos são, via de regra, mais caros dificultando a viabilização, porém a opção por sistemas mais flexíveis pode levar a exposição da população local à microorganismos indesejáveis. A Tabela 4 traz um padrão fundamentado em STD – sólidos totais dissolvidos DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio, STS – Sólidos suspensos totais e dureza como padrão de água para uso industrial.

Tabela 4: Padrões de qualidade para uso industrial segundo MIERZWA e HESPAHOL (2005)

Grau de Qualidade	Parâmetros			
	STD (mg/L)	DQO ( mg/L)	STS ( mg/L)	Dureza (mg/L)
Tipo I: água ultra pura	<10	<1	0	0
Tipo II: água de processo de alta qualidade	10 a 60	0 a 10	0 a 10	<30
Tipo III: água tratada	20 a 60	0 a 10	0 a 10	30 a 75
Tipo IV: água bruta ou reciclada	60 a 800	10 a 150	10 a 100	-

A especificação da qualidade de água resultante dos processos de reuso divergem a partir da localidade. Na Tabela 5 identificou-se uma qualidade de água conforme o tipo de utilização em torres de resfriamento, adaptado de de EPA Guidline for Water Reuse, 2002, pg 168).

Tabela 5. Diretrizes Sugeridas para o Reúso Industrial (adaptado de EPA Guidline for Water Reuse)

Tipo de Reuso	Tratamento	Qualidade de água	Monitoramento	Distância de Segurança	Comentários
Reuso Industrial Refrigeração "passe único"	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secundário</li> <li>• Desinfecção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH = 6-9</li> <li>• ≤ 30 mg/l DQO</li> <li>• &lt; 30 mg/l SST*</li> <li>• ≤ 200 Coliformes Fecais/100 ml</li> <li>• 1 mg/l Cl<sub>2</sub> residual (mínimo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH – semanal</li> <li>• DBO – semanal</li> <li>• SST – diário</li> <li>• Coliformes – diário</li> <li>• Cl<sub>2</sub> residual contínuo</li> </ul>	90 m de áreas com acesso público	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O spray carregados pelo vento não devem alcançar áreas acessíveis aos trabalhadores ou público.</li> </ul>
Torres de resfriamento (em sistema recirculação)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secundário</li> <li>• Desinfecção (coagulação química e filtração podem ser necessárias)</li> </ul>	Variáveis dependem da taxa de recirculação <ul style="list-style-type: none"> <li>• pH = 6 – 9</li> <li>• ≤ 30 mg/l DQO</li> <li>• &lt; 30 mg/l SST*</li> <li>• ≤ 200 Coliformes Fecais/100 ml</li> <li>• 1 mg/l Cl<sub>2</sub> residual (mínimo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH – semanal</li> <li>• DBO – semanal</li> <li>• SST – diário</li> <li>• Coliformes – diário</li> <li>• Cl<sub>2</sub> residual contínuo</li> </ul>	90 m de áreas com acesso público	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O <i>spray</i> carregado pelo vento não deve alcançar áreas acessíveis aos trabalhadores ou público.</li> <li>• Tratamentos adicionais são utilizados para prevenir incrustação, corrosão, crescimento microbológico, <i>fouling</i> e <i>foaming</i>.</li> </ul>

\* Sólidos em Suspensão Totais - SST

## 4. ÁREA DE ESTUDO

### 4.1. SISTEMÁTICA DE CAPTAÇÃO, USO E DESCARTE DA ÁGUA NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA – VOLKSWAGEN – SÃO BERNARDO -SP.

A água é captada por um conjunto de poços tubulares profundos possuindo característica para dois tipos de consumo, conforme ilustrado na Figura 14. O primeiro chamado sistema de água industrial atende a demanda dos processos produtivos em geral, torres de resfriamento e descargas de banheiros (existe rede independente para esta finalidade). O segundo chamado sistema de água potável possui um processo de tratamento adicional dotado de pré-cloração, decantação em ETA – Estação de Tratamento de Água – e filtração direta em filtro de areia estando enquadrada conforme requerido na Portaria do Ministério da Saúde nº. 518 de 2004. A água potável é utilizada para as necessidades básicas dos colaboradores bem como ingestão, cocção de alimentos, banhos e em lavatórios,

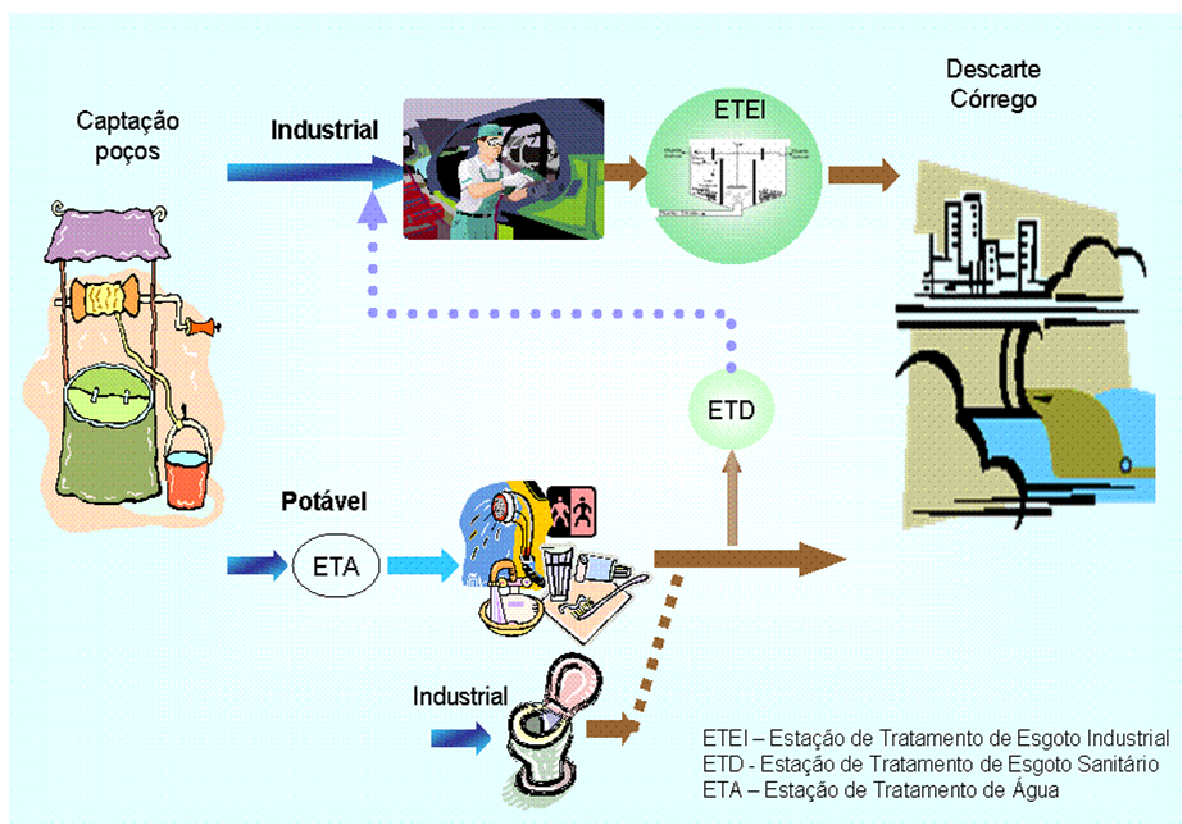


Figura 14: Processo de extração, uso, tratamento e descarte da água

A quantidade média de água utilizada e os efluentes gerados são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Consumo médio de água, geração de esgoto e reuso.

Tipo	m <sup>3</sup> / mês
Água Industrial (captação)	70.000
Água Potável (captação)	40.000
Efluente Sanitário (descarte)	25.000
Efluente Industrial (descarte)	30.000
Água de Reuso	5.000

#### 4.2. USO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA (PROCESSO PRODUTIVO)

Os principais processos da indústria metalúrgica são ilustrados na Figura 15.

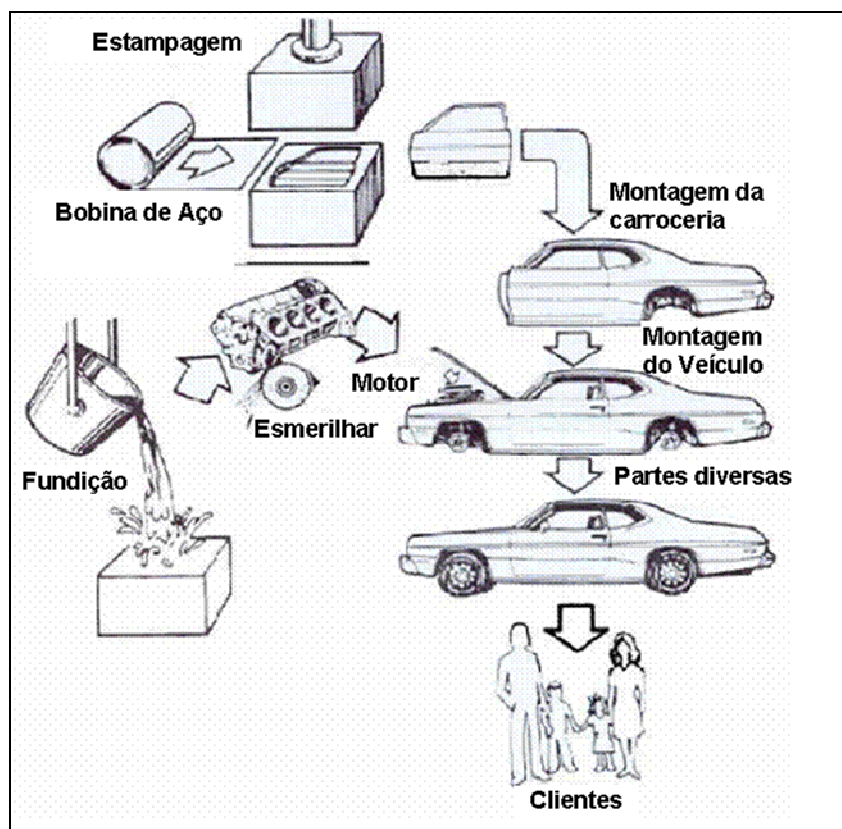


Figura 15: Fluxograma de produção de automóveis, adaptado de KEMMER, 1998.

A Figura 16 representa os principais processos do fluxo produtivo da Volkswagen em sua unidade Anchieta.

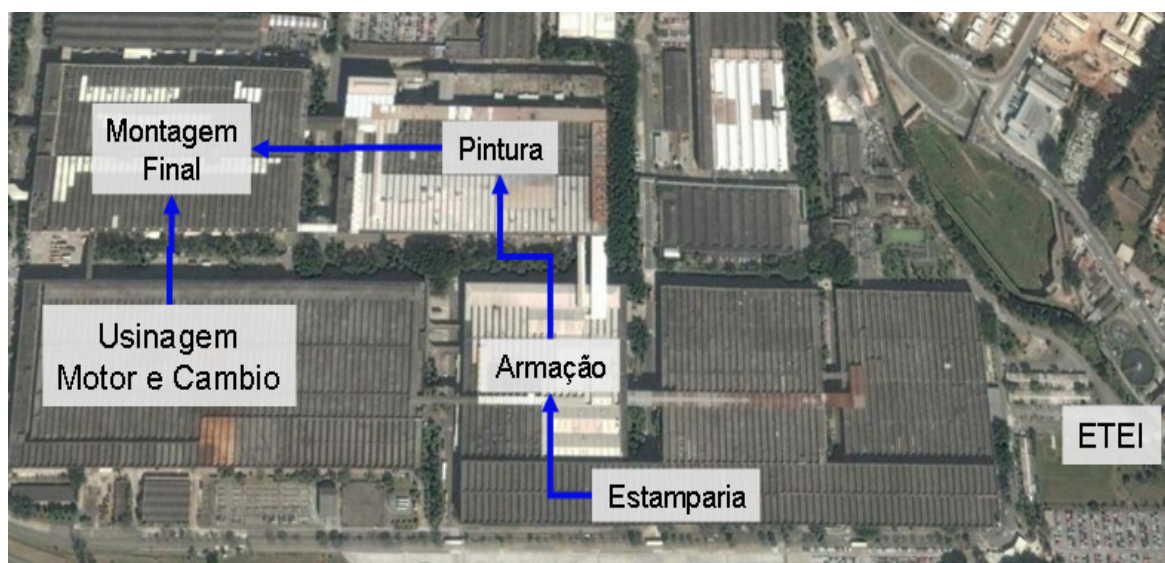


Figura 16: Fluxo produtivo da Volkswagen Anchieta, foto adaptada de *Google Earth* (acessado em 05/10/2008)

#### **4.2.1. Estamparia**

Trata-se do primeiro estágio produtivo dentro da montadora. Nesta fase pode-se dizer que entram chapas (principal insumo) e saem partes da estrutura, laterais, portas, peças maiores e menores.

#### **4.2.2. Armação - Carroceria**

Nesta fase unem-se as peças em chapa através de solda ou colas especiais. Já pode-se distinguir a finalidade da peça e, ao final do processo, a carroceria estará totalmente configurada com assoalho, laterais, teto e portas.

#### **4.2.3. Pintura**

Esta etapa é a que requer a maior quantidade de cuidados na limpeza. A carroceria será lavada, preparada (fosfatização e pintura eletroforética contra corrosão e como sustentação ou aderência para as outras etapas), receber uma tinta de fundo, tinta original (cor) e,

finalmente, um verniz (com a propriedade de brilho e resistência mecânica). O consumo de água neste estágio é o mais representativo de todo o complexo industrial, estimado em 60%.

#### 4.2.4. Montagem Final

Na carroceria pintada são montadas as peças que configurarão o veículo para ser entregue ao cliente, desde pneus, vidros, forrações, conjunto motriz, suspensão, painéis, faróis, etc. e, no final do processo, recebe um forte jato de água em spray em toda a superfície como teste de prova d'água.

### 4.3. PRINCIPAIS AGENTES POLUIDORES

Através da Figura 17 do processo de produção da montadora, pudemos identificar os principais e mais relevantes efluentes gerados no processo produtivo.



Figura 17: Fluxo dos principais geradores de efluentes, foto adaptada de *Google Earth* (acessado em 05/10/2008)

Os processos que contribuem significativamente com a geração de efluentes contaminados com metais são os provenientes da Pintura, fosfatização, e das torres de resfriamento.



#### 4.3.1. Efluentes oriundos do processo de Pintura

A Figura 18 descreve o processo simplificado de pintura de carrocerias como: preparação da carroceria através do processo de pré-tratamento, pintura eletroforética por imersão, pintura de base e acabamento.

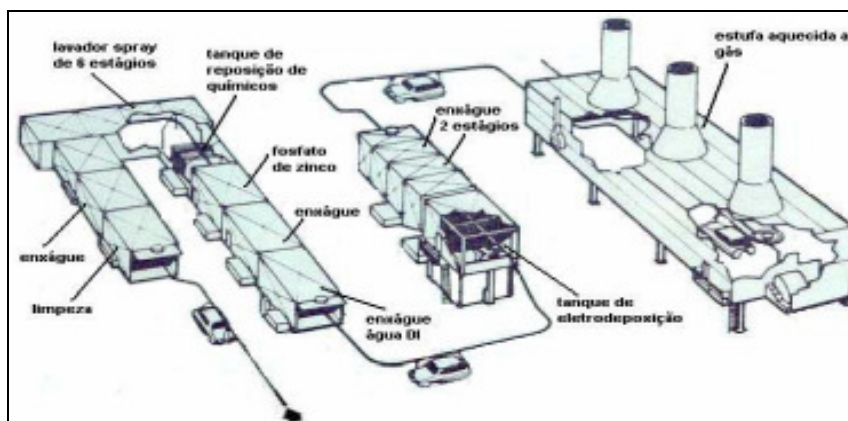


Figura 18: Fluxograma de pintura básico (adaptado de KEMMER, 1998).

O processo de pré-tratamento, Figura 19, tem como objetivo oferecer proteção anticorrosiva e adequação da superfície metálica (base de aderência para a tinta) através da deposição de uma camada de fosfato de zinco sobre a superfície metálica. A carroceria passa por etapas de limpeza e enxágue com água e detergente, uma etapa de fosfatização e novo enxágue.

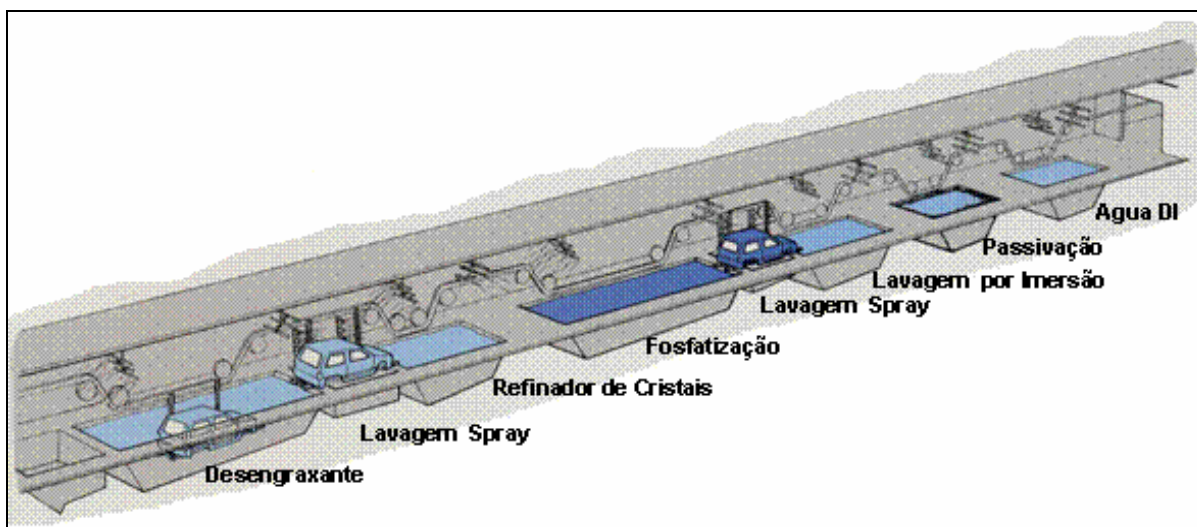


Figura 19: Diagrama do processo de Pré-Tratamento.



O elemento Níquel na forma de um sal é utilizado como catalisador no banho de fosfato onde ocorre a reação de formação de um filme aderido à superfície metálica. Este filme serve tanto para a redução da quantidade de oxigênio reagido com ferro, causador do processo de ferrugem, quanto para dar sustentação à camada de tinta que será aplicada na próxima etapa do processo produtivo – banho eletroforético.

#### 4.3.2. Efluentes oriundos das Torres de Resfriamento

As torres de resfriamento são utilizadas nas indústrias para reduzir a temperatura do fluido refrigerante, normalmente a água.

A água fica circulando dentro do sistema de refrigeração, conforme Figura 20, tendendo a evaporar tornando a solução mais concentrada, rica em sais, com características incrustantes e/ou corrosivas devendo-se adicionar produtos químicos para aumentar o chamado ciclo de concentração.

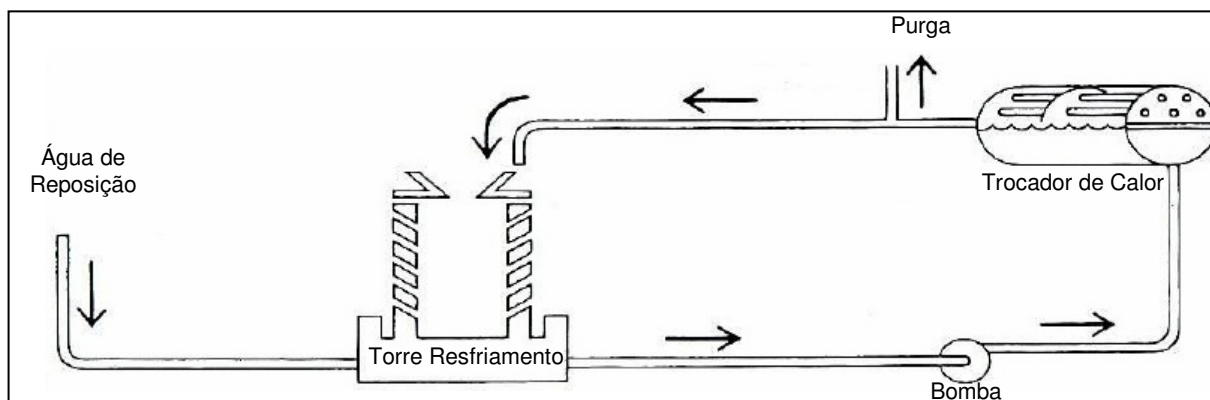


Figura 20: Configuração básica do sistema de resfriamento aberto (adaptado de HERRO e PORT, 1993)

#### 4.4. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DO EFLUENTE INDUSTRIAL

O efluente industrial é conduzido para a ETEI – Estação de Tratamento de Esgoto Industrial – para tratamento tipo físico-químico e descarte no córrego Ribeirão dos Meninos.

A ETEI foi projetada na década de 1980 para tratamento contínuo de até 1.200 m<sup>3</sup>/hora operando atualmente com 58 m<sup>3</sup>/hora, conforme Figura 21, sem a inclusão de tratamento biológico. A redução do efluente tratado se deve às diversas mudanças que a empresa passou nos últimos 10 anos e implantação de processos que requerem menor consumo de água – teste de infiltração de água com recirculação automatizada, intensas campanhas de conscientização, eliminação de metais pesados dos processos produtivos (tinta eletroforética sem chumbo) e terceirização de atividades e processos (usinagem de motores e câmbios, fundição e galvanoplastia).

