

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA

SANDRA RURI FUGITA GOMES

**TRATAMENTO DE EFLUENTES PARA REÚSO DE ÁGUA: ESTUDO DE CASO DE
UMA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA**

SÃO PAULO
JULHO - 2012

SANDRA RURI FUGITA GOMES

**TRATAMENTO DE EFLUENTES PARA REÚSO DE ÁGUA: ESTUDO DE CASO DE
UMA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA**

Dissertação apresentada como exigência parcial para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia no Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, no programa de Mestrado em Tecnologia: Gestão, Desenvolvimento e Formação, sob orientação do Prof. Dr. Dirceu D'Alkmin Telles.

SÃO PAULO
JULHO - 2012

G633t Gomes, Sandra Ruri Fugita
Tratamento de efluentes para reúso de água: estudo de caso de uma indústria petroquímica / Sandra Ruri Fugita Gomes. – São Paulo : CEETEPS, 2012.
143 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Dirceu D'Alkmin Telles.
Dissertação (Mestrado) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 2012.

1. Tratamento de efluentes. 2. Reúso de água. 3. Sistema MBR. 4. Indústria petroquímica. 5. Cobrança pelo uso da água. I. Telles, Dirceu D'Alkmin. II. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. III. Título.

SANDRA RURI FUGITA GOMES

**TRATAMENTO DE EFLUENTES PARA REÚSO DE ÁGUA:
ESTUDO DE CASO DE UMA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA**



PROF. DR. DIRCEU D'ALKMIN TELLES



PROF. DR. ARIOVALDO NUVOLARI



PROF. DR. FRANCISCO TADEU DEGASPERI

São Paulo, 03 de julho de 2012

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Koiti e Yasuko, pelo apoio e incentivo na minha formação e pelo belo exemplo de vida.

Ao meu esposo Kleber, pelo amor, amizade e compreensão nos momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dirceu D'Alkmin Telles pela orientação na elaboração desse trabalho.

Ao Eng. Luiz Fernando Matusaki da CYLM pela ajuda com as informações técnicas sobre o projeto do sistema de tratamento e bibliografia sobre sistemas MBR.

A Indústria Petroquímica, na figura do Sr. Milton Sobrosa Cordeiro que autorizou o fornecimento das informações da indústria para o meu estudo de caso e do Eng. Crispim Dias Neto pela valiosa ajuda com os dados de monitoramento e informações de operação do sistema de tratamento de efluentes assim como pelo acompanhamento das visitas técnicas.

A CETESB, especialmente o Eng. Regis Nieto, pela oportunidade e incentivo para a elaboração desse trabalho.

Ao Eng. Milton Ribeiro de Campos Filho da Agência Ambiental de Mogi das Cruzes pela ajuda na obtenção de informações junto à indústria.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram para a realização desse trabalho.

RESUMO

Gomes, S.R.F. **Tratamento de Efluentes para Reúso de Água: Estudo de Caso de uma Indústria Petroquímica.** 2012. 143 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2012.

O presente trabalho apresenta um panorama sobre a Gestão dos Recursos Hídricos, incluindo a disponibilidade hídrica no Brasil e no Estado de São Paulo, o Sistema de Tratamento de Efluentes por processo de lodos ativados assim como o Sistema MBR e as práticas de Reúso de Água na Indústria notadamente em torres de resfriamento. São apresentados dados relativos à implantação do sistema de tratamento de efluentes de uma indústria petroquímica e os respectivos resultados das análises dos efluentes brutos e tratados desde setembro de 2008 até agosto de 2011. São apresentados também os dados referentes aos volumes de água captados e reutilizados nas torres de resfriamento, assim como os ganhos financeiros obtidos pela indústria com a prática de reúso de água e eliminação do lançamento de efluentes considerando a implantação da cobrança pelo uso da água.

Palavra Chave: tratamento de efluentes, reúso de água, sistema MBR, indústria petroquímica, cobrança pelo uso da água.

ABSTRACT

Gomes, S.R.F. **Wastewater Treatment for Water Reuse: Study of a Petrochemical Industry**. 2012. 143 f. Dissertation (Master's degree in Technology) - Program of Professional Master's degree, State Center of Technological Education Paula Souza, São Paulo, 2012.

This paper presents an overview of the Water Resources Management, including water availability in Brazil and in São Paulo, the Wastewater Treatment System for the activated sludge process and the MBR system and practices of the Industrial Water Reuse especially in cooling towers. Data are presented for the deployment of the treatment system effluent of a petrochemical industry and the results of analyzes of raw and treated effluent since September 2008 to August 2011. Are also presented data of the volume of water captured and reused in the cooling towers as well as the financial gains achieved by the industry with the practice of water reuse and disposal of sewage discharge considering the deployment of charging for water use.