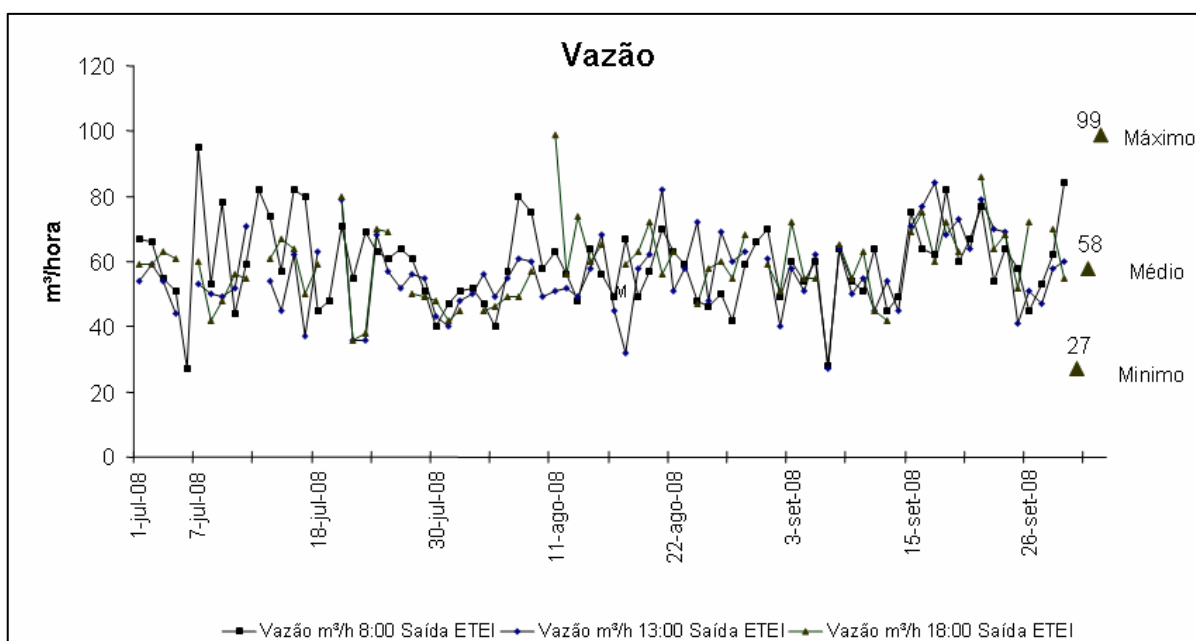


Figura 21: Medição da vazão na saída da ETEI

O processo de tratamento de efluentes descrito na Figura 22 consiste numa separação por gradeamento, decantador de areia, separador de óleos e câmara de mistura, floculador e decantador.

Durante o estudo, foi traçado o perfil de comportamento do efluente na entrada da estação e na saída de cada tanque (Reator e Sedmat). Como consequência pode-se definir um padrão de amostragem e uma sistemática de controle na principal fonte de contaminação.

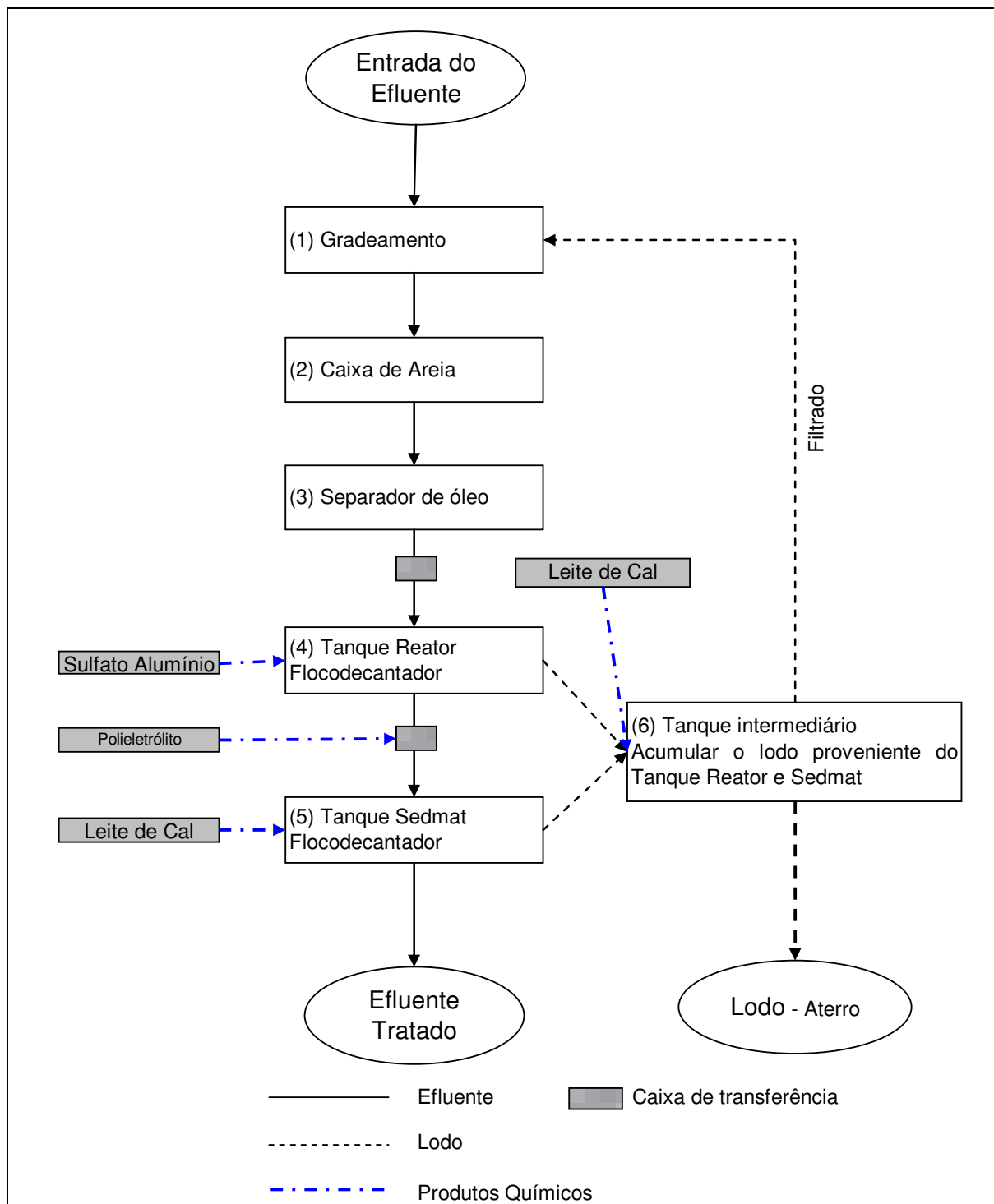


Figura 22: Fluxograma do processo de tratamento da ETEI – Antes da Implantação das Alterações

#### 4.4.1. Ancinho/ Gradeamento

Consiste num gradeamento grosseiro com rastelo motorizado impede que sólidos, como folhas e gravetos, causem entupimentos.

#### 4.4.2. Desarenador/ Caixa de Areia

Possui uma grande área para que o efluente escoe em regime laminar. Com a redução da velocidade do fluido ocorre a precipitação de materiais particulados pesados, como areia.

#### 4.4.3. Separador de Óleo

O separador de óleo é constituído de 3 câmaras conforme Figura 23 (detalhes no anexo 1). Na primeira câmara (A) ocorre a redução da velocidade do efluente que se distribui uniformemente, na segunda câmara o fluido passa em baixa velocidade onde o óleo é separado (B) e na terceira câmara o efluente é direcionado para o tanque Reator ou Sedmat (C).

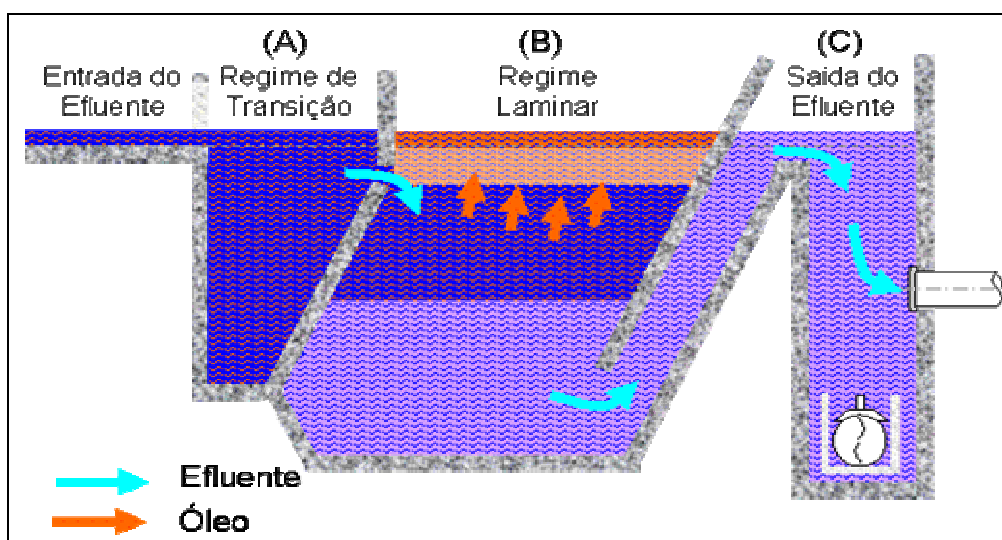


Figura 23: Processo de remoção de óleo.

O óleo coletado contaminado com borra de tinta captado na câmara “B” por sucção passa a ser chamado de borra oleosa e é transferido para uma caixa acumuladora para ser enviado como insumo energético – combustível - em forno de cimento (geração média mensal de 7 toneladas).

#### 4.4.4. Floco-decantador (Reator e Sedmat)

O processo de tratamento possui dois sistemas Floco-decantadores circulares que consiste num tanque circular com anel central, em forma de cortina de parede cilíndrica, que divide a área de floculação onde acontecem as etapas de dosagem de produtos químicos com agitador central de palhetas (D) da zona de precipitação do lodo (E), conforme Figura 24.

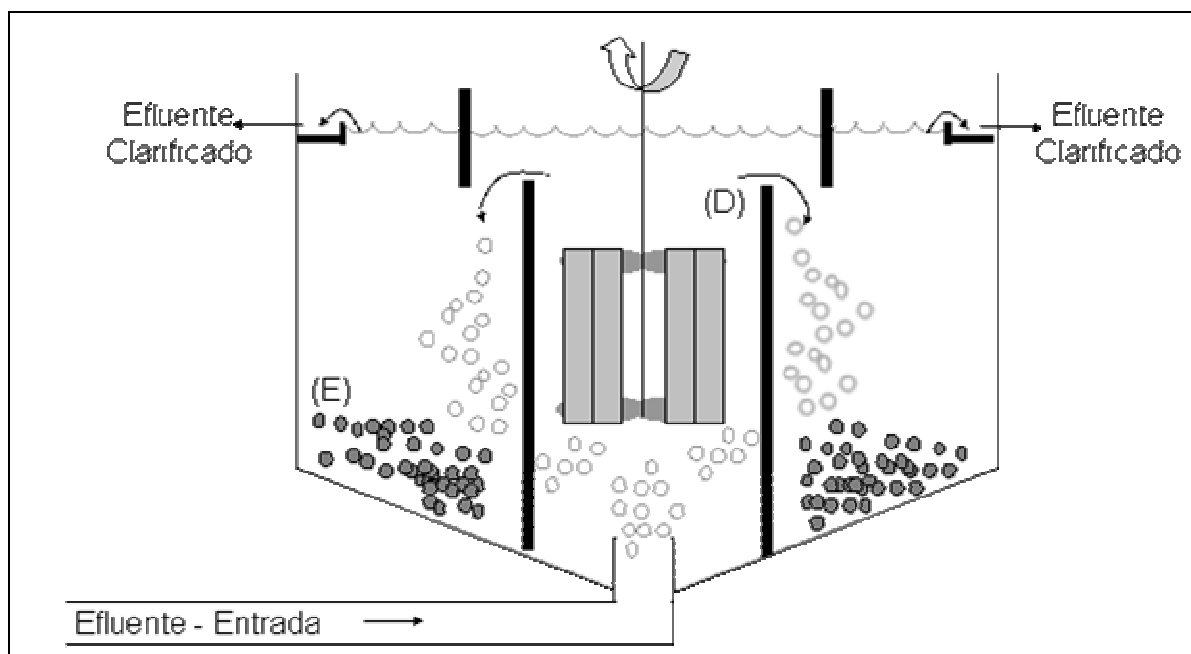


Figura 24: Processo floculação e decantação (Reator ou Sedmat).

A remoção dos flocos acumulados no fundo do tanque é realizada de forma mecanizada através de sistema de vácuo em que o lodo precipitado (E) é succionado e remetido para a etapa seguinte (tanque intermediário e prensagem). O tempo de detenção e dimensões foram apresentados nos Anexos 2 e 3.

#### 4.4.5. Tanque Intermediário de Lodo

O lodo que é extraído nos tanques (Reator e Sedmat) é transferido para o tanque intermediário que forma lotes ou bateladas. Nesta situação o lodo apresenta teor de sólidos em torno de 4% em massa, e recebe leite de cal para o processo de prensagem.

#### 4.4.5.1. Bombeamento e Prensagem de Lodo

A prensagem é executada através de uma bomba do tipo “Nemo” com vazão de 100 m³/h e pressão de trabalho de 12 kgf/cm² que envia o lodo para conjunto de prensagem constituído de dois filtros tipo prensa com 90 placas de dimensões 1,0 metros por 1,2 metros com rendimento de 2,5 toneladas cada um por batelada.

#### 4.4.5.2. Destinação do Lodo Prensado

O lodo é removido para caçambas do tipo *roll on roll off* e por ser classificado como resíduo classe II, conforme norma ABNT NBR 10.004 de 2004 demonstrado no Anexo 4, é destinado para aterro. Atualmente é destinado para aterro diferenciado pois, ao receber o resíduo, agrega cimento na proporção de 1:1 para encapsular os óleos e graxas (OG) que estão historicamente acima do limite de 5%.

#### 4.4.6. Casa de Química

A casa de química da ETEI é dotada do sistema de armazenagem e dosagem do coagulante (sulfato de alumínio), do alcalinizante (prepara-se o Leite de Cal a partir do efluente tratado) e do acelerador de decantação, tendo o consumo apresentado na Tabela 7. Todos os sistemas foram concebidos em duplicata para facilitar a execução de atividades de manutenção sem comprometimento do tratamento.

Tabela 7: Consumo de Produtos Químicos

	Consumo * [toneladas]	Característica	Armazenagem
Sulfato de Alumínio (coagulante)	18,007	Líquido a 50% em peso** Densidade de 1,32 g/mL **	Tanques de 75 e 25 m³
Cal Hidratada	18,345	Ca(OH) <sub>2</sub> – mínimo 90%; CaO – mínimo 70% Retido em malha de 100 Mesh	Silo para 40 toneladas
Polieletrólito	0,16	Catiônico com dosagem em linha.	Tambores de 25 kg

\* Mensal. Conforme anexo 5

\*\* Especificação do fabricante (CIMIL)

A dosagem do coagulante ocorre no centro do tanque Reator, conforme Figura 24 - "D", de forma automática a cada 2 m<sup>3</sup> (o tempo de duração da dosagem a cada acionamento é de 4 segundos em média).

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

A partir da descrição do processo de tratamento atual e de acordo com o objetivo definido, foi necessária a caracterização do efluente na entrada para verificar quais seriam os principais contaminantes que entram na estação e qual a melhor forma de tratamento através de análises laboratoriais (teste do jarro) e compará-lo com os resultados na saída.

### **5.1. COLETA DE AMOSTRAS**

As amostras foram coletadas através de recipientes lavados a partir do líquido (3 vezes) a ser amostrado nos seguintes pontos:

- Entrada da Estação – após o ancinho/gradeamento;
- Saída do Tanque Reator – efluente clarificado;
- Saída do Tratamento - efluente tratado;
- Saída do Pré-Tratamento (Fosfatização) – efluente exclusivo da área de pintura, conforme Figura 19;
- Lodo – amostrado diretamente na caçamba de destinação para aterro.

### **5.2. ANÁLISE DO EFLUENTE**

As análises do efluente foram realizadas de duas formas: em laboratório e em campo.

#### **5.2.1. Análises em Laboratório Externo**

A maioria das análises laboratoriais foram realizadas em laboratório externo da empresa Renova Resíduos, conforme Tabela 8. Dentre os principais parâmetros analisados, pode-se citar: Zinco, Ferro, Manganês, Cobre, Cromo, Óleos e Graxas, Sólidos Totais, Sulfetos, etc.



### 5.2.2. Análise em Campo

Para a realização das análises em campo (pH, Resíduos Sedimentáveis, Temperatura e Níquel) utilizou-se os seguintes equipamentos:

- pH – aparelho de medição de pH é aferido diariamente com soluções tampão padrões 4, 7 e 10.
- Níquel – espectrofotômetro de absorção atômica da marca Hach modelo DR 2010 com certificado de calibração conforme Anexo 5. Método de análise conforme manual do fabricante traduzido pelo distribuidor do equipamento – Hexis (8037 – *Heptoxime method*) com utilização de lâmpada no comprimento de onda de 435 nm.
- Resíduos Sedimentáveis – utilizado cone do tipo IMHOF para 01 (um) litro de efluente, conforme Anexo 6.

### 5.3. ENSAIO DE TRATABILIDADE – TESTE DO JARRO

Para que tenhamos certeza da eficiência do tratamento, da quantidade teórica de coagulante e da faixa de pH ótima de trabalho, realizou-se o ensaio de tratabilidade ou teste do jarro, que são simulações do tratamento em escala laboratorial, conforme Figura 25.



Figura 25: Teste de Tratabilidade – Teste do Jarro

#### 5.4. SISTEMÁTICA DE MEDIÇÃO DO LODO

A caracterização do Lodo e as medições de umidade, óleos e graxas e sólidos totais (ST) foram realizadas em laboratório externo (empresa Renova Resíduos) e utilizaram o método conforme Anexos 7, 8 e 9.

##### 5.4.1. Quantificação do Lodo Gerado

A quantificação do lodo foi montada a partir de um balanço na quantidade de sólidos totais no sistema.

Considerando-se que os sólidos Gerados (SG) são a quantidade que entra de efluente (SE) acrescida dos produtos químicos (SPQ) subtraído quantidade que sai do tratamento (SS) procurou-se deduzir a quantidade de sólidos gerados ou lodo na base seca (SL), ou seja:  $SG = SPQ + SE - SS = SL$ , conforme Figura 26.

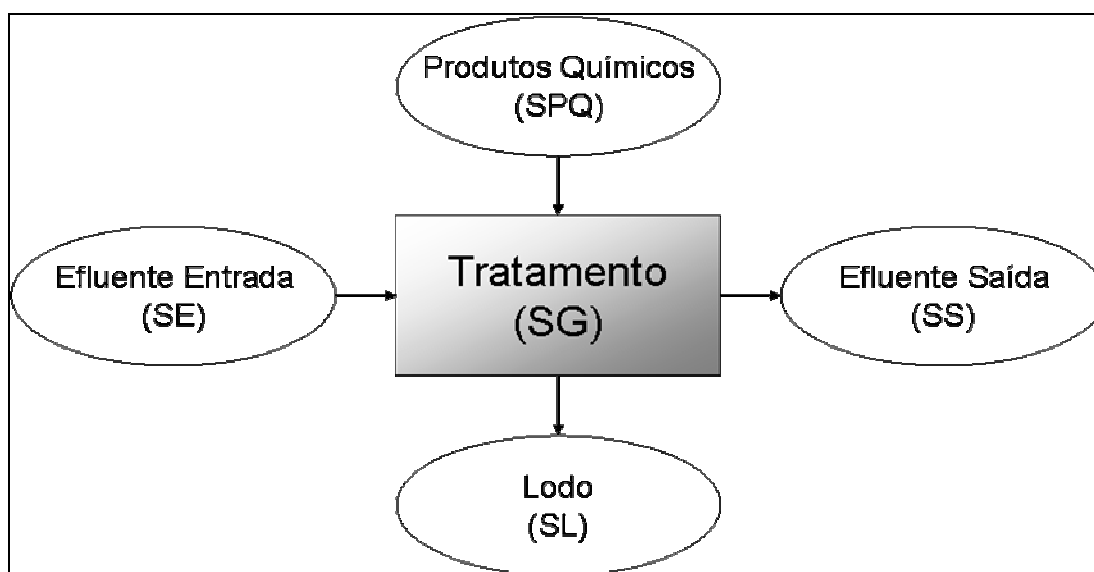


Figura 26: Diagrama de Entrada, Adição e Saída de Sólidos Totais.

##### 5.4.2. Óleos e Graxas – OG (contaminação)

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. A inclusão destes elementos no efluente provém, principalmente, a partir de vazamentos nas bombas e do tratamento de usinagem de peças – motores e cambio – sendo a maior parte

removida no separador de óleo. Os óleos e graxas constituem um dos grandes problemas na alteração na destinação do lodo devido aos aterros comuns possuírem permissão para receber este resíduo até um limite de 5%.

Durante a elaboração deste trabalho, foram realizadas análises conforme o plano de amostragem utilizando-se o laboratório contratado da empresa Renova Resíduos. O método utilizado está descrito conforme Anexo 8.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE CONTAMINADO

Para estabelecer ou caracterizar o efluente, foi necessária a realização de algumas análises na entrada da ETEI, conforme os limites exigidos pelo Artigo 19-A do decreto 8468, tendo os resultados expressos na Tabela 8.

Tabela 8: Avaliação do Efluente na Entrada da Estação - ETEI

Parâmetro	Unidade	VMP *	25/07/06	26/07/06	21/07/06	04/02/09	12/02/09
pH	-	6,0 – 10,0	7,2	7,6	8,4	6,2	7,1
Temperatura	°C	40	25	25	29	26	20
Res. Sedimentáveis	mg/L	20	2	1	2	3,2	4,5
Arsênio	mg/L	1,5	ND	ND	ND	ND	ND
Cádmio	mg/L	1,5	ND	ND	ND	ND	ND
Chumbo	mg/L	1,5	ND	ND	ND	ND	ND
Cianeto	mg/L	0,2	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre	mg/L	1,5	ND	ND	ND	ND	ND
Cromo Hexavalente	mg/L	1,5	ND	ND	ND	ND	ND
Cromo Total	mg/L	5,0	ND	ND	ND	ND	0,1
Estanho	mg/L	4,0	ND	ND	ND	ND	ND
Fenóis	mg/L	5,0	0,3	0,5	ND	3,3	2,3
Ferro Solúvel	mg/L	15	6,4	8,7	11,4	8,8	1,6
Fluoretos	mg/L	10	1,4	2,3	1,1	7,9	5,8
Mercúrio	mg/L	1,5	ND	ND	ND	ND	ND
Níquel	mg/L	2,0	8,1	9,1	4,1	10,8	4,9
Óleos e Graxas	mg/L	150	80,2	120,4	65,3	234	101
Prata	mg/L	1,5	ND	ND	ND	ND	ND
Selênio	mg/L	1,5	ND	ND	ND	ND	ND
Sulfatos	mg/L	1000	24,1	38,6	19,3	48	12
Sulfetos	mg/L	1,0	ND	ND	ND	ND	ND
Zinco	mg/L	5,0	8,4	12,9	10,6	16,3	3,6

\* VMP: Valor Máximo Permitido

\*\* ND: Não Detectado

A partir desta varredura, pode-se definir os principais poluentes e qual a sua participação sugerindo-se um plano de amostragem, apresentado na Tabela 9. Definiu-se que o monitoramento seria mais abrangente sobre os elementos Níquel e Zinco, como contaminantes existentes no efluente e que extrapolam os limites estabelecidos no Decreto 8468 artigo “19-A”.

Outras análises foram estabelecidas devido à contribuição no tratamento como o pH de precipitação e a Alcalinidade a Bicarbonato. Estes parâmetros exercem influência direta na frequência de dosagem do coagulante Sulfato de Alumínio e o tempo de reação, medidos nos tanques conforme Anexo 10.

O nível de Sulfeto foi medido tanto em função de ser um requisito legal quanto devido à possibilidade de descontrole no efluente e como consequência aumento dos níveis de odores emanados pelo tratamento vindo a influenciar os estabelecimentos nas adjacências do empreendimento.

Tabela 9: Plano de Amostragem

Local	Antes	Depois	Parâmetro
	Frequência	Frequência	
Entrada ETEI	Não realizado	Diário	Níquel
		1 x semana	pH
			Sólidos Totais
			Fe
			Zn
			Sulfeto
			Alcalinidade Bicarbonato
Saída ETEI	Não realizado	Diário	Níquel (8:00)
	Diário		Níquel (15:00)
			Res. Sedimentáveis
			pH
	Vazão 8:00 horas		
	Vazão 13:00 horas		
	Vazão 18:00 horas		
	Diário	Temperatura [°C]	
	Não realizado	1 x semana	Fe ETEI
			Zn ETEI
			Sulfeto ETEI
			Sólidos Totais
	1 x semana	1 x semana	Artigo 19-A
Saída Reator	Não realizado	1 x semana	Res. Sedimentáveis
			Níquel
			Zinco
Saída PréTratamento (Pintura)	Não realizado		Manganês
			Níquel
			Zinco

Como premissa legal, o efluente deve ser medido na forma em que está sendo lançado no corpo receptor, ou seja, na saída do tratamento.

Para a realização deste estudo passou-se a analisar o efluente na entrada da estação, de forma que se possa conhecer a qualidade do efluente a ser tratado e que se possa calcular a eficiência do tratamento.

Alguns pontos intermediários também foram analisados para que fosse possível avaliar possíveis alterações no processo. Os pontos intermediários monitorados foram: a saída do tanque Reator e a saída do processo de pré-tratamento da pintura.

### 6.1.1. Principais Contaminantes Detectados

Com os resultados obtidos na Tabela 8, identificou-se que os principais contaminantes do efluente são o Níquel e o Zinco, utilizados na forma de sais fosfato de Níquel no processo de pré-tratamento da Pintura, com medições de concentração conforme a Figura 27, medidos a partir de um espectrofotômetro por UV Visível da marca Hach, modelo DR 2010, conforme Anexo 5.

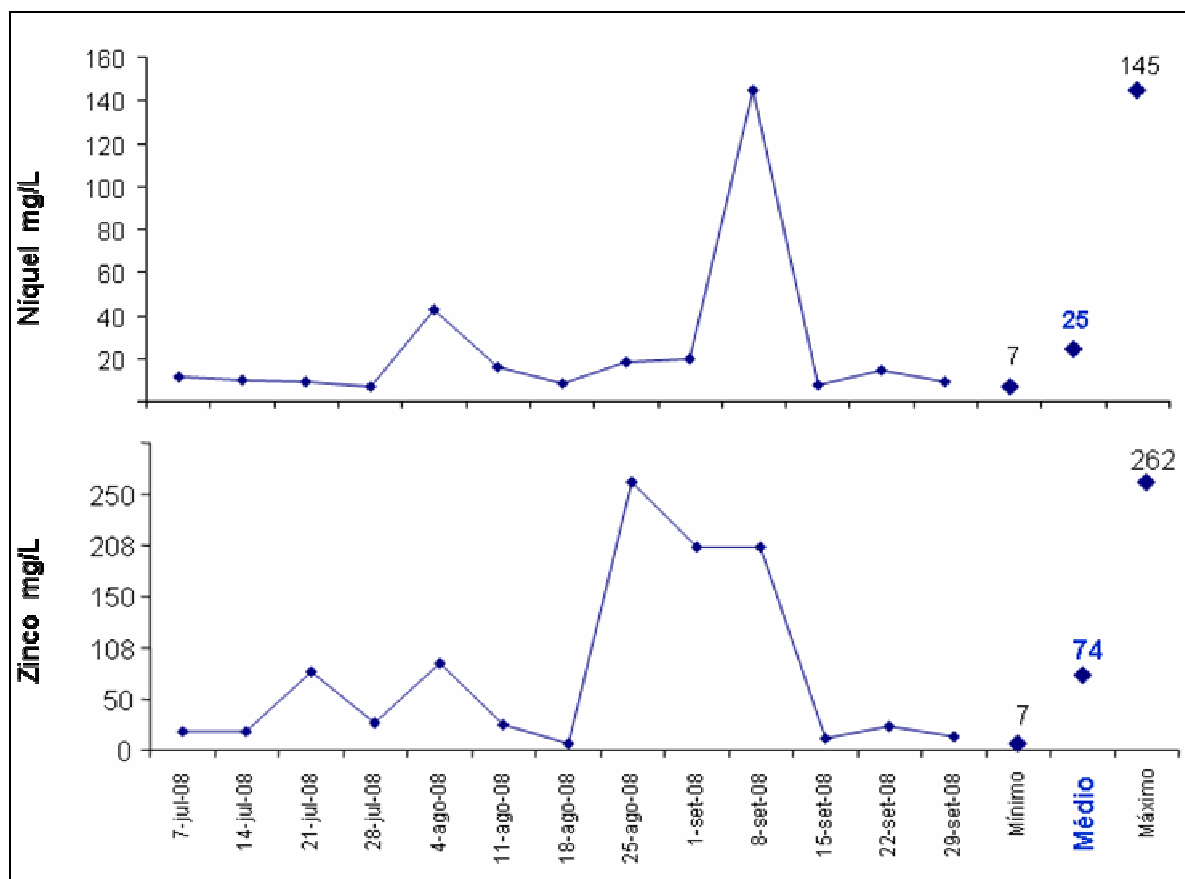


Figura 27: Concentração de metais na Saída do Pré-Tratamento (Pintura)

O lançamento do efluente proveniente do processo de Pré-Tratamento da Pintura ocorre numa rede coletora interna da indústria numa concentração média de 25 mg/L de Níquel e de 74 mg/L de Zinco, com alguns picos em função de descarte do banho em momentos de limpeza ou devido a problemas no processo produtivo. Apesar da concentração elevada nos momentos de pico, esta condição é minimizada devido a diluição junto aos outros efluentes do complexo industrial para 3,8 mg/L de Níquel e de 4,8 mg/L de Zinco, conforme apresentado nas Figuras 28 e 29, e até mesmo dentro dos tanques Reator e Sedmat.

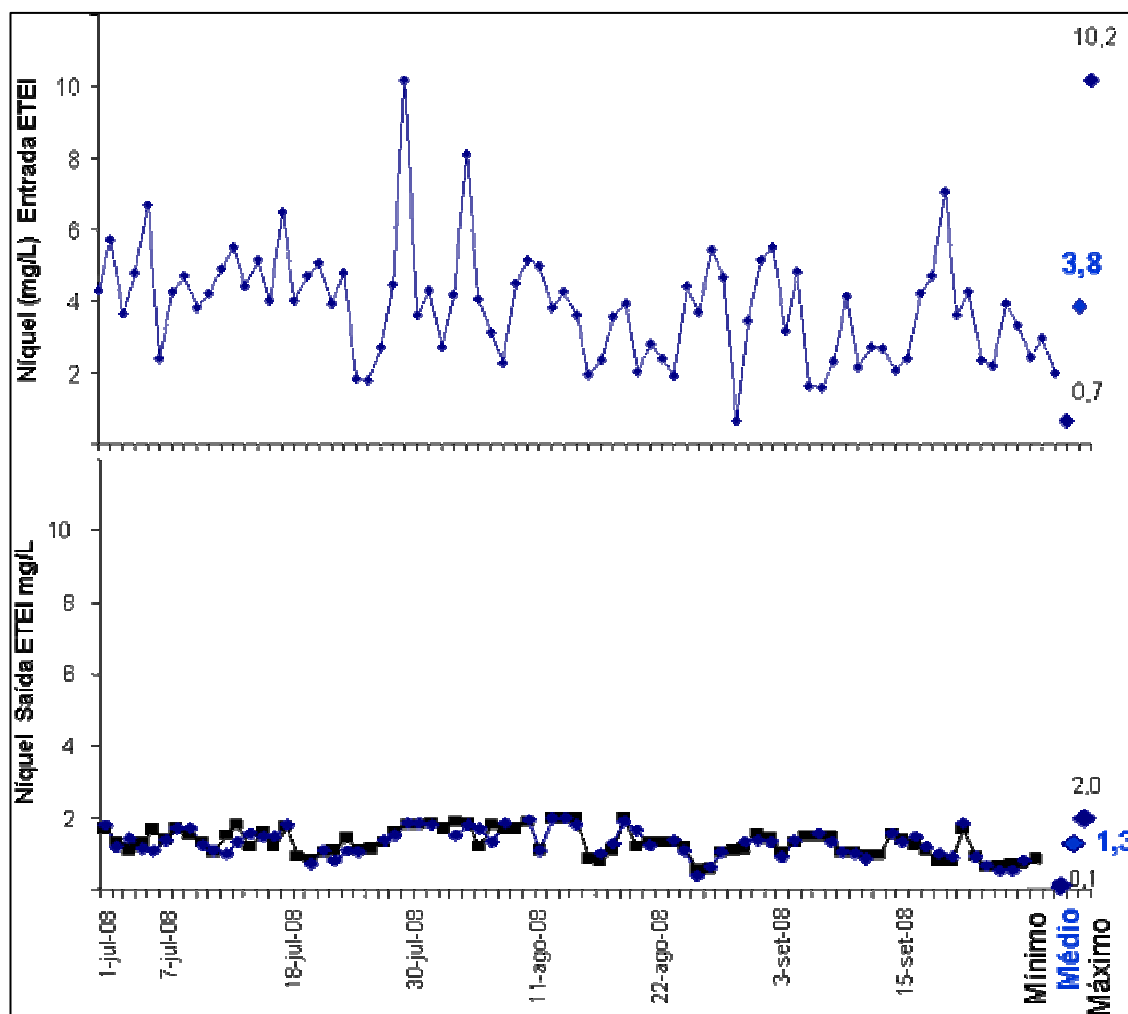


Figura 28: Concentração de Níquel no Processo de Tratamento

A remoção do Níquel teve uma eficiência de 65,79% (Valor médio de entrada de 3,8 mg/L para 1,30 mg/L) atendendo o valor base para lançamento, conforme artigo 19-A do decreto 8468 que estabelece um limite máximo de 2,0 mg/L para lançamento.

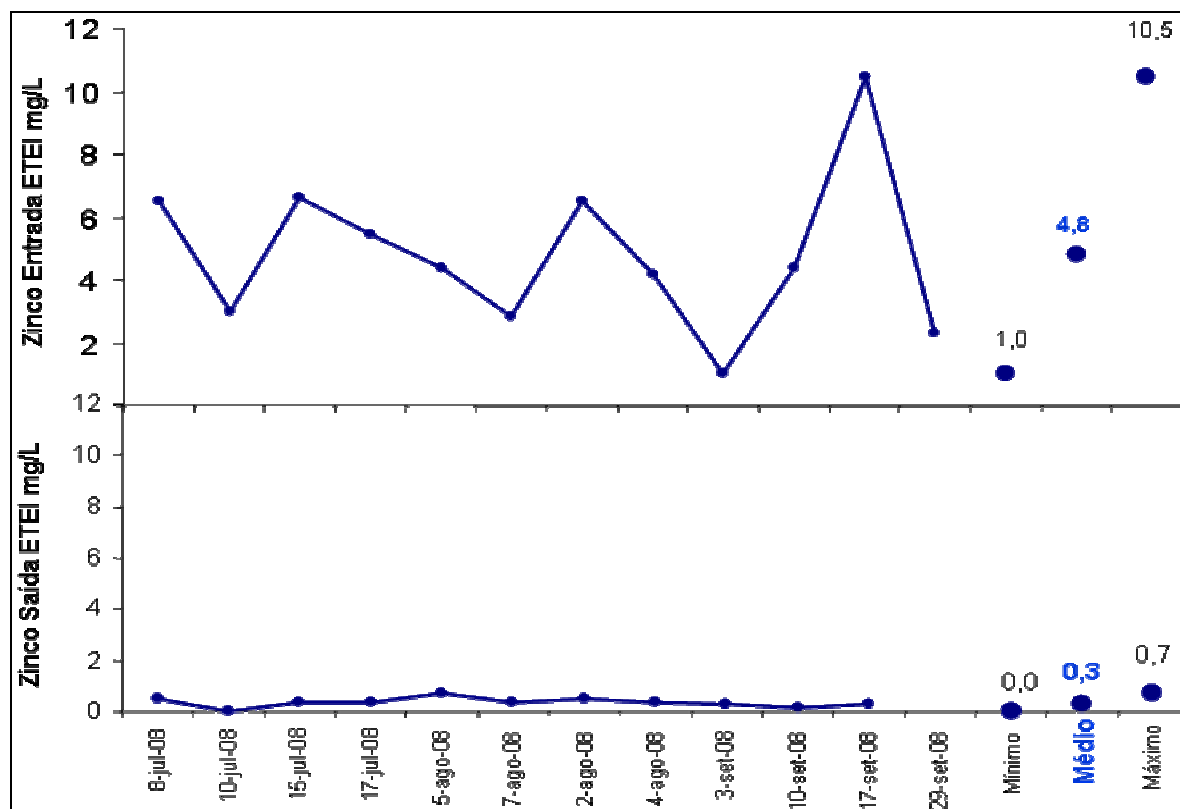


Figura 29: Concentração de Zinco na Entrada e na Saída da ETEI – em mg/L

O processo implantado está conseguindo remover o contaminante Zinco com uma eficiência de 93,75% (Valor médio de entrada de 4,8 mg/L para 0,30 mg/L) atendendo ao valor base para lançamento, conforme artigo 19-A do decreto 8468 que estabelece um limite máximo de 5,0 mg/L para lançamento.

## 6.2. RESULTADOS DO ENSAIO DE TRATABILIDADE

A realização do teste do jarro foi executada simulando-se diferentes dosagens de coagulante no efluente em diferentes faixas de pH, desejando-se obter um valor em escala laboratorial para ser comparado com o praticado no tratamento.

O equipamento utilizado para esta análise é dotado de 6 reatores com capacidade de 1,0 Litro cada com agitadores tipo Palhetas possuindo regulagem de velocidade medida em rpm – rotações por minuto.



Para a elaboração do procedimento de análise laboratorial, utilizou-se o trabalho apresentado por LEAL, 2002. Durante o teste, coletou-se amostra do efluente suficiente para a realização de cada tipo de ensaio colocando simultaneamente a amostra nos reatores, definiu-se a fase de Mistura Rápida como uma fase de rotação a 120 rpm durante 1 minuto com dosagem de coagulante nos primeiros 10 segundos, seguida da segunda fase como a Mistura Lenta, operando numa rotação de 40 rpm por 12 minutos e deixando-se decantar por 20 minutos. Após a fase de decantação, coletou-se uma amostra do efluente a 2 cm de distancia do topo para análise do resultado (Níquel, Zinco, pH e sólidos totais). Os dados foram anotados numa planilha conforme Anexo 11.

Após a realização do ensaio de tratabilidade, estabeleceu-se um procedimento analítico adaptado a partir de trabalhos de MARON JÚNIOR, 2006, com a finalidade de determinar o pH ideal de tratamento e a quantidade de coagulante (sulfato de alumínio a 50%).

#### **6.2.1. Procedimento para Determinação das Condições Ideais de Tratamento**

A faixa de pH de lançamento no córrego obedece à legislação do Estado de São Paulo que define a faixa de 6 e 10 (artigo 19 – “A” do Decreto Estadual número 8468 de 1976). Estabeleceu-se o monitoramento diário na entrada e na saída através de um pHmetro aferido ao menos duas vezes ao dia a partir de soluções padrões com certificado de calibração para valores de pH 4,0; 7,0 e 10,0, conforme demonstrado na Figura 30.

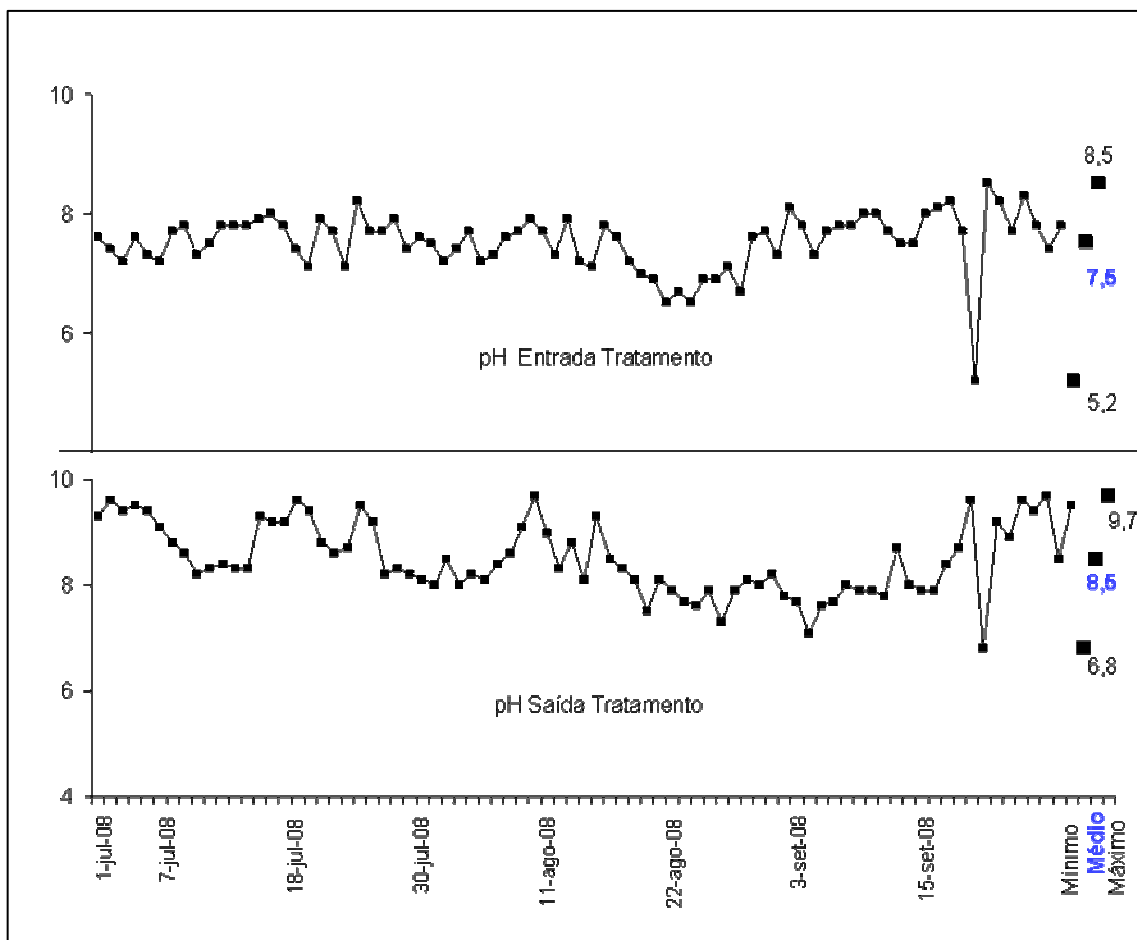


Figura 30: Medição do pH na entrada e na saída da estação

A partir da identificação dos principais poluentes, pode-se comparar também o conteúdo das concentrações médias do efluente na entrada no tratamento com o pH de precipitação de metais indicado na Figura 31, podendo-se notar que é recomendado trabalhar com um pH de 8,3 para a precipitação dos sais de Zinco e um pH de 9,3 para a precipitação dos sais de Níquel. Notou-se também que se deve tomar um cuidado para não se obter um pH acima de 10,5 devido à formação de complexos solúveis para o caso de sais de Zinco.

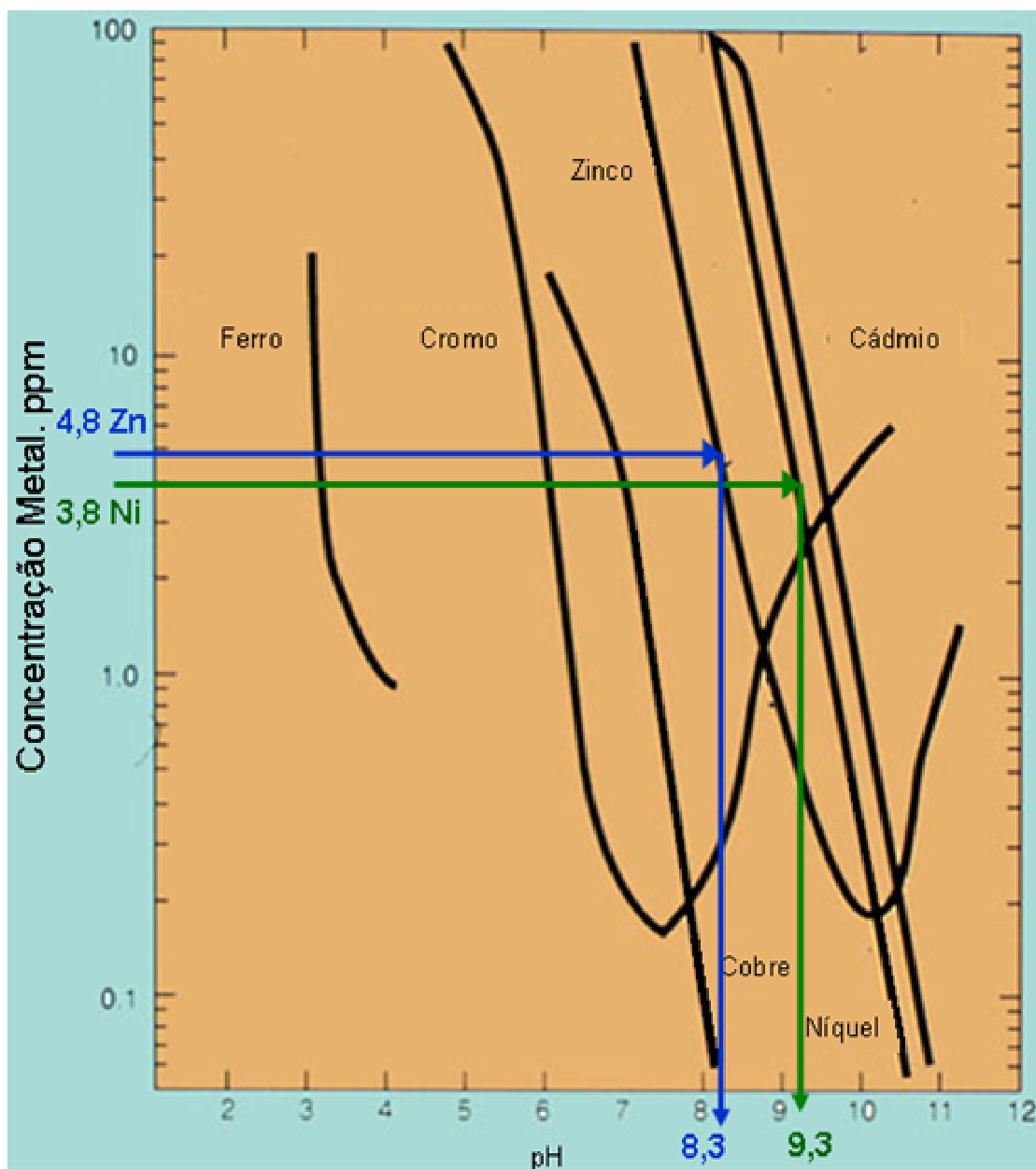


Figura 31: pH de precipitação de metais. Adaptado de *GeWater Technologies*, 2003

Colocou-se o efluente nos 6 jarros, ajustou-se o pH para 8,0; 8,5; 9,0 utilizando-se uma solução de hidróxido de cálcio a 0,2 N. Em seguida foram realizados os testes de tratabilidade variando-se a quantidade de coagulante - sulfato de alumínio a 50% que são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Resultado do Teste do Jarro

Executante: Lilliane D. dos Santos			Data: 12/2/2009				Hora: 13:00 hs	
Parâmetros	Unidade	Amostra Bruta	Jarro 1	Jarro 2	Jarro 3	Jarro 4	Jarro 5	Jarro 6
Níquel	mg/L	5	4,6	3,4	2,7	2,53	2,32	1,9
Zinco	mg/L	3,2	2,3	1,9	0,9	ND	ND	ND
pH inicial	—	7,1	8	8	8	8	8	8
pH final	—	-	7,8	7,7	7,7	7,7	7,6	7,6
Adição de Sulfato de Alumínio	mL	-	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
			Data: 12/2/2009				Hora: 14:30 hs	
Parâmetros	Unidade	Amostra Bruta	Jarro 1	Jarro 2	Jarro 3	Jarro 4	Jarro 5	Jarro 6
Níquel	mg/L	5	4,2	2,8	3,7	3,53	2,62	1,5
Zinco	mg/L	3,2	2,1	ND	ND	0,75	ND	ND
pH inicial	—	7,1	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
pH final	—	-	8,4	8,4	8,3	8,3	8,3	8,1
Adição de Sulfato de Alumínio	mL	-	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
			Data: 12/2/2009				Hora: 15:30 hs	
Parâmetros	Unidade	Amostra Bruta	Jarro 1	Jarro 2	Jarro 3	Jarro 4	Jarro 5	Jarro 6
Níquel	mg/L	5	3,64	2,57	2,16	1,45	0,55	0,76
Zinco	mg/L	3,2	2,7	1,63	0,8	0,6	ND	ND
pH inicial	—	7,1	9	9	9	9	9	9
pH final	—	-	8,8	8,7	8,7	8,7	8,6	8,6
Adição de Sulfato de Alumínio	mL	-	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8

 Melhores resultados encontrados

O resultado ideal de tratamento obtido, marcado na tabela 10 em cinza, foi comparado com o limite legal de Níquel que é de 2,0 mg/L e de Zinco que é de 5,0 mg/L (nota-se que o resultado atingido obedece ao visto na Figura 31).

Pode-se notar que a quantidade de coagulante adicionada que atinge os melhores resultados de remoção dos contaminantes na faixa de pH ideal (9,0) foi a uma concentração de 0,7 mg/L. Nesta condição de pH e de dosagem de coagulante consegue-se uma remoção de praticamente 100% de Zinco e atinge-se uma concentração de Níquel segura (por motivos de segurança, não foi considerada a dosagem de 0,6 mg/L de coagulante que gerou um resultado de concentração de Níquel final de 1,45 mg/L pois está muito próximo do limite especificado pela legislação e devido às variações de pH no processo de tratamento).

Avaliando-se a quantidade de coagulante dosado para o tratamento de 30.000 m<sup>3</sup> mensais de efluente, tem-se que a dosagem na estação é de aproximadamente 0,8 mg/L (18.007 kg com uma densidade de 1,32 g/mL = 23.770 L para tratar 30.000.000 Litros de efluente) num pH médio de 8,5.

### 6.3. ALTERAÇÕES NO PROCESSO

A partir da implantação do plano de amostragem obtivemos os resultados demonstrados no Anexo 10 que foram obtidos através da alteração da faixa de pH de trabalho mantendo-a entre 8,5 e 9,5. As análises compreendem o período de Julho a Setembro sendo que as alterações no processo foram implantadas durante a primeira semana de Setembro.

Além do ajuste na dosagem do pH, algumas outras alterações foram implantadas, obtendo-se um novo fluxo de tratamento, conforme descrito na Figura 33, podendo-se destacar:

- A dosagem de coagulante (Sulfato de Alumínio) foi alterada do centro do Tanque Reator para a saída do tanque separador de óleo, na caixa de passagem, por representar um ponto de alta turbulência propiciando uma melhoria na mistura rápida.
- A dosagem de cal (leite de cal) e do acelerador de decantação, passou a ser realizada na área de floculação do tanque Reator, de forma a tornar o uso do segundo tanque (Sedmat) desnecessário. Esta decisão foi realizada em função dos resultados obtidos conforme Figura 32 e o novo fluxograma de tratamento está representado na Figura 33.
  - Redução do Tempo de Sedimentação. Não se faz necessária a obtenção de resultados de Resíduos Sedimentáveis inferiores a 1 mg/L onde o limite é de 20 mg/L reduzindo assim a retenção de lodo;
  - Restrição do uso do tanque Sedmat. É muito importante em situações de descartes indesejáveis, podendo-se utilizar o tanque desativado como pulmão em eventualidades.
  - Quando for necessário realizar manutenção no tanque, poder-se-á trabalhar sem correr o risco de interrupção do tratamento.

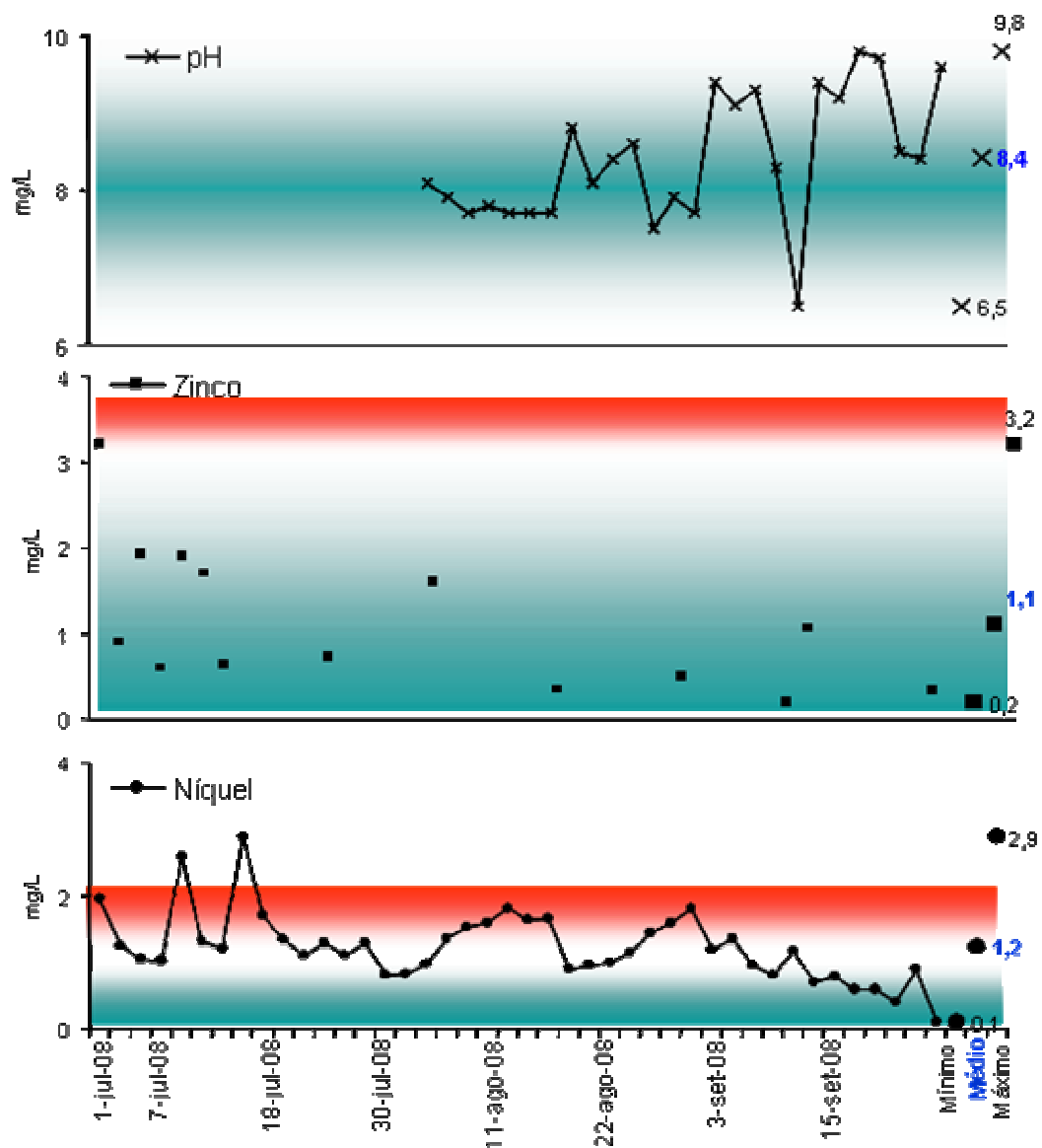


Figura 32: Resultados do tratamento na saída do tanque Reator

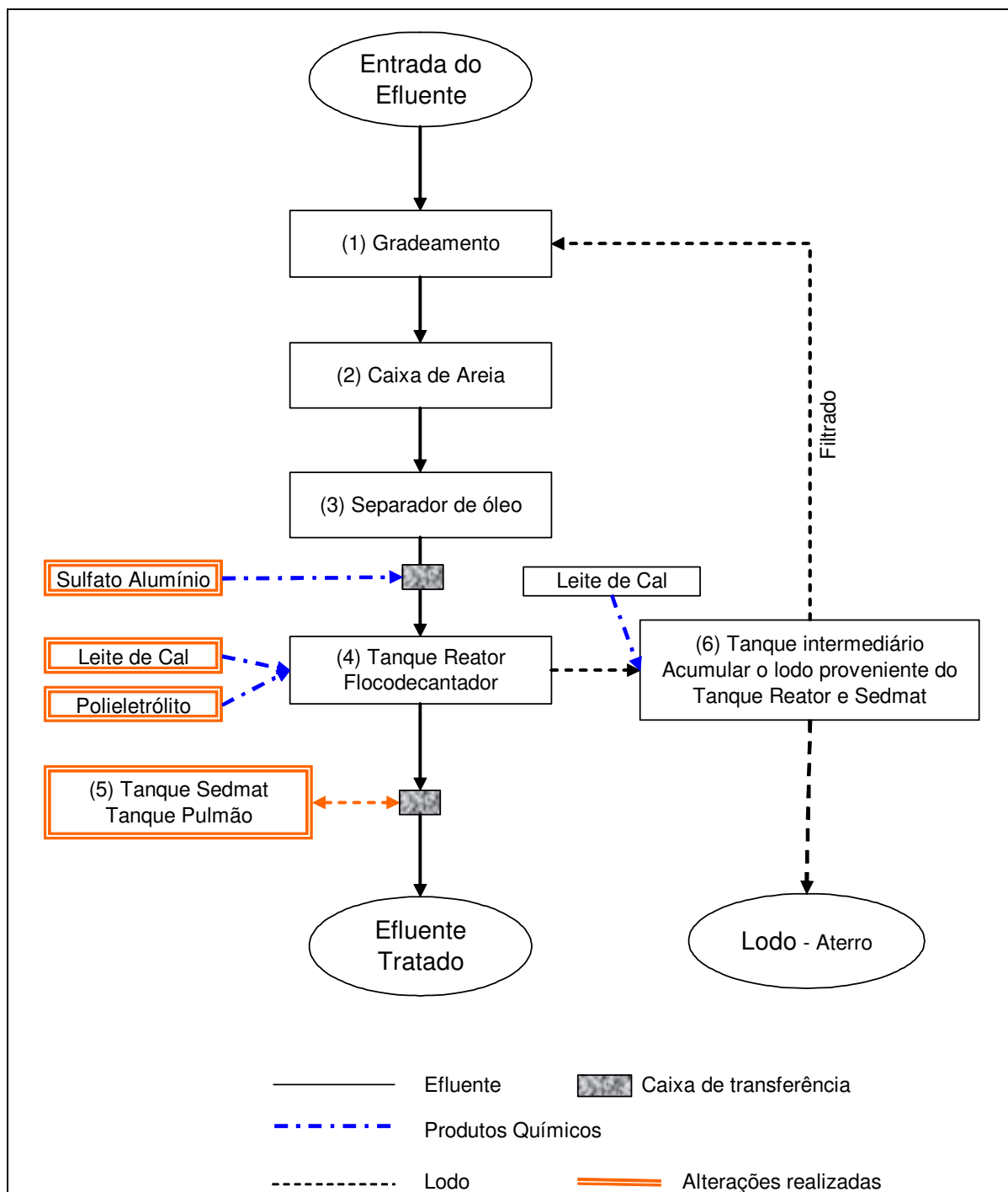


Figura 33: Novo Fluxograma do Processo de Tratamento

#### 6.4. QUANTIFICAÇÃO DE LODO

Durante o estudo, foram realizadas as medidas de Sólidos Totais em laboratório (Renova Resíduos), conforme Tabela 11.

Tabela 11: Medição de Sólidos Totais no Efluente

Data	Sólidos Totais mg/L (entrada - SE)	Sólidos Totais mg/L (Saída - SS)
8-jul-08	1234	124
10-jul-08	1987	456
15-jul-08	1635	346
17-jul-08	974	643
22-jul-08	Não coletado	545
24-jul-08	Não coletado	253
5-ago-08	1256	156
7-ago-08	597	345
12-ago-08	1789	645
14-ago-08	1566	567
19-ago-08	Não coletado	345
21-ago-08	Não coletado	256
3-set-08	1237	433
10-set-08	1650	265
17-set-08	1754	345
24-set-08	Não coletado	675
26-set-08	Não coletado	453
29-set-08	153	Não coletado
30-set-08	Não coletado	176
Mínimo	153	124
Médio	1319	390
Máximo	1987	675

Obtendo-se o valor de SG, sólidos gerados no tratamento, e conhecendo-se a quantidade de umidade no lodo final pode-se estimar a quantidade de lodo gerado por metro cúbico de efluente que entra para tratamento.

A partir dos dados da Tabela 11 e em função do volume de efluente tratado no período, conforme Tabela 6, têm-se os seguintes valores mensais:

SE = 30.000.000 [L] x 1.319 [mg/L] = 39.570.000.000 mg correspondendo a 39,57 toneladas.

SS = 30.000.000 [L] x 390 [mg/L] = 11.700.000.000 mg correspondendo a 11,70 toneladas.

A quantidade de cal consumida mensalmente é de 18,007 toneladas e de sulfato de alumínio 18,345 toneladas. Para a quantidade de sólidos totais presente na solução de sulfato de alumínio, adotou-se o valor de 9,004 toneladas (o sulfato de alumínio está diluído a 50% em massa).

Logo, a partir da expressão “SG = SPQ + SE – SS” pôde-se obter:

$$SG = (18,345 + 9,004) + 39,57 - 11,70 = 55,219 \text{ [toneladas, base seca]}$$



Como o cálculo de Sólidos Totais dispensa a quantidade de água e sabendo que o lodo destinado apresenta umidade (água) em sua composição, foram realizadas medições da umidade, conforme Figura 34.

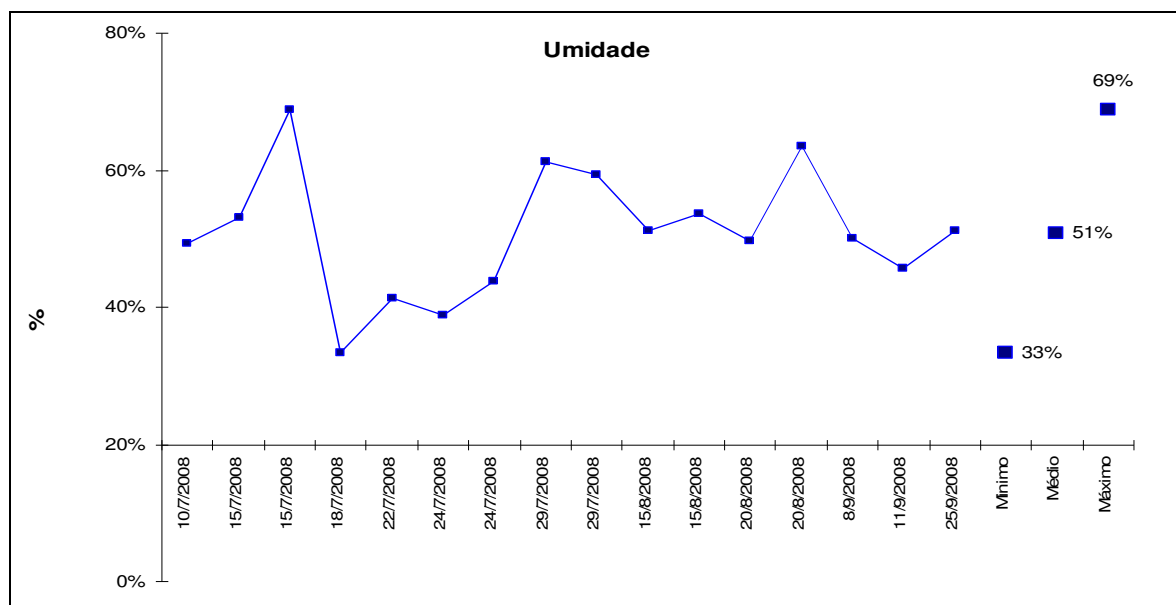


Figura 34: Medição da umidade do lodo.

Temos então que a quantidade de lodo gerada mensalmente na base seca é de 55,219 toneladas. Na conversão para a base úmida, considerando-se que o lodo destinado para aterro possui 50,9% de umidade, conforme Figura 34 temos o lodo gerado mensalmente na base úmida é de **112,46** toneladas.

#### 6.4.1. Medição OG no lodo

Obtido o lodo gerado mensalmente, estudou-se a característica, seus contaminantes, através de uma caracterização do lodo, conforme Anexo 4 e, sabendo-se que historicamente este resíduo apresenta níveis elevados de óleos e graxas (OG), estabeleceu-se também uma rotina de analítica a cada carregamento enviado para aterro tendo os resultados apresentadas na Figura 35.

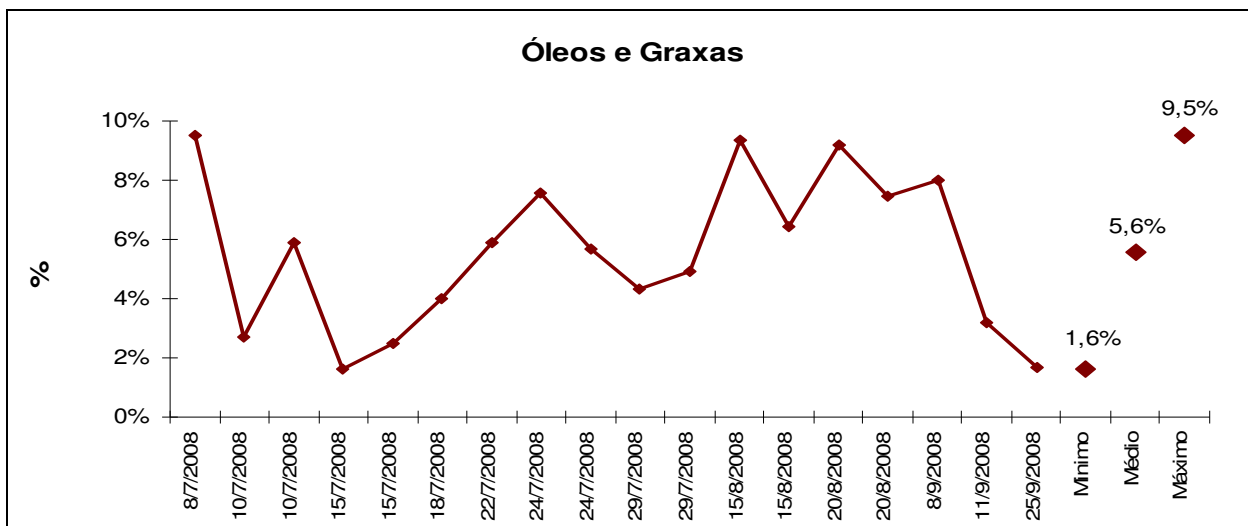


Figura 35: Medição de Óleos e Graxas do lodo enviado para aterro.

Aterros industriais somente podem receber resíduos com teores de inferiores a 5% de Óleos e Graxas. Assim sendo, este resíduo somente pode ser enviado para aterros especiais (neste caso o aterro SASA) ou até mesmo para coprocessamento em fornos de cimento.

## 7. CONCLUSÃO

O tratamento e descarte de efluentes a partir da Estação de Tratamento de Esgotos Industriais – ETEI – da Volkswagen do Brasil em sua unidade Anchieta em São Bernardo do Campo atende plenamente aos requisitos legais expressos pelo Decreto 8468, artigo 19-A do Estado de São Paulo.

O estudo do processo de tratamento e o desenvolvimento do plano de amostragem implantado durante a execução deste trabalho resultou na detecção de variações das condições do efluente garantindo que a dosagem de produtos químicos é ideal reduzindo a possibilidade de descartes indesejados e que contrariem os padrões especificados na legislação. Mostrou também que o comportamento na precipitação dos metais, Níquel e Zinco, reproduzem a síntese dos conceitos publicados anteriormente (KLAUS e IMHOFF, 2000).

Pode-se verificar que a elevação do pH para a faixa de tratamento de 8,5 a 9,5 melhorou o rendimento do tratamento dos metais pesados, conforme tendências expressas na Figura 36, possibilitando o tratamento em um único tanque (Reator) reduzindo o tempo de confinamento do efluente e possibilitando ou disponibilizando um tanque para usos em casos de descartes diferenciados ou para manutenção.

A quantidade do coagulante Sulfato de Alumínio a 50% dosado em escala real (0,80 mg/L) está um pouco acima do obtido na análise laboratorial – teste do jarro (0,7 mg/L). Contudo, pode-se concluir que é desejável uma dosagem de coagulante superior buscando-se obter a garantia da qualidade do efluente lançado e do atendimento aos parâmetros legais. Numa pesquisa futura, pode-se simular a dosagem do coagulante mais diluído, em torno de 10% e testes com outros tipos de coagulantes (Sulfato Férrico, Policloreto de Alumínio, Tanino, etc.) e alcalinizantes (NaOH) sempre buscando a redução na geração de resíduos e no custo do tratamento.

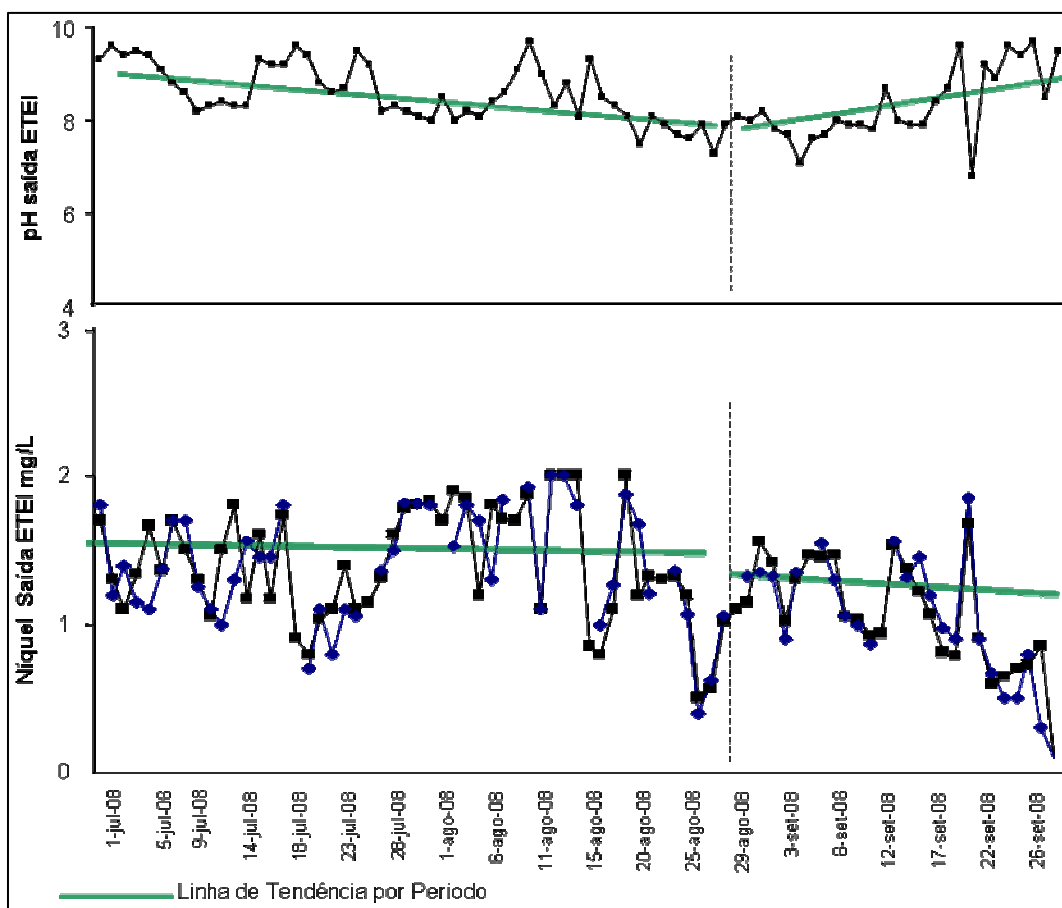


Figura 36: Comparação entre a condição de tratamento do pH no tratamento e a remoção de Níquel.

A partir da análise dos sólidos totais, pode-se estimar com boa precisão a quantidade de lodo gerada mensalmente, respeitando-se o volume de efluente gerado e tratado. A partir deste trabalho, quaisquer ações que venham a reduzir a quantidade de lodo, otimizar a sistemática de destinação através da implantação de sistemas que venham a melhorar a remoção de óleos e graxas ou até a substituição do coagulante empregado, poderão ser medidas com precisão evitando-se avaliações ou comparações superficiais.

## **8. RECOMENDAÇÕES**

No município de São Bernardo do Campo o efluente descartado na rede pública coletora de esgotos é taxado. Como atualmente para o caso estudado não existe o pagamento por estar em fase de projeto e posterior construção (da rede coletora de esgotos) recomenda-se que seja iniciado o processo de aquisição, montagem e operação de uma nova estação para reuso (o tempo de aquisição até o início efetivo das operações é de aproximadamente 18 meses) antecipando-se a implantação efetiva da rede coletora pública.

### **8.1. ELIMINAÇÃO DE METAIS PESADOS – NÍQUEL E ZINCO**

Após a implantação do plano de amostragem, pode-se notar que existem apenas alguns poucos contaminantes presentes, ora no efluente, ora no lodo, o que obriga a manter o processo de tratamento. São eles: o Níquel e o Zinco no efluente e o óleo no lodo.

Como foi verificado ao longo do desenvolvimento deste trabalho, o contribuinte significativo de metais pesados, sais de Níquel e Zinco, é o processo de fosfatização da pintura. Uma possibilidade de otimização com grande chance de sucesso seria a implantação de uma estação compacta de tratamento de efluentes na saída do banho de fosfatização. Desta forma deseja-se evitar todo o tratamento Físico-Químico na estação de tratamento conforme Figura 37, ou seja, eliminaríamos toda a dosagem de produtos químicos e a geração do lodo tendo-se que manter unicamente o processo de remoção de óleo e, por segurança, a manutenção de um tanque de passagem e controle, garantindo eventuais descartes indesejados no córrego.



Figura 37: Proposta de implantação de uma ET – Estação de Tratamento na saída do processo de Pintura, foto adaptada de Google Earth (acessado em 05/10/2008)

O novo sistema de tratamento do efluente seria semelhante ao realizado hoje porém destinado unicamente para a remoção dos metais pesados numa vazão muito menor, cerca de 7 a 10 m<sup>3</sup>/hora ao invés de 55m<sup>3</sup>/hora, necessitando de uma quantidade de coagulantes muito menor, sem contaminantes como óleo e possibilitando até, dependendo das características reais, a venda do lodo resultante da precipitação para empresas especializadas na reciclagem de metais.

A perspectiva de ganho ambiental e econômico é expressiva uma vez que pode-se reduzir em até 70% do uso de produtos químicos, deixaremos de enviar as mais de 100 toneladas de lodo para aterro e ainda, com o lodo gerado, pode-se reverter em insumos para a industria reduzindo a necessidade de extração de minérios.

## 8.2. REDUÇÃO DO CONTAMINANTE DO LODO

Pensando-se que o lodo tem apresentado níveis superiores a 5% de óleos e graxas e partindo-se da premissa que hoje já existe um sistema separador de óleo, este pode ser melhorado através da implantação de lamelas, conforme proposta apresentada na Figura 38.

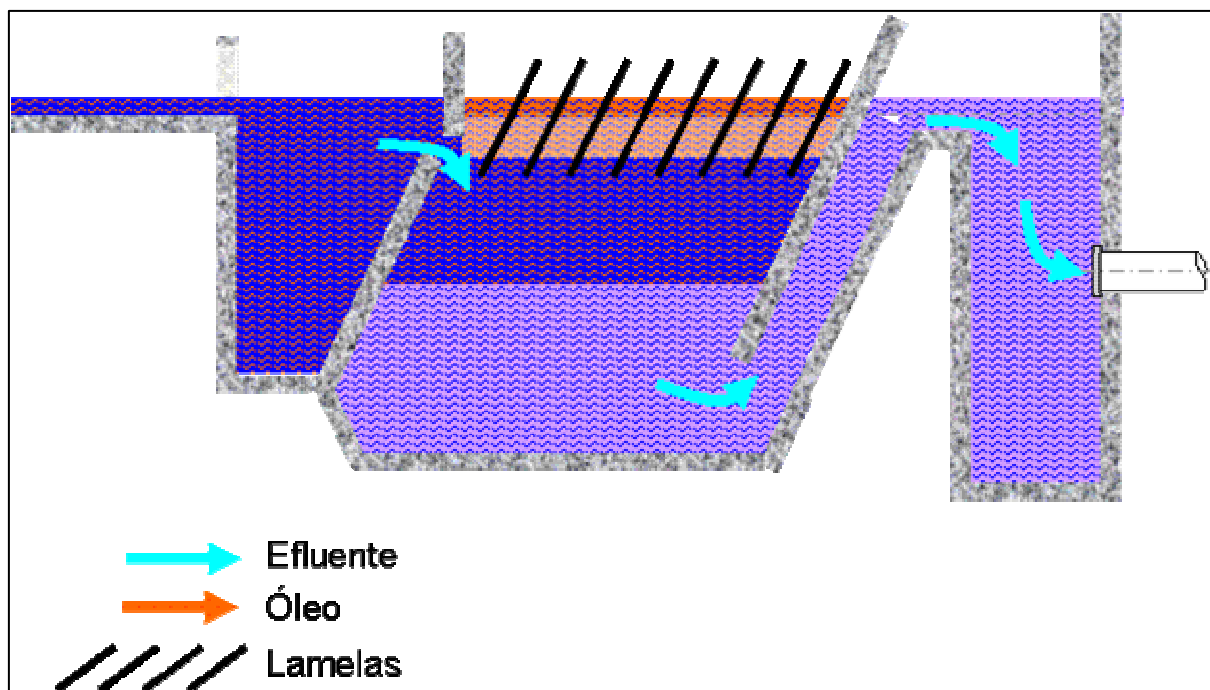


Figura 38: Separador de óleo com proposta de lamelas adaptadas

As lamelas são placas de madeira, plástico ou metal que permitem que o fluído passe de forma gradativa e contínua reduzindo a turbulência.

A redução dos níveis de OG possibilitará o envio deste material para outros aterros controlados mais próximos reduzindo o custo em cerca de 25% (o aterro SASA está situado na cidade de Tremembé, a aproximadamente 300 km de São Bernardo do Campo).

### 8.3. PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE REUSO DE ÁGUA

Fundamentado na premissa de que a indústria estudada já possui rede de abastecimento de água potável e industrial segregada, podendo-se propor um processo, conforme Figura 39 e uma especificação de qualidade de água para uso em sistemas de resfriamento, torres, e para uso em descargas de banheiros, conforme Tabela 12.

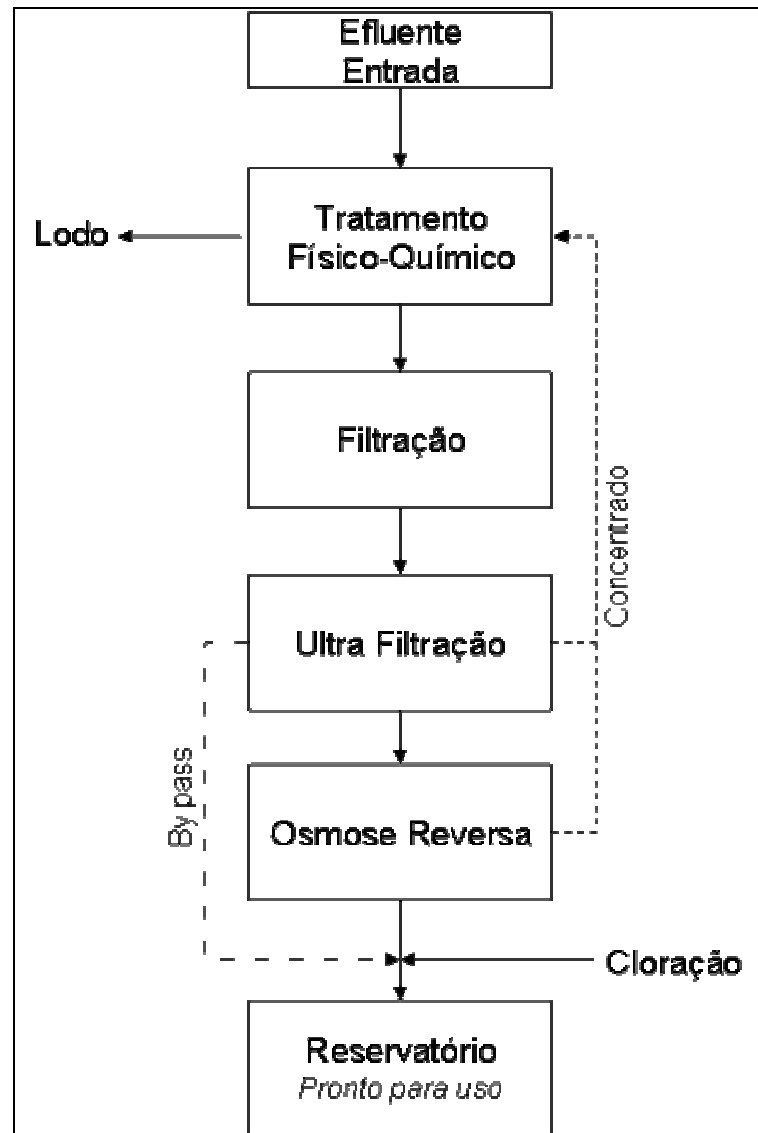


Figura 39: Proposta de sistema de Reúso

O processo físico-químico atual continuaria presente com a finalidade de preparar a água para as etapas seguintes. A filtração serve para remover os sólidos suspensos e os particulados não decantados evitando a obstrução dos sistemas subseqüentes, ultrafiltração e osmose reversa. Estas duas últimas etapas servem para reduzir os sais presentes no efluente.

O resultado obtido a partir da água tratada no sistema osmose é de alta qualidade e pode ser misturado ao permeado da ultrafiltração obtendo-se assim a água na qualidade requerida para uso nas torres de resfriamento, conforme tabela 12.



Tabela 12: Parâmetros a serem monitorados na saída da estação de reúso

PARÂMETROS – Físico Químicos	UNIDADE	Proposta		EPA		MIERZWA e HESPANHOL	
		LIMITE	Frequência Medição	LIMITE	Frequência Medição	LIMITE	Frequência Medição
pH à 25 °C	*	6,5 a 8,5	Contínuo	6 - 9	Semanal	6 – 9	Semanal
DQO	Mg/L	-	-	30 mg/L	semanal	-	-
Temperatura	°C	< 35,0	A cada 2 horas	-	-	-	-
SDT	mg/L à 105 °C	< 20	Diária	< 30	Diário	< 30	Diário
Turbidez	N.T.U	< 8,0	Contínuo	-	-	-	-
Cor aparente	mg Pt/L	< 40	Diária	-	-	-	-
Bactérias Heterotróficas	UFC	< 500	2 x semana			-	-
Coliformes Totais	UFC	Ausentes	2 x semana	≤ 200/100 mL	Diário	-	-
Cloro Residual Livre (tempo de contato de 30 min)	Mg/L	2,0 – 4,0	Contínuo	> 1,0	Contínuo	> 1,0	Contínuo

A proposta apresentada refere-se a um tratamento físico-químico para a remoção dos contaminantes idêntica ao que ocorre hoje, seguida por uma etapa de Filtração, para a remoção dos sólidos suspensos com retorno do rejeito para o tanque de coagulação, Ultra Filtração para redução das partículas e composição da mistura final junto à etapa de Osmose Reversa que remove os íons, baixando o nível de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), conforme Tabela 12. A fim de manter e evitar o desenvolvimento de microorganismos indesejáveis deve-se instalar uma etapa de cloração de forma a garantir um nível de cloro residual livre (CRL) superior a 2,0 mg/L limitado a 4,0 mg/L para evitar a elevação da corrosão da tubulação.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATKINS, Peter; JONES, Loretta – Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente – editora Bookman, 3ª edição – Porto Alegre, 2006.

BERNARDO, Luiz Di, BERNARDO, Angela Di e CENTURIONE Filho, Paulo Luiz – Ensaios de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água – Editora Rima, 2002 – São Carlos

BERNARDO, Luiz Di – Métodos e Técnicas de Tratamento de Água, Volume I e II – ABES, 2005 Rio de Janeiro;

BRAILE, Pedro Marcio, CAVALCANTI, José Eduardo W. A. – Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais – editora CETESB – São Paulo, 1993.

BRASIL. Decreto do Estado de São Paulo, número 8468 de 1976, Artigo 19-A.

\_\_\_\_\_. Decreto Federal, nº. 24.643 de 10 de julho de 1934, Código de Águas.

\_\_\_\_\_. Lei Federal de Crimes Ambientais, nº. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998,

\_\_\_\_\_. NBR 10.004 de 2004 – Caracterização de Resíduos Sólidos Industriais

\_\_\_\_\_. 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. Revoga a Portaria 1469 GM/MS de 29/12/2000. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/sitefunasa/legis/legis00.htm#3>.

\_\_\_\_\_. RESOLUÇÃO CONAMA n.357, de 17 de março de 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.

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legipesq.cfm?tipo=3&numero=357&ano=2005&texto>

\_\_\_\_\_. RESOLUÇÃO CNRH nº 54, de 28/11/2005. Conselho Nacional de Recursos Hídricos Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências.

CECCHIN, Cristiane. Reuso de água : Um modelo proposto para a redução de consumo de água industrial através da metodologia do gerenciamento de processos. 2003. Dissertação ( Mestrado em Engenharia da Produção ) - Programa de Pós Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003

CETESB. <http://www.cetesb.sp.gov.br/> <http://www.tratamentodeagua.com.br/principal.pHp>. Acessado em 05/11/2008

Environmental Protection Agency - EPA, Guidelines for Water Reuse, 2004.  
<http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r04108/625r04108.pdf#search=%22EpA%202004%22>.

EPA - <http://www.epa.gov/OW/index.html>. Acessado em 05/11/2008

FIESP/ CIESP (2004). CONSERVAÇÃO E REUSO DE ÁGUA – Manual de Orientações para o Setor Industrial. Volume I.

FIGUEIREDO, Iene Christie. Eduardo Pacheco Jordão, Isaac Volschan Junior, Márcia Dezotti, José Paulo Soares de Azevedo II-030 desempenho de produtos químicos no processo cept: teste de jarro e escala piloto 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

FIRJAN. Manual de Conservação e Reúso de água na Indústria. Rio de Janeiro: DIM, 2006. 1ª Edição ISBM 1. Reúso de água 2.Conservação de água I. Título Março de 2007 Hivanildo Hespanhol (Coordenador), José Carlos Mierzwa Luana Di Beo Rodrigues Maurício Costa Cabral da Silva Centro Internacional de Referência em Reúso de Água – CIRRA/IRCWR

GE WATER. Handbook of Industrial Water Treatment. [www.gewater.com/handbook/wastewater\\_gas\\_cleaning\\_systems/ch\\_37\\_treatment.jsp](http://www.gewater.com/handbook/wastewater_gas_cleaning_systems/ch_37_treatment.jsp) Acessado em 22/11/2008.

GOHRINGER, Simone Soares. Uso Urbano Não Potável de Efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário. Estudo de Caso: Município de Campo Largo – PR. In Dissertação apresentada à obtenção do grau de Mestre em Gestão Urbana. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. 2006.

HERRO, Harvey M.; PORT, Robert D. The Nalco guide to cooling water system failure analysis. USA: McGraw-Hill, Inc., 1993.

IMHOF, Karl e KLAUS R. Manual de Tratamento de Águas Residuárias. 2ª reimpressão 2000 Editora Edgard Blücher Ltda.

International Water Resources Association. Water International, Volume 25, Number 1, Pages 11- 32, March 2000. Table I – Renewable water Resources and Water Availability by Continents. Page 18. <http://www.iwra.siu.edu/win/win2000/win03-00/shiklomanov.Pdf> Acesso em 12 de junho de 2005.

KEMMER, F. N. The NALCO water handbook second edition – Nalco Chemical Company. EUA: McGraw-Hill, 1998.

LEAL, Fabiano César Tosetti. Estudo da remoção da cor por coagulação química no tratamento convencional de águas de abastecimento - artigo técnico engenharia sanitária e ambiental Vol. 7 - Nº 3 - jul/set 2002 e Nº 4 - out/dez 2002, 117-128

LORA, Electo Eduardo Silva. Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte. 2ª ed. – Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

MACEDO, Jorge Antonio Barros de Macêdo – ÁGUAS & ÁGUAS 2ª Edição - Belo Horizonte – MG: CRQ-MG, 2004;

MANCUSO, Dr Pedro Caetano Sanches.REÚSO DE ÁGUA PARA TORRES DE RESFRIAMENTO. Novembro de 2.001. São Paulo

MARON JUNIOR, Romário. Reuso de água em indústria metalúrgica rolamenteira – estudo de caso SKF do Brasil Ltda – São Paulo, 2006. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.

METCALF E EDDY, INC. Wastewater engineering: treatment and reuse. 4th edition/ revised by George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, H. David Stensel. Reprinted in Índia by the arrangement with The McGraw-Hill Companies Inc, 2003. Capítulos 13 e 14.

MIERZVA, José C.; HESPANHOL, Ivanildo. Água na Indústria: uso racional e reuso. 2005 – São Paulo, Editora: Oficina de Textos.

MMA (Ministério de Meio Ambiente). Plano Nacional de Recursos Hídricos. [http://www.ana.gov.Br/pnrh/DOCUMENTOS/5Textos20 Plano%20 Nacional14-04-03.pdf/](http://www.ana.gov.Br/pnrh/DOCUMENTOS/5Textos20%20Plano%20Nacional14-04-03.pdf/).

OENNING JUNIOR, Airtton. Avaliação de tecnologias avançadas para o reúso de água em indústria metal-mecânica / Airtton Oenning Junior. – Curitiba, 2006. xxiv, 223f. : il. Orientador: Urivald Pawlowsky. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental.

OMS (2006). Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture. [http://www.int/water\\_sanitation\\_health/wastewater/wastreusexecsum.pdf](http://www.int/water_sanitation_health/wastewater/wastreusexecsum.pdf)

ONU. <http://www.un.org/esa/population/publications/wpp2006/English.pdf> World Population Prospects The 2006 Revision Economic & Social Affairs

PHILIPPI Jr., Arlindo, ROMERO, Marcelo de Andrade, BRUNA, Gilda Collet. Curso de Gestão Ambiental – Marueri, SP: Editra Manole, 2004.

REIS, Fernando Moraes dos; Barits, Ricardo. A Fosfatização, contribuição realizada pela empresa Chemetall do Brasil. Assahi Gráfica e Editora Ltda.

RICHTER, Carlos A. – Tratamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água – 1ª edição, RICHTER, Carlos A. , NETTO, José M. De Azevedo. Tratamento de água. 4ª edição, São Paulo: Edgard Blücher, 2002. 332p

RICHTER, Carlos A. e NETTO, José M. de Azevedo – Tratamento de Água, Tecnologia Atualizada - 5ª reimpressão, 2003 – Editora Edgard Blücher Ltda;

SABESP [http://www.sabesp.com.br/sabesp\\_ensina/avancado/reuso\\_planejado/defat.htm](http://www.sabesp.com.br/sabesp_ensina/avancado/reuso_planejado/defat.htm) .

SABESP. Estabelecimento de Diretrizes Técnicas, Econômicas e Institucionais e de Programa de Ação para Implementação de Sistema de Reuso de Esgotos na RMSP. São Paulo; 2004.

SCHAEFER, Karl; EXALL, Kirsten; MARSALEK, Jiri. Water reuse and recycling in Canada: a status and needs assessment urban waters. Artigo submetido em Fevereiro de 2004 e aceito em Agosto de 2004. Disponível em <http://pubs.nrcnrc.gc.ca/cdrj/cdrj29/cdrj195.pdf>

SCHNEIDER, René Peter e TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Membranas filtrantes para o tratamento de água, esgoto e água de reúso. – 1ª edição – São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001.

SHEREVE, R. Norris e BRINK Jr., Joseph A. – Indústria de Processos Químicos – 4ª edição – Editora Guanabara;

SILVA, Marcos Erick Rodrigues. Pós-Tratamento de Efluentes Provenientes de Reatores Anaeróbios Tratando Esgotos Sanitários por Coagulantes Naturais e Não-Naturais.. Universidade Federal do Ceará. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Mestrado em Saneamento Ambiental. Fortaleza 2006. (pg 56)

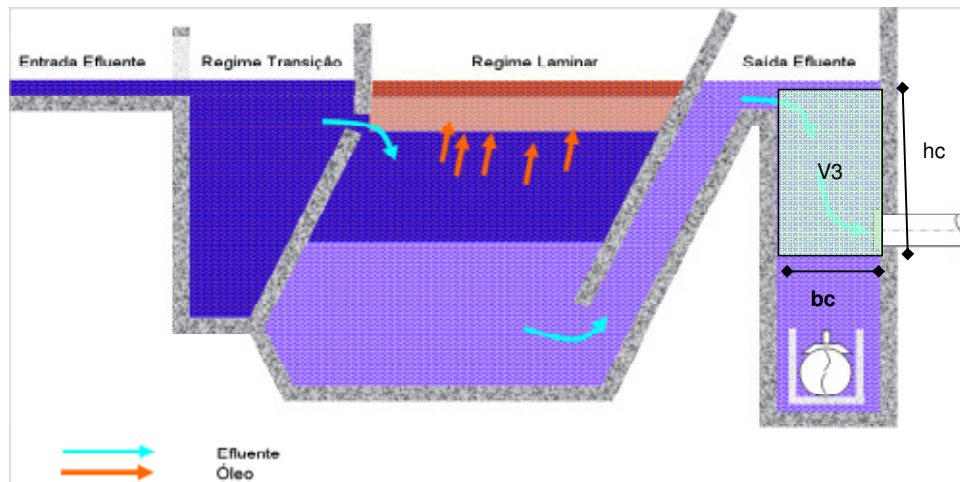
SPERLING, Marcos Von – Princípios do Tratamento Biológico de Águas – Introdução á Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos – Volume 1, 2ª edição Departamento de energia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996 243 p;

TELLES, Dirceu D'Alkmin e COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães – Reúso da água: conceitos, teorias e práticas – Editora Edgard Blücher Ltda, 1ª edição, 2007, São Paulo, SP.

UNEP – United Nations Environment Programme. Freshwater stress: current population at risk <http://www.grida.no/climate/vital/37.htm>. Acessado em 02/05/2008.

ZAN, Francisco Antonio Amadei. Dissertação de Mestrado - Avaliação de Estratégias de Sustentabilidade Técnica em Sistemas de Reúso de Água a partir de Efluentes Industriais Tratados: Estudo de Caso na Volkswagen – Taubaté – SP.. Campinas. Janeiro/2006 – Unicamp Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

## Anexo 1 - Detalhes do Tanque Separador de Óleo



V3 [m³]	
hc	2
bc	1
largura c	1,5
V3	3

V tubulação [m³]	
Diametro	0,30
Extensão aproximada	15
V tubulação	1,1

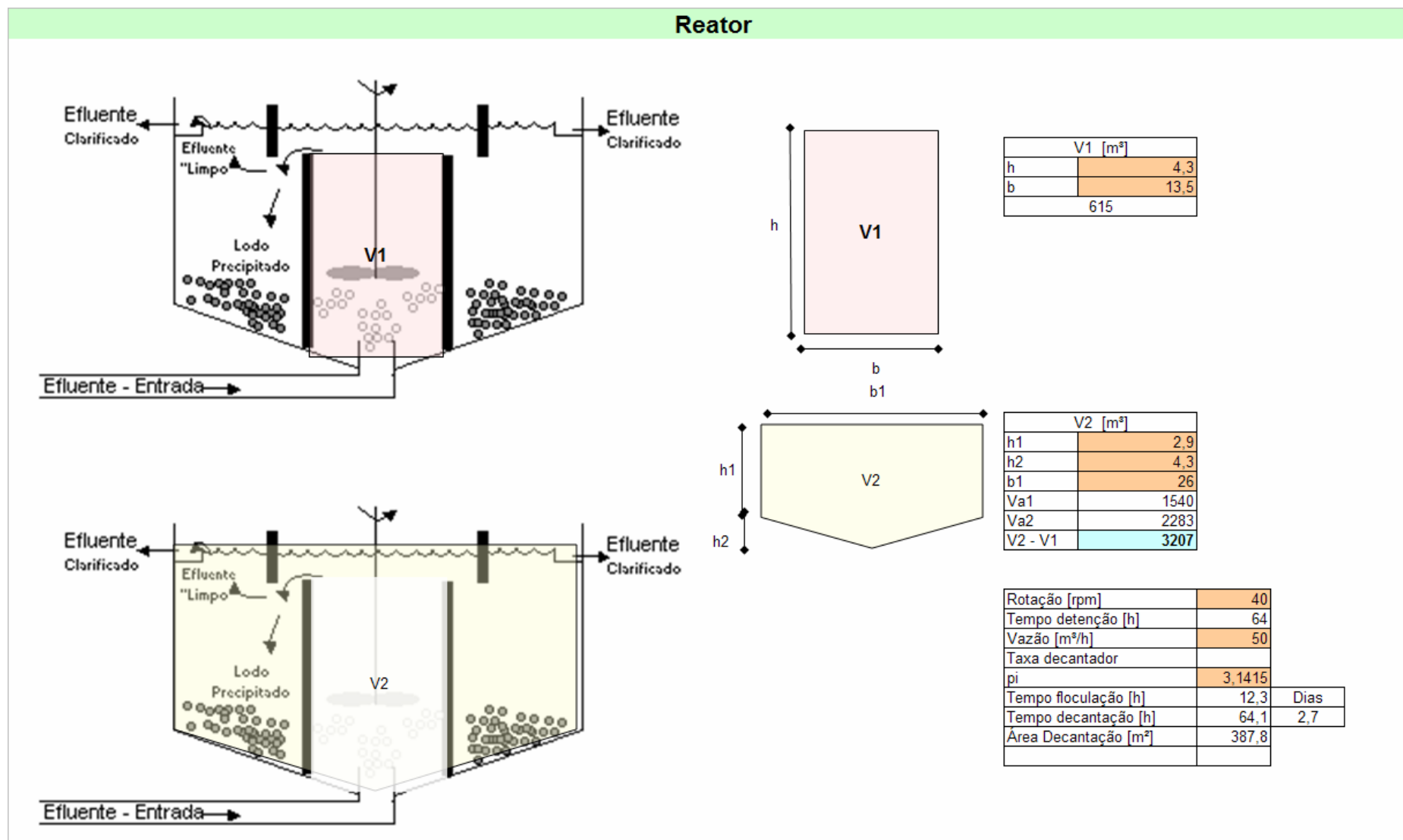
V contato = V tub + V3	4,1
T mistura [seg]	295

Proposta de vaso de dosagem de sulfato de alumínio

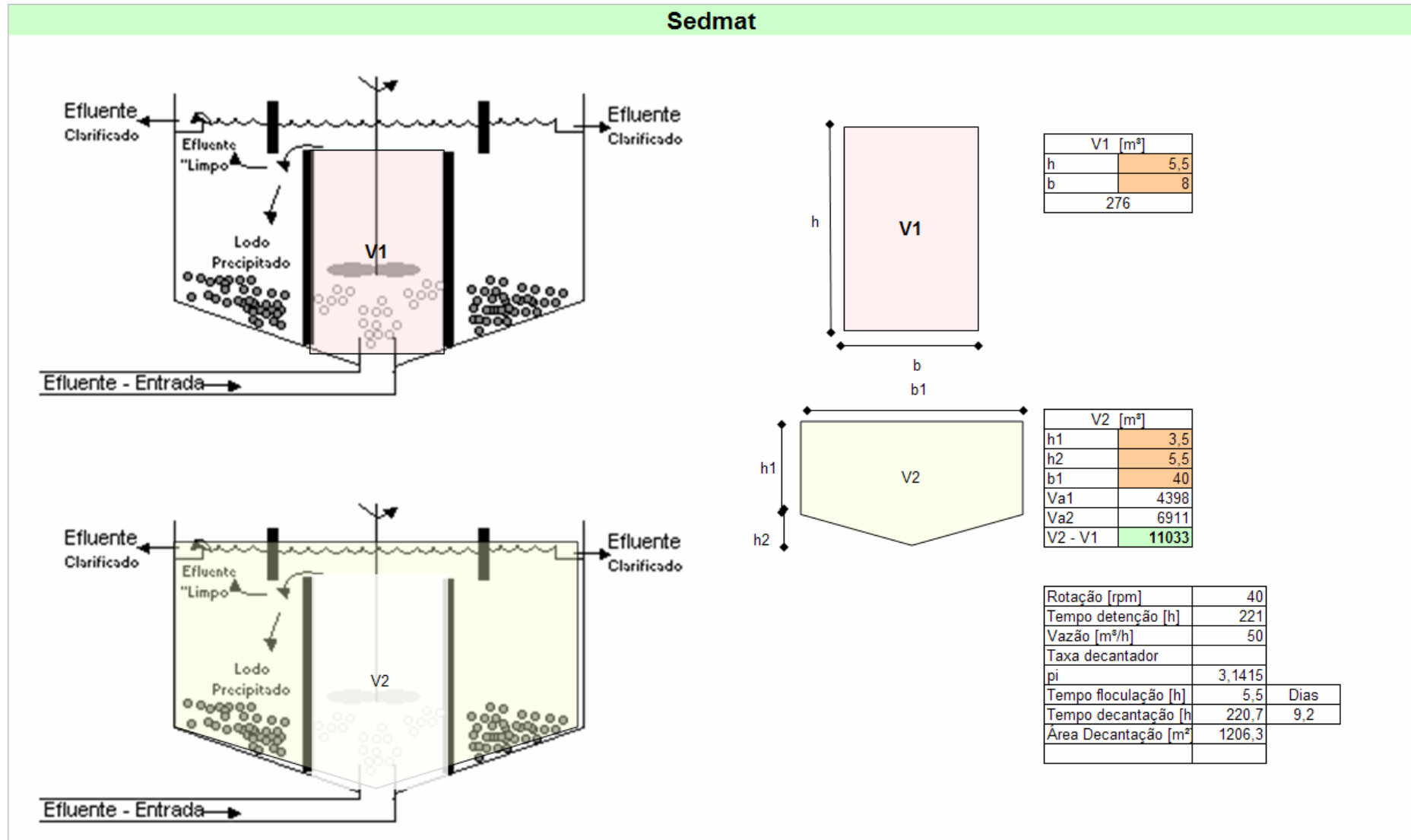
Critério de acionamento [m³/h]      2 Vazão de entrada

Acionamentos hora	25
Dosagem da bomba dosadora	10 m³/h
Tempo de dosagem	10 seg
Volume dosado por acionamento	0,028 m³
Volume de coagulante [m³/h]	0,69 m³/h

## Anexo 2 – Detalhes do Tanque Reator



### Anexo 3 – Detalhes do Tanque Sedmat





**Anexo 4 – Caracterização do lodo****RELATÓRIO DE ENSAIO  
Nº 6015****03/03/2009****CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS CONFORME NBR 10.004:2004****AMOSTRA: LODO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE  
EFLUENTE INDUSTRIAL**

**VOLKSWAGEN DO BRASIL LTDA  
Via Anchieta, Km 23,5 – CPI: 1061 – Demarchi.  
São Bernardo do Campo – São Paulo.  
At. Eng.º Wagner Pedroso.**

## Anexo 4 – Caracterização do lodo - *continuação*

### **DADOS DE COLETA**

Data de Coleta: 04/02/2009.

Data de Entrada no Laboratório: 05/02/2009.

Data de Início das análises: 05/02/2009.

Local de coleta: Caçamba de lodo da ETEI.

Coletor (Renova): Osvaldo Navarrete, de acordo com ABNT NBR 10.007:2004.

### **RESULTADOS ANALÍTICOS**

#### **AMOSTRA BRUTA**

<b>Parâmetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados analíticos da AMOSTRA BRUTA do resíduo</b>
Alumínio	%	3,70
Arsênio	mg/kg	< 0,1
Antimônio	mg/kg	< 0,2
Bário	%	0,13
Berílio	mg/kg	< 0,1
Cádmio	mg/kg	< 0,2
Cálcio	%	21,65
Chumbo	mg/kg	< 0,2
Cobalto	mg/kg	< 0,07
Cobre	mg/kg	< 0,2
Cromo Total	mg/kg	< 0,2
Estanho	mg/kg	< 0,2
Ferro	%	1,90
Magnésio	%	2,15
Níquel	%	0,67
Zinco	%	2,10
Manganês	%	0,63
Mercurio	mg/kg	< 0,1
Molibdênio	mg/kg	< 0,6
Potássio	mg/Kg	252
Prata	mg/Kg	< 0,4
<b>Parâmetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados analíticos da amostra bruta do resíduo</b>
Selênio	mg/Kg	< 0,5
Sódio	%	0,05
Vanádio	mg/kg	< 0,3
Óleos e Graxas	%	2,4
Teor de Umidade	%	45,8
Teor de Sólidos	%	54,2

## Anexo 4 – Caracterização do lodo - *continuação*

**AVALIAÇÃO DE CORROSIVIDADE:** A mistura do resíduo com água na proporção de 1:1 em peso, produziu uma solução com pH = 8,1 ; **não apresentando caráter de corrosividade (pH < 2 ou pH > 12,5).**

**AVALIAÇÃO DE REATIVIDADE:** De acordo com os componentes pesquisados e as informações obtidas junto à empresa indicam tratar-se de um **resíduo não provido de reatividade.**

**LÍQUIDOS LIVRES:** Ausente – Paint Filter Test

### RESULTADOS ANALÍTICOS

#### ENSAIO DE LIXIVIAÇÃO

Parâmetros	Unidades	L.M. NBR 10.004	Resultados analíticos da lixiviação do resíduo
Arsênio	mg As/L	1,0	< 0,01
Bário	mg Ba/L	70,0	< 0,01
Cádmio	mg Cd/L	0,5	< 0,002
Chumbo	mg Pb/L	1,0	< 0,01
Cromo Total	mg Cr/L	5,0	< 0,006
Fluoreto	mg F/L	150**	4,9
Mercúrio	mg Hg/L	0,1	< 0,01
Prata	mg Ag/L	5,0	< 0,004
Selênio	mg Se/L	1,0	< 0,02

#### DADOS RELATIVOS AO ENSAIO DE LIXIVIAÇÃO

pH do extrato lixiviado obtido	5,0
Tempo Total de lixiviação (h)	18
Teor de Sólidos Secos (%)	54,2
Volume de Líquido Obtido Total (mL)	1000

L.M.: Limites máximos segundo anexo F da NBR 10.004/2004.

## Anexo 4 – Caracterização do lodo - *continuação*

### RESULTADOS ANALÍTICOS

#### ENSAIO DE SOLUBILIZAÇÃO

Parâmetros	Unidades	L.M. NBR 10.004	Resultados analíticos da solubilização do resíduo
Alumínio	mg Al/L	<b>0,2</b>	<b>1,4 #</b>
Arsênio	mg As/L	0,01	< 0,01
Bário	mg Ba/L	0,7	< 0,01
Cádmio	mg Cd/L	0,005	< 0,002
Chumbo	mg Pb/L	0,01	< 0,01
Cianeto	mg CN/L	0,07	< 0,005
Cloretos	mg Cl/L	250,0	< 0,01
Cobre	mg Cu/L	2,0	< 0,01
Cromo Total	mg Cr/L	0,05	< 0,006
Fenóis	mg C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH/L	0,01	< 0,001
Ferro	mg Fe/L	<b>0,3</b>	<b>3,5 #</b>
Fluoretos	mg F/L	1,5	0,6
Manganês	mg Mn/L	<b>0,1</b>	<b>0,4 #</b>
Mercurio	mg Hg/L	0,001	< 0,001
Nitrato	mg N/L	10,0	< 0,1
Prata	mg Ag/L	0,05	< 0,004
Selênio	mg Se/L	0,01	< 0,01
Sódio	mg Na/L	200,0	3,4
Sulfato	mg SO <sub>4</sub> /L	250,0	< 1,0
Surfactantes	mg LAS/L	0,5	0,4
Zinco	mg Zn/L	5,0	1,6

OBS.: **L.M.**: Limite máximo segundo anexo G da NBR 10.004/2004.

#### DADOS RELATIVOS AO ENSAIO DE SOLUBILIZAÇÃO

pH final	8,0
Teor de Umidade (%)	45,8

### CONCLUSÃO

De acordo com os ensaios realizados, caracterizamos o resíduo “**LODO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL**” como **Classe II (Resíduo Não Perigoso)**, sendo **Classe IIA (Resíduo Não Inerte)**.

## Anexo 4 – Caracterização do lodo - *continuação*

PARÂMETROS EM DESACORDO	ENSAIO
# Alumínio, Ferro e Manganês.	Solubilização

É importante salientar que a classificação aqui sugerida somente poderá ser definida pelo órgão ambiental do Estado, após avaliação dos laudos analíticos constantes deste relatório.

Atenciosamente,

Liliane D. dos Santos  
Química Responsável  
CRQ N° 04240038 – 4ª Região

---

Nota:

Os resultados referem-se somente à amostra analisada.

Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

---

### **METODOLOGIA APLICADA**

As análises processadas foram realizadas de acordo com os seguintes métodos analíticos:

- SGA-ME-00 Preparação de amostras para análise por ICP (Plasma Acopladamente Indutivo).
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 21ª Edição.
- NBR 10.005:2004 – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos.
- NBR 10.006:2004 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos.
- NBR 10.007:2004 – Amostragem de Resíduos.
- NBR 12.988 – Paint Filter Test - Verificação em amostras de resíduos.

---

Nota:

Os resultados referem-se somente à amostra analisada.

Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

## Anexo 5: Certificado de Calibração do Equipamento Espectrofotômetro DR 2010

CNPJ: 50.279.010/0001-10 - Ins. Est.: 467.087.166.115  
 Av. Antonieta Phis Barbaqueiras, 385 - Distrito Industrial - Jundiaí - SP - 13.208-000  
 E-mail: conserfo@hexis.com.br - Fone: (11)4589-2700 - Fax: (11)4589-2696

### Certificado de Calibração

Número: 008862\_01 Data: 16/7/2007

Ciente: Renova Beneficiamento de Resíduos Industriais Ltda  
 Endereço: Av. Renova, 100  
 Cidade: Arujá  
 Estado: SP  
 CNPJ: 56.421.191/0001-10  
 Insr. Est.: 188.014.699.114

### Identificação do Equipamento

Equipamento: Espectrofotômetro  
 Modelo: DR2010  
 Marca: Hach  
 Número de Série: 970600003642

### Padrões Utilizados

Identificação	Descrição	Certificado	Orgão Afetador	Validade
C024A03FD	Filtro de didmio	DIMCI 0771/2005	INMETRO	jul/07

### Procedimento de Calibração

IL-D10 - Procedimento para calibração de Espectrofotômetro DR2000/DR2010

### Condições Ambientais









Temperatura 23 +/- 2 o.C Umidade Relativa 67 +/- 3 %UR

### Observações


Validade dos padrões utilizados em 25/07/2007.

- 1- A Incerteza Expandida relatada é baseada em uma Incerteza Combinada multiplicada por um fator de abrangência k, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.
- 2- É proibida a reprodução parcial deste certificado.

## Anexo 6: Instrução para Medição/Utilização do Cone de Imhoff

	<h3>Instrução de Trabalho Ambiental</h3>		
VWB	<b>Denominação:</b> Medição/Utilização do Cone de Imhoff	<b>Área:</b> Manutenção Site	<b>Número:</b> MSA-1404-002
Anchieta	<b>Objetivo:</b>	<b>Elaborado por:</b> Wagner/Ronez	<b>Folha:</b> 1/1
1) Operador de ETE	   	<p>Coletar amostra na saída da ETEI (esgoto tratado) conforme plano de amostragem anexo 1.</p> <p>Homogenizar a amostra</p> <p>Despejar 1 litro do efluente no cone de Imhoff e deixar descansar por uma hora.</p> <p>Proceder à leitura da quantidade de sólidos sedimentáveis e registrar.</p>	
Identificar as últimas modificações			
Legenda		Aprovado por: <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">             Marco A Vilas Boas         </div> <div style="text-align: center;">             Wagner de Miranda Pedroso         </div> </div>	

## Anexo 7: determinação de sólidos em águas por gravimetria

	<p align="center"><b>DETERMINAÇÃO DE SÓLIDOS EM ÁGUAS POR GRAVIMETRIA</b></p> <p align="center">Método de Ensaio</p>	<p align="center"><b>SGA-ME-11/00</b></p> <p align="center"><b>JAN/05</b></p>
---	--	---

### 1. OBJETIVO

Este método estabelece a sistemática a ser seguida para determinação de diversas formas de sólidos (total, fixo, volátil, não filtrável, não filtrável fixo, não filtrável volátil, filtrável, filtrável fixo e filtrável volátil) em amostras de água, efluentes lodos e sedimentos.

### 2. APLICAÇÃO

Laboratório.

### 3. DEFINIÇÕES

3.1 **Sólidos totais:** material que resta na cápsula após a evaporação de uma porção de amostra e sua posterior secagem em estufa à temperatura desejada, até peso constante.

3.2 **Sólidos Filtráveis:** porção do sólido total que **passa** por um filtro de fibra de vidro que retém partículas de diâmetro 1,2 µm ou maior.

3.3 **Sólidos Não Filtráveis:** porção do sólido total que **não** passa por um filtro de fibra de vidro que retém partículas de diâmetro 1,2 µm ou maior.

3.4 **Sólidos fixos:** porção restante após a ignição dos sólidos (total, filtrável ou não filtrável) à  $550 \pm 50$  °C por 1 hora.

3.5 **Sólidos Voláteis:** porção dos sólidos (total, filtrável ou não filtrável) que se perde na ignição da amostra à  $550 \pm 50$  °C por 1 hora.

### 4. RESPONSABILIDADE

4.1 É de responsabilidade do laboratório a aplicação deste procedimento.

### 5. DESCRIÇÃO

#### 5.1.1 Aparelhagem

5.1.2 Cápsula de porcelana;

5.1.3 Espátula;

5.1.4 Balança analítica com precisão de 0,0001g;

5.1.5 Mufla;

5.1.6 Dessecador contendo sílica-gel;

5.1.7 Provetas de 50 e 100 mL;

5.1.8 Cadinho de Gooch, com capacidade de 25 – 50 mL, diâmetro de 2,1 ou 2,4 cm;

5.1.9 Kitassato de 1000 mL;

5.1.10 Alongas de borracha;

5.1.11 Bomba de vácuo.

#### 5.1.2 PROCEDIMENTO

#### 5.2 sólidos totais

**5.2.1 secar uma cápsula limpa na mufla a  $550 \pm 50$  °C por 1 hora, esfriar em dessecador.**

5.2.2 homogeneizar a amostra com a espátula, caso a amostra esteja quente aguardar até que fique em temperatura ambiente.

5.2.3 tarar a balança.

5.2.4 pesar uma cápsula e anotar a massa  $m_{\text{inicial}}$ .

5.2.5 transferir uma porção homogênea de volume de amostra e anotar a massa  $V_{\text{amostra}}$ . **obs.**

**A quantidade da amostras não deve incluir partículas maiores flutuantes ou submersas.**

**A quantidade da amostras deve incluir óleos e graxas flutuantes que se dispensam na amostra antes da tomada da porção;**

5.2.6 Levar a cápsula à mufla na temperatura de 103 - 105 °C (para águas limpas) ou 179 - 181 °C (para águas mais poluídas) até secar  $\pm 2$  horas.

5.2.7 Esfriar no dessecador por 30 minutos, pesar e anotar a massa  $m_{\text{final}}$ .

5.2.8 A porção de amostra deve ter volume suficiente para fornecer entre 25 – 250 mg de resíduo.

5.2.9 Calcular o teor de sólidos totais de acordo com a fórmula abaixo:



## Anexo 7: Determinação de Sólidos em Águas por Gravimetria - Continuação

$$\text{mg/L Sólidos Totais} = \frac{(m_{\text{final}} - m_{\text{inicial}})}{V_{\text{amostra}}} \times 1000000$$

$m_{\text{inicial}}$  = Massa do cadinho vazio (g).

$V_{\text{amostra}}$  = Volume da amostra (mL).

$m_{\text{final}}$  = Massa do cadinho + amostra após secagem (g).

### 5.3 sólidos fixos

**5.3.1 os sólidos obtidos na determinação dos sólidos totais, são submetidos à ignição em  $550 \pm 50$  °C por 1 hora. O material restante representa os sólidos fixos.**

**Nota. A mufla deve estar previamente à  $550 \pm 50$  °C.**

**5.3.2 seguir os procedimentos 5.2.8 e 5.2.9 .**

5.3.3 Calcular o teor de sólidos fixos de acordo com a fórmula abaixo:

$$\text{mg/L Sólidos Fixos} = \frac{(m_{\text{final}} - m_{\text{inicial}})}{V_{\text{amostra}}} \times 1000000$$

$m_{\text{inicial}}$  = Massa do cadinho vazio (g).

$V_{\text{amostra}}$  = Volume da amostra (mL).

$m_{\text{final}}$  = Massa do cadinho + amostra após secagem (g).

### 5.4 SÓLIDOS VOLÁTEIS

5.4.1 É obtido pela diferença entre os valores dos sólidos totais e dos sólidos fixos.

5.4.2 Calcular o teor de sólidos voláteis de acordo com a fórmula abaixo:

$$\text{mg/L Sólidos Voláteis} = (\text{mg/L Sólidos Totais}) - (\text{mg/L Sólidos Fixos})$$

### 5.5 sólidos filtráveis (sólidos dissolvidos)

**5.5.1 uma porção homogênea de amostra é filtrada à vácuo por filtro de fibra de vidro, e uma porção de volume adequado do filtrado é evaporado.**

**5.5.2 preparar um cadinho de gooch, colocando um disco de papel de fibra de vidro.**

**5.5.3 conectar o cadinho de gooch ao kitassato e ligar o vácuo.**

**5.5.4 passar água destilada sobre o sistema e esgotar.**

**5.5.5 filtrar à vácuo um volume de amostra (100 – 500 ml).**

**obs.**

**A quantidade da amostras não deve incluir partículas maiores flutuantes ou submersas.**

**A quantidade da amostras deve incluir óleos e graxas flutuantes que se dispõem na amostra antes da tomada da porção;**

**5.5.6 secar uma cápsula limpa na mufla a  $550 \pm 50$  °C por 1 hora, esfriar em dessecador.**

5.5.3 Homogeneizar a amostra com a espátula, caso a amostra esteja quente aguardar até que fique em temperatura ambiente.

5.5.7 Tarar a balança.

5.5.8 Pesar uma cápsula e anotar a massa  $m_{\text{inicial}}$ .

5.5.9 Transferir uma porção homogênea de volume de amostra **filtrada** e anotar o volume  $V_{\text{amostra}}$ .

5.5.10 Levar a cápsula à mufla na temperatura de  $103 - 105$  °C (para águas limpas) ou  $179 - 181$  °C (para águas mais poluídas) até secar  $\pm 2$  horas.

5.5.11 Esfriar no dessecador por 30 minutos, pesar e anotar a massa  $m_{\text{final}}$ .

5.5.12 A porção de amostra deve ter volume suficiente para fornecer entre 25 – 250 mg de resíduo.

5.5.13 Calcular o teor de sólidos filtráveis de acordo com a fórmula abaixo:

$$\text{mg/L Sólidos Filtráveis} = \frac{(m_{\text{final}} - m_{\text{inicial}})}{V_{\text{amostra}}} \times 1000000$$

$m_{\text{inicial}}$  = Massa do cadinho vazio (g).

$V_{\text{amostra}}$  = Volume da amostra (mL).

$m_{\text{final}}$  = Massa do cadinho + amostra após secagem (g).

## Anexo 7: Determinação de Sólidos em Águas por Gravimetria - Continuação

### 5.6 SÓLIDOS FILTRÁVEIS FIXOS

5.5.1 Os sólidos obtidos na determinação dos sólidos filtráveis são submetidos à ignição em  $550 \pm 50$  °C. O material restante representa os sólidos filtráveis fixos.

5.5.2 Executar os procedimentos de 5.5.1 à 5.5.13 após submeter a cápsula à ignição em  $550 \pm 50$  °C por 1 hora.

5.5.3 Calcular o teor de sólidos filtráveis fixos de acordo com a fórmula abaixo:

$$\text{mg/L Sólidos Filtráveis Fixos} = \frac{(m_{\text{final}} - m_{\text{inicial}})}{V_{\text{amostra}}} \times 1000000$$

$m_{\text{inicial}}$  = Massa do cadinho vazio (g).

$V_{\text{amostra}}$  = Volume da amostra (mL).

$m_{\text{final}}$  = Massa do cadinho + amostra após secagem (g).

### 5.7 sólidos filtráveis voláteis

5.7.1 é obtido pela diferença entre os valores dos sólidos filtráveis e dos sólidos filtráveis fixos.

5.7.2 calcular o teor de sólidos filtráveis voláteis de acordo com a fórmula abaixo:

$$\text{Mg/l sólidos filtráveis voláteis} = (\text{mg/l sólidos filtráveis}) - (\text{mg/l sólidos filtráveis fixos})$$

### 5.8 sólidos não filtráveis (sólidos suspensos)

5.8.1 uma porção homogênea de amostra é filtrada à vácuo por filtro de fibra de vidro, o material retido é quantificado.

5.8.2 preparar um cadinho de gooch previamente seco em mufla à  $550 \pm 50$  °C, esfriar no dessecador por 30 minutos.

5.8.3 colocando um disco de papel de fibra de vidro previamente seco à 105 °C.

5.8.4 pesar o conjunto cadinho de gooch e papel de fibra de vidro, anotar a massa  $m_{\text{inicial}}$ .

5.8.5 conectar o cadinho de gooch ao kitassato e ligar o vácuo.

5.8.6 passar água destilada sobre o sistema e esgotar.

5.8.7 filtrar à vácuo um volume de amostra (100 – 500 ml).

\*obs.

A quantidade da amostras não deve incluir partículas maiores flutuantes ou submersas.

A quantidade da amostras deve incluir óleos e graxas flutuantes que se dispensam na amostra antes da tomada da porção;

5.8.8 Após submeter o cadinho de Gooch à secura na temperatura de 103 - 105 °C por  $\pm 2$  horas.

5.8.9 Posteriormente esfriar o cadinho em dessecador por 30 minutos e anotar a massa  $m_{\text{final}}$ .

5.8.10 A porção de amostra deve ter volume suficiente para fornecer entre 2,5 – 250 mg de resíduo.

5.8.11 Calcular o teor de sólidos não filtráveis de acordo com a fórmula abaixo:

$$\text{mg/L Sólidos Não Filtráveis} = \frac{(m_{\text{final}} - m_{\text{inicial}})}{V_{\text{amostra}}} \times 1000000$$

$m_{\text{inicial}}$  = Massa do cadinho vazio (g).

$V_{\text{amostra}}$  = Volume da amostra (mL).

$m_{\text{final}}$  = Massa do cadinho + amostra após secagem (g).

5.8.12 Os sólidos não filtráveis também podem ser obtidos pela diferença entre os valores dos sólidos totais e dos sólidos filtráveis.

$$\text{mg/L Sólidos Não Filtráveis} = (\text{mg/L Sólidos Totais}) - (\text{mg/L Sólidos Filtráveis})$$

## Anexo 7: Determinação de Sólidos em Águas por Gravimetria - Continuação

### 5.9 SÓLIDOS NÃO FILTRÁVEIS FIXOS

5.9.1 Os sólidos obtidos na determinação dos sólidos não filtráveis, são submetidos à ignição em  $550 \pm 50$  °C por 1 hora, o material restante representa os sólidos não filtráveis fixos.

5.9.2 Calcular o teor de sólidos não filtráveis fixos de acordo com a fórmula abaixo:

$$\text{mg/L Sólidos Não Filtráveis} = \frac{(m_{\text{final}} - m_{\text{inicial}})}{V_{\text{amostra}}} \times 1000000$$

$V_{\text{amostra}}$

$m_{\text{inicial}}$  = Massa do cadinho vazio (g).

$V_{\text{amostra}}$  = Volume da amostra (mL).

$m_{\text{final}}$  = Massa do cadinho + amostra após secagem (g).

### 5.10 SÓLIDOS NÃO FILTRÁVEIS VOLÁTEIS

5.10.1 É obtido pela diferença entre os valores dos sólidos não filtráveis e dos sólidos não filtráveis fixos.

5.10.2 Calcular o teor de sólidos não filtráveis voláteis de acordo com a fórmula abaixo:


$$\text{mg/L Sólidos Não Filtráveis Voláteis} = (\text{mg/L Sólidos Não Filtráveis}) - (\text{mg/L Sólidos Não Filtráveis Fixos}).$$

## 6. DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

6.1 CETESB L5.149 – Determinação de Sólidos em Águas – Método Gravimétrico.

6.2 NBR 10664 – Água Determinação de Resíduos (Sólidos) – Método Gravimétrico.

## Anexo 8: Determinação do Teor de Óleos e Graxas - Líquidos

	<b>Determinação do Teor de Óleos e Graxas - Líquidos MÉTODO DA EXTRAÇÃO POR SOLVENTE Método de Ensaio</b>	<b>SGA-ME-28/00 JAN/05</b>
---	---	--------------------------------

### 1. OBJETIVO

Este procedimento estabelece a sistemática a ser seguida para determinação de óleos e graxas em amostras de águas poluídas, residuárias, efluentes industriais e esgotos, quando a carga de poluentes é maior.

### 2. APLICAÇÃO LABORATÓRIO.

### 3. DEFINIÇÕES

3.1 Óleos e graxas são todas as substâncias que o solvente empregado consegue extrair de uma amostra acidificada, que não se volatilizam durante a evaporação do solvente.

### 4. RESPONSABILIDADE

4.1 É de responsabilidade do laboratório a aplicação deste procedimento.

### 5. DESCRIÇÃO

#### 5.1 Aparelhagem

- 5.1.1 Balança Analítica, precisão  $\pm 0,0001$  g;
- 5.1.2 Estufa, 103°C;
- 5.1.3 Dessecador;
- 5.1.4 Proveta graduada de 100 mL;
- 5.1.5 Conjunto para extração, composto de:
  - a) APARELHO DETERMINADOR DE GORDURA
  - b) BANHO TERMOSTATO
- 5.1.6 Pinça;
- 5.1.7 Béquer;
- 5.1.8 Baqueta;

#### 5.2 Materiais e Reagentes Utilizados

5.2.1 Água destilada

**5.2.2 triclorotrifluoretano, p.e. 47 °c, de preferência redestilado, para se obter resíduo mínimo após evaporação;**

**NOTA:** \_Pode se empregar éter de petróleo, p.e. 35-60°C, ou n-hexano, p.e. 69°C, de preferência redestilado, para se obter resíduo após evaporação da ordem de 0,1 mg/l, esperando-se obter resultados diversos para cada solvente.

5.2.3 HCl p.a;

5.2.4 Solução de Ácido Clorídrico 1:1;

5.2.5 Suspensão auxiliar de filtração;

5.2.6 Papel de filtro quantitativo, nº 40 (filtração média);

5.2.7 Disco de Musseline, diâmetro 11 cm ou equivalente;

5.2.8 Algodão hidrófilo previamente extraído com solvente;

5.2.9 Cartucho de extração 33x80 mm;

5.2.10 Cloreto de sódio.

## **Anexo 8: Determinação do Teor de Óleos e Graxas - Líquidos - Continuação**

### **5.3. Preparação dos Reagentes Utilizados**

5.3.1 Solução de Ácido Clorídrico 1:1 : Adicionar lentamente 500 mL de Ácido Clorídrico concentrado, a 500 mL de água destilada e desionizada.

5.3.2 Suspensão Auxiliar de filtração: Preparar uma suspensão com 10g de CELITE em 1000 mL de água destilada e acrescentar 5 g de CAOLIM, do tipo para cromatografia em camada delgada.

5.3.3 Cloreto de Sódio 300 g/L: A cada 300 gramas de Cloreto de Sódio, dissolver 1 litro de água destilada.

### **5.4 Interferentes**

5.4.1 Os óleos e graxas sabonificados tendem a permanecer na forma de emulsão, que se quebra acidificando a amostra até pH=1.

### **5.5 Procedimento**

5.5.1 Verificar o pH da amostra. Se necessário, ajusta-lo para pH < 2 dentro do próprio frasco de coleta. Eventualmente poderá ser necessário um ajuste para pH = 1.

Nota: Certos derivados de óleos presentes em despejos industriais, solubilizados ou emulsificados, são melhores recuperados quando a amostra é saturada com cloretos de sódio (300 g/L) imediatamente após a acidificação até pH = 1.

5.5.2 Num funil de Buchner colocar um disco de musseline (5.2.7) e um disco de papel de filtro (5.2.6). Molhar o disco e o papel com água destilada e desionizada e adapta-los bem ao funil.

5.5.4 Aplicando vácuo primeiro, passar por este filtro 100 mL de suspensão auxiliar a filtração (5.2.5), distribuindo-a em uma camada uniforme.

5.5.5 Lavar a camada com água destilada e deionizada e aplicar vácuo até que o filtrado desta lavagem se apresente límpido e, então, deixar o vácuo ligado até esgotar toda a água.

5.5.6 Filtrar 100 mL da amostra por esse filtro, aplicando vácuo até esgotar toda a água.

5.5.7 Com auxílio de uma pinça, transferir o papel de filtro para um vidro de relógio. Acrescentar o material aderente às bordas da musseline; enxugar os lados e o fundo do frasco de coleta, a banqueta e o buchner com pequenos pedaços de papel de filtro molhados em solvente. Acrescentar esses pedaços de papel ao vidro de relógio.

5.5.8 Enrolar todos esses papéis e colocá-los no cartucho de extração (5.2.9). Enxugar o vidro com mais um pequeno pedaço de papel molhado e colocá-lo também no cartucho.

5.5.9 Colocar o cartucho no determinador de gordura e realizar a extração durante 1 hora e meia, colocando cerca de 100 ml de solvente (5.2.2) no copo tarado ( $M_1$ ).

5.5.10 Desconectar o condensador do copo e colocar em chapa aquecedora a 100 °C para volatilização do solvente ainda existente.

5.5.11 Efetuar uma prova em branco.

5.5.12 Colocar o copo, após volatilização do solvente, no dessecador e pesar a massa total ( $M_2$ )

## **Anexo 8: Determinação do Teor de Óleos e Graxas - Líquidos - Continuação**

### **5.6 Cálculos**

$$\text{mg/L óleos e graxas} = \frac{(M_2 - M_1) - M_3}{\text{Volume de amostra filtrada (Litros)}}$$

- Para se obter o valor em % dividir o resultado em mg/L por 10.000

Onde:

$M_2$  = Peso do copo com resíduo de óleos e graxas, mg


$M_1$  = Peso do copo vazio, mg

$M_3$  = Valor da prova em branco.

### **6. DOCUMENTOS COMPLEMENTARES**

- Cetesb L5.142 - Determinação de Óleos e Graxas – Método da extração por solvente.

## Anexo 9: Determinação de Umidade e Sólidos Totais

	<b>SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE</b> <b>NBR ISO/IEC 17025:2005</b>	<b>SGQ-PA-01/00</b> <b>Out/08</b>
	<b>Umidade e Sólidos totais</b> <b>Procedimento Analítico</b>	

### 1. OBJETIVO

Prescrever o método de determinação de resíduos totais (sólidos totais) em amostras de lamas ou borras industriais por meio gravimétrico. E com base no resultado de sólidos totais determinar a umidade.

### 2. APLICAÇÃO

Este procedimento é aplicável a determinação de sólidos totais e umidade em amostras sólidas e semisólidas.

### 3. PRINCÍPIO

Uma porção homogênea da amostra de volume adequado é transferida para uma cápsula de evaporação previamente tarada, é seca à temperatura escolhida. O aumento de massa em relação à massa da cápsula vazia corresponde aos sólidos totais e, com base no valor de sólidos totais determina-se a umidade.

### 4. INTERFERÊNCIA

Os resultados de sólidos e umidade estão sujeitos a erros quando as amostras contêm elevada quantidade de óleos e graxas, pois estes dificultam a evaporação da água. Portanto, tomar o cuidado de não utilizar grande quantidade de amostra, devendo espalhá-la na cápsula.

Amostras muito úmidas tendem a perder peso pela evaporação e depois de secas são altamente higroscópicas. Portanto manter as amostras em ambiente climatizado e sem correntes de ar e pesá-las quando estas estiverem à temperatura ambiente.

### 5. DEFINIÇÕES

**5.1 Sólidos totais:** Material remanescente na cápsula após a secagem em estufa à temperatura escolhida.

**5.2 Umidade:** É a porção de água contida na amostra passível de evaporação e estufa à temperatura escolhida.

### 6. INFORMAÇÕES DA AMOSTRA

A amostra deve ser representativa da carga total recebida.

Como as amostras dos resíduos são contidas em pequenos sacos plásticos, deve-se observar se os mesmos estão furados no caso de lamas ou amostras muito úmidas, para evitar-se a perda da água original do resíduo.

### 7. EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

- a) cápsula de porcelana de 30 ml;
- b) espátula;
- c) dessecador;
- d) sílica gel com indicador, para dessecador;
- e) tenaz;
- f) balança analítica (BL01 ou BL02);
- g) estufa regulável com termostato que atinja 105°C (ES01 ou ES02);

### 8. CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Amostras muito úmidas tendem a perder peso pela evaporação e depois de secas são altamente higroscópicas. Portanto manter as amostras em ambiente climatizado e sem correntes de ar e pesá-las quando estas estiverem à temperatura ambiente.

### 9. PROCEDIMENTO ANALÍTICO

**9.1 Preparo da cápsula :** Colocar a cápsula vazia na estufa ES01 ou ES02 à  $(105 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  por 1h, deixar esfriar no dessecador, à temperatura ambiente, pesar imediatamente na balança BL02 com precisão aproximada de 10 mg (M1) e deixar no dessecador até o momento do uso;

## **Anexo 9: Determinação de Umidade e Sólidos totais - *Continuação***

**9.2** Colocar a cápsula na balança BL02 ou BL01 e tarar;

**9.3** Homogeneizar a amostra no interior do saco plástico com a espátula e transferir para a cápsula uma porção da amostra de (3±1)g e pesar com precisão de 10 mg (M2);

NOTA: Amostras sólidas ou em pedaços devem ser trituradas em almofariz ou com as mãos (usando luvas), antes de ser retirada a porção;

**9.4** Secar a amostra na estufa ES01 ou ES02 à (105 ± 5)°C por 1h, esfriar à temperatura ambiente em dessecador e pesar imediatamente com precisão de 10 mg (M3);

### **10. CÁLCULOS, REGISTROS E ARQUIVO**

**10.1** Calcular o percentual de sólidos totais de acordo com a fórmula abaixo:

$$\% \text{ sólidos totais} = \frac{(m_3 - m_1)}{m_2} \cdot 100$$

$m_1$  = massa do cadinho vazio (g)

$m_2$  = massa da amostra (g)

$m_3$  = massa final do cadinho com amostra (g).

**10.2** Calcular o percentual de umidade de acordo com a fórmula abaixo:

$$\% \text{ umidade} = 100 - \% \text{ sólidos totais}$$

**10.3** Os registros das massas e resultados dos cálculos devem ser feitos no anexo SGQ-A1-PA-01 Caderno de Controle. As folhas deverão ser numeradas e serão arquivadas em pasta AZ também numerada.

### **11. PRECAUÇÃO DE SEGURANÇA**

Ao manipular resíduos é indicado o uso de luvas de procedimento, avental e óculos de segurança. Ao manipular as cápsulas quentes deve-se fazer uso da tenaz.

### **12. REFERÊNCIA NORMATIVA**

Standard Methods For the examination of water, 21<sup>st</sup> Edition.

### **13. DOCUMENTOS COMPLEMENTARES**

NBR 10664/1989 – Determinação de resíduos(sólidos) – Método Gravimétrico



## Anexo 10 – Resultados Analíticos

	Saída PréTratamento			Entrada ETEI							Saída Reator			Saída ETEI										
	1 x semana			Diário		1 x semana					1 x semana			Diário							1 x semana			
	Manganés mg/L	Níquel mg/L	Zinco mg/L	Níquel mg/L	pH entrada	Sólidos Totais	Ferro mg/L	Zinco mg/L	Sulfeto mg/L	Alcalinidade Bicarbonato	Res. Sedimentáveis	Níquel mg/L	Zinco mg/L	Níquel mg/L (8:00h)	Níquel mg/L (15:00h)	pH	Vazão m³/h 8:00	Vazão m³/h 13:00	Vazão m³/h 18:00	Temp °C	Ferro mg/L	Zinco mg/L	Sulfeto mg/L	Sólidos Totais
1-jul-00				4,3	7,6									1,7	1,8	9,3	67,0	54,0	59,0	24,0				
2-jul-00				5,7	7,4									1,3	1,2	9,6	66,0	59,0	59,0	26,0				
3-jul-00				3,7	7,2									1,1	1,4	9,4	55,0	54,0	63,0	21,0				
4-jul-00				4,8	7,6									1,3	1,2	9,5	51,0	44,0	61,0	26,0				
5-jul-00				6,7	7,3						1	1,95	3,2	1,7	1,1	9,4	27,0			24,0				
7-jul-00	8,5	11,8	18,5	2,4	7,2									1,4	1,4	9,1	95,0	53,0	60,0	25,0				
8-jul-00				4,3	7,7	1234,0	2,63	6,5	0	132				1,7	1,7	8,8	53,0	50,0	42,0	23,0	0,2	0,5	0	124
9-jul-00				4,7	7,8									1,5	1,7	8,6	78,0	49,0	48,0	25,0				
10-jul-00				3,8	7,3	1987,0	5,23	3	0	298				1,3	1,3	8,2	44,0	52,0	56,0	21,0	0,13	0	0	456
11-jul-00				4,2	7,5									1,1	1,1	8,3	59,0	71,0	55,0	23,0				
12-jul-00				4,9	7,8									1,5	1,0	8,4	82,0			25,0				
14-jul-00	7	10,21	18	5,5	7,8						1,3	1,26	0,9	1,8	1,3	8,3	74,0	54,0	61,0	23,0				
15-jul-00				4,4	7,8	1635,0	5,8	6,6	0,0	263				1,2	1,6	8,3	57,0	45,0	67,0	24,0	0,5	0,4	0,0	346,0
16-jul-00				5,1	7,9									1,6	1,5	9,3	82,0	62,0	64,0	20,0				
17-jul-00				4,0	8	974,0	4,35	5,46	0	236				1,2	1,5	9,2	80,0	37,0	50,0	21,0	0,78	0,32	0	643
18-jul-00				6,5	7,8									1,7	1,8	9,2	45,0	63,0	59,0	19,0				
19-jul-00				4,0	7,4									0,9		9,6	48,0			20,0				
21-jul-00	14,8	8,9	75,95	4,7	7,1						1	1,05	1,92	0,8	0,7	9,4	71,0	79,0	80,0	20,0				
22-jul-00				5,1	7,9									1,0	1,1	8,8	55,0	36,0	36,0	21,0	0,5	0,3	0,0	545,0
23-jul-00				4,0	7,7									1,1	0,8	8,6	69,0	36,0	38,0	22,0				
24-jul-00				4,8	7,1									1,4	1,1	8,7	63,0	68,0	70,0	20,0	0,1	0,2	0,0	253,0
25-jul-00				1,8	8,2									1,1	1,1	9,5	61,0	57,0	69,0	21,0				
26-jul-00				1,8	7,7									1,2		9,2	64,0	52,0		20,0				
28-jul-00	6,74	6,74	27,3	2,7	7,7						1,7	1,02	0,6	1,3	1,4	8,2	61,0	56,0	50,0	19,0				
29-jul-00				4,5	7,9									1,6	1,5	8,3	51,0	55,0	49,0	20,0				
30-jul-00				10,2	7,4									1,8	1,8	8,2	40,0	43,0	48,0	23,0				
31-jul-00				3,6	7,6									1,8	1,8	8,1	47,0	40,0	42,0	22,0				

**Anexo 10 – Resultados Analíticos - *continuação***

	Saída PréTratamento			Entrada ETEI							Saída Reator			Saída ETEI										
	1 x semana			Diário		1 x semana					1 x semana			Diário							1 x semana			
	Manganês mg/L	Níquel mg/L	Zinco mg/L	Níquel mg/L	pH entrada	Sólidos Totais	Ferro mg/L	Zinco mg/L	Sulfeto mg/L	Alcalinidade Bicarbonato	Res. Sedimentáveis	Níquel mg/L	Zinco mg/L	Níquel mg/L (8:00h)	Níquel mg/L (15:00h)	pH	Vazão m³/h 8:00	Vazão m³/h 13:00	Vazão m³/h 18:00	Temp °C	Ferro mg/L	Zinco mg/L	Sulfeto mg/L	Sólidos Totais
1-ago-08				4,3	7,5									1,8	1,8	8,0	51,0	48,0	45,0	20,0				
2-ago-08				2,7	7,2									1,7		8,5	52,0	50,0						
4-ago-08	33	43	85,45	4,2	7,4						1,8	2,6	1,9	1,9	1,5	8,0	47,0	56,0	45,0	23,0				
5-ago-08				8,1	7,7	1256,0	1,3	4,4	0	145				1,9	1,8	8,2	40,0	49,0	46,0	22,0	0,43	0,7	0	156
6-ago-08				4,1	7,2									1,2	1,7	8,1	57,0	55,0	49,0	21,0				
7-ago-08				3,1	7,3	597,0	1,15	2,82	0	187				1,8	1,3	8,4	80,0	61,0	49,0	19,0	0,24	0,35	0	345
8-ago-08				2,3	7,6									1,7	1,8	8,6	75,0	60,0	57,0	20,0				
9-ago-08				4,5	7,7									1,7		9,1	58,0	49,0						
11-ago-08	11,87	16,24	24,6	5,2	7,9						1,3	1,32	1,7	1,9	1,9	9,7	63,0	51,0	99,0	19,0				
12-ago-08				5,0	7,7	1789,0	2,2	6,5	0,0	176				1,1	1,1	9,0	56,0	52,0	56,0	19,0	0,3	0,5	0,0	645,0
13-ago-08				3,8	7,3									2,0	2,0	8,3	48,0	49,0	74,0	20,0				
14-ago-08				4,3	7,9	1566,0	2,66	4,16	0	111				2,0	2,0	8,8	64,0	58,0	60,0	23,0	0,22	0,33	0	567
15-ago-08				3,6	7,2									2,0	1,8	8,1	56,0	68,0	65,0	25,0				
16-ago-08				2,0	7,1									0,9		9,3	49,0	45,0		24,0				
18-ago-08	4,9	8,0	6,7	2,3	7,8						1,8	1,2	0,6	0,8	1,0	8,5	67,0	32,0	59,0	26,0				
19-ago-08				3,6	7,6									1,1	1,3	8,3	49,0	58,0	63,0	26,0	0,1	0,23	0	345
20-ago-08				3,9	7,2							2,9		2,0	1,9	8,1	57,0	62,0	72,0	27,0				
21-ago-08				2,0	7							1,7		1,2	1,7	7,5	70,0	82,0	56,0	24,0	0,11	0,31	0	256
22-ago-08				2,8	6,9							1,3		1,3	1,2	8,1	63,0	51,0	63,0	23,0				
23-ago-08				2,4	6,5							1,1		1,3		7,9	59,0	58,0		22,0				
25-ago-08	47,73	18,3	262,1	1,9	6,7						1,7	1,3	0,72	1,3	1,4	7,7	48,0	72,0	47,0	24,0				
26-ago-08				4,4	6,5							1,1		1,2	1,1	7,6	46,0	48,0	58,0	25,0				
27-ago-08				3,7	6,9									0,5	0,4	7,9	50,0	69,0	60,0	21,0				
28-ago-08				5,4	6,9							1,3		0,6	0,6	7,3	42,0	60,0	55,0	20,0				
29-ago-08				4,7	7,1							0,8		1,0	1,1	7,9	59,0	63,0	68,0	21,0				
30-ago-08				0,7	6,7							0,82		1,1		8,1	66,0			22,0				

Anexo 10 – Resultados Analíticos - *continuação*

	Saída			Entrada ETEI							Saída Reator			Saída ETEI										
	1 x semana			Diário		1 x semana					1 x semana			Diário							1 x semana			
	Manganês mg/L	Níquel mg/L	Zinco mg/L	Níquel mg/L	pH entrada	Sólidos Totais	Ferro mg/L	Zinco mg/L	Sulfeto mg/L	Alcalinidade Bicarbonato	Res. Sedimentáveis	Níquel mg/L	Zinco mg/L	Níquel mg/L (8:00h)	Níquel mg/L (15:00h)	pH	Vazão m³/h 8:00	Vazão m³/h 13:00	Vazão m³/h 18:00	Temp °C	Ferro mg/L	Zinco mg/L	Sulfeto mg/L	Sólidos Totais
1-set-08	35,3	19,9	198,5	3,5	7,6						0,8	1,0	1,6	1,2	1,3	8,0	70,0	61,0	59,0	21,0				
2-set-08				5,1	7,7							1,36		1,6	1,4	8,2	49,0	40,0	51,0	20,0				
3-set-08				5,5	7,3	1237,0	0,5	1	0	185		1,53		1,4	1,3	7,8	60,0	58,0	72,0	23,0	0,18	0,3	0	433
4-set-08				3,2	8,1							1,6		1,0	0,9	7,7	54,0	51,0	55,0	20,0				
5-set-08				4,8	7,8							1,8		1,3	1,4	7,1	60,0	62,0	55,0	21,0				
6-set-08				1,6	7,3							1,63		1,5		7,6	28,0	27,0		24,0				
8-set-08	99,23	145	197,9	1,6	7,7						0,8	1,67	0,35	1,5	1,6	7,7	64,0	64,0	65,0	26,0				
9-set-08				2,3	7,8							0,9		1,5	1,3	8,0	54,0	50,0	55,0	25,0				
10-set-08				4,2	7,8	1650,0	2,41	4,39	0	123		0,95		1,1	1,1	7,9	51,0	55,0	63,0	21,0	0,13	0,12	0	265
11-set-08				2,1	8							1		1,0	1,0	7,9	64,0	45,0	45,0	23,0				
12-set-08				2,7	8							1,14		0,9	0,9	7,8	45,0	54,0	42,0	21,0				
13-set-08				2,7	7,7							1,45		0,9		8,7	49,0	45,0		23,0				
15-set-08	5,25	7,4	11,78	2,1	7,5						1,1	1,6	0,5	1,5	1,6	8,0	75,0	71,0	69,0	17,0				
16-set-08				2,4	7,5						1,8	1,8		1,4	1,3	7,9	64,0	77,0	75,0	16,0				
17-set-08				4,2	8	1754,0	7,94	10,45	0	134	1,6	1,19		1,2	1,5	7,9	62,0	84,0	60,0	21,0	0,25	0,27	0	345
18-set-08				4,7	8,1						0,7	1,4		1,1	1,2	8,4	82,0	68,0	72,0	19,0				
19-set-08				7,1	8,2						1,2	0,96		0,8	1,0	8,7	60,0	73,0	63,0	20,0				
20-set-08				3,6	7,7						1,1	0,8	0,2	0,8	0,9	9,6	67,0	64,0		22,0				
22-set-08	10,9	14,8	23,5	4,3	5,2						1,1	1,2	1,1	1,7	1,9	6,8	77,0	79,0	86,0	23,0				
23-set-08				2,3	8,5						0,5	0,7		0,9	0,9	9,2	54,0	70,0	64,0	22,0				
24-set-08				2,2	8,2						0,6	0,78		0,6	0,7	8,9	64,0	69,0	68,0	21,0	0,2	0,2	0,0	675,0
25-set-08				3,9	7,7						0,3	0,6		0,6	0,5	9,6	58,0	41,0	52,0	23,0				
26-set-08				3,3	8,3						0,3	0,6		0,7	0,5	9,4	45,0	51,0	72,0	22,0	0,27	0,32	0	453
27-set-08				2,4	7,8						0,6	0,4		0,7	0,8	9,7	53,0	47,0		24,0				
29-set-08	6,5	8,9	13,4	2,9	7,4	153,0	0,4	2,3	0	183	0,3	0,9	0,3	0,9	0,3	8,5	62,0	58,0	70,0	24,0				
30-set-08				2,0	7,8						0,4	0,1		0,1	0,1	9,5	84,0	60,0	55,0	21,0	0,2	0,4	0	176
Mínimo (Jul - Set)	4,9	6,7	6,7	0,7	5,2	153,0	0,4	1,0	0,0	111,0	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	6,8	27,0	27,0	36,0	16,0	0,1	0,0	0,0	124,0
Médio (Jul - Set)	22,4	24,6	74,1	3,8	7,5	1319,3	3,0	4,8	0,0	181,1	1,0	1,2	1,1	1,3	1,3	8,5	59,1	56,0	59,1	22,0	0,3	0,3	0,0	390,4
Máximo (Jul - Set)	99,2	145,0	262,1	10,2	8,5	1987,0	7,9	10,5	0,0	298,0	1,8	2,9	3,2	2,0	2,0	9,7	95,0	84,0	99,0	27,0	0,8	0,7	0,0	675,0

## Anexo 11 - Padrão de Relatório de Teste do Jarro

Relatório de Ensaio - Jar Test								
Verificar Qualitativamente e Quantitativamente a Eficiência do Tratamento de Efluentes								
Executante:			Data:			Hora:		
	Dosagem de Coagulante [mg/L] tipo:							
	Unidade	Efluente Bruto						
			Jarro 1	Jarro 2	Jarro 3	Jarro 4	Jarro 5	Jarro 6
Resultado								
Turbidez	NTU							
Níquel	mg/L							
Zinco	mg/L							
Sólidos Totais	mg/L							
Resíduos Sedimentáveis	mL/L							
pH final								
<p>Coletar amostra do Efluente Suficiente para todos os ensaios</p> <p>Ajustar pH para a faixa desejada</p> <p>Ligar o Equipamento</p> <p>Mistura Rápida: faixa de rotação de 120 rpm por 1 minuto com dosagem de coagulante nos primeiros 10 segundos</p> <p>Mistura Lenta faixa de rotação de 40 rpm por 12 minutos e desligar o aparelho</p> <p>Deixar decantar por 20 minutos</p> <p>Após decantação, colher amostra do efluente a 2 cm de distancia do topo para análise do resultado</p>								

Adaptado de: Pós-Tratamento de Efluentes Provenientes de Reatores Anaeróbios Tratando Esgotos Sanitários por Coagulantes Naturais e Não-Naturais. Marcos Erick Rodrigues da Silva. Universidade Federal do Ceará. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Mestrado em Saneamento Ambiental. Fortaleza 2006. (pg 56)