Keywords: wastewater treatment, water reuse, MBR, petrochemical, water use charges.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Divisão hidrográfica do Brasil.....	17
Figura 2. Unidades de gerenciamento de recursos hídricos do Estado de São Paulo.....	18
Figura 3. Pontos de monitoramento da UGRHI 6.....	26
Figura 4. Fluxograma típico de sistema de lodos ativados convencional.....	33
Figura 5. Fluxograma típico de sistema de lodos ativados aeração prolongada.....	34
Figura 6. Fluxograma típico de sistema de lodos ativados por batelada.....	35
Figura 7. Fases do reator do sistema de lodos ativados batelada.	36
Figura 8. Módulo de placas planas.....	44
Figura 9. Módulos tubulares.....	45
Figura 10. Módulo de membrana espiral.....	45
Figura 11. Módulo com fibras ocas	47
Figura 12. Módulo com discos rotatórios. (a) Módulo completo. (b) Detalhe de montagem do disco de membrana.....	47
Figura 13. Fluxograma típico de sistema MBR.....	50
Figura 14. Tipos de sistemas com membranas. (a) Membrana Externa. (b) Membrana Interna.....	51
Figura 15. Representação esquemática dos módulos de membranas de sistemas MBR em grande escala. (a) Sistema de placas. (b) Sistema de fibras ocas.....	55
Figura 16. Fluxograma do processo produtivo do Anidrido Ftálico.....	65
Figura 17. Fluxograma do processo produtivo do Ácido Fumárico.	66
Figura 18. Fluxograma do processo produtivo dos Plastificantes.	67
Figura 19. Rede de vapor e condensado.	68
Figura 20. Águas de resfriamento.	69
Figura 21. Balanço hídrico.....	70
Figura 22. Fluxograma do sistema de tratamento atual.	77
Figura 23. Layout do sistema de tratamento atual.	78
Figura 24. Concentrações de DBO no efluente do Sistema MBR.....	86
Figura 25. Resultados com DBO entre 11 e 20 mg O ₂ /L.....	86
Figura 26. Eficiência do tratamento biológico.....	87
Figura 27. Eficiência do Sistema MBR.....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Disponibilidade hídrica no Brasil.	19
Tabela 2. Disponibilidade hídrica no Estado de São Paulo.....	20
Tabela 3. Demandas globais de água e produção hídrica por UGRHI.....	21
Tabela 4. Situação da implantação da cobrança pelo uso da água no Estado de São Paulo.....	23
Tabela 5. Resultados da média anual do IQA no Rio Tietê - trecho inserido na UGRHI 6.....	27
Tabela 6. Médias de 2011 e 2006-2010 para Nitrato, Nitrogênio Amoniacal, OD, DBO e Fósforo, expressas em mg/L.	28
Tabela 7. Porcentagem de resultados não conformes (NC) com os padrões de qualidade, para 2011 e para o período 2006 a 2010.....	28
Tabela 8. Dados de qualidade do afluente do Ribeirão Oropó.....	29
Tabela 9. Classificação dos sistemas de lodos ativados.....	31
Tabela 10. Tamanho das partículas.....	39
Tabela 11. Dimensões dos principais componentes presentes em águas naturais e tipos de membranas.	40
Tabela 12. Classificação das membranas.....	41
Tabela 13. Comparação das propriedades das membranas inorgânicas e orgânicas.....	42
Tabela 14. Vantagens e desvantagens dos materiais das membranas.....	42
Tabela 15. Comparação entre módulos de membranas.....	48
Tabela 16. Aplicação das membranas no tratamento de efluentes.....	48
Tabela 17. Características do efluente tratado de sistemas MBR.....	52
Tabela 18. Parâmetros típicos de sistemas MBR e de lodos ativados.....	53
Tabela 19. Tempo de operação dos módulos de membranas.....	53
Tabela 20. Produtos utilizados na limpeza química de membranas.....	58
Tabela 21. Qualidade recomendada para água de resfriamento.	61
Tabela 22. Matérias primas e produtos auxiliares utilizados no processo produtivo.....	63
Tabela 23. Produtos fabricados.....	64
Tabela 24. Dados de qualidade do afluente do Ribeirão Oropó a jusante do lançamento dos efluentes da indústria.	71

Tabela 25. Resumo dos coeficientes ponderadores para captação – UGRHI 6 – Alto Tietê	81
Tabela 26. Resumo dos coeficientes ponderadores para consumo – UGRHI 6 – Alto Tietê	82
Tabela 27. Resumo dos coeficientes ponderadores para carga lançada – UGRHI 6 – Alto Tietê.....	82
Tabela 28. Dados de entrada no simulador da cobrança pelo uso da água	89
Tabela 29. Valores estimados para a cobrança pelo uso da água.....	90

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A/M - Relação Alimento Microrganismo [kg DBO/kg SSV]
ANA - Agência Nacional de Águas
CBH - Comitê de Bacia Hidrográfica
CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente
DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio [mg O₂/L]
DQO - Demanda Química de Oxigênio [mg/L]
F/M - Food to microorganism ratio
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQA - Índice de Qualidade das Águas
MAP - Mono Amônio Fosfato
MBR - Membrane Bio Reactor
MF - Microfiltração
NF - Nanofiltração
OG - Óleos e Graxas [mg/L]
OR - Osmose Reversa
pH - Potencial Hidrogeniônico
PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos
RMSP - Região Metropolitana de São Paulo
PUB - Preço Unitário Básico
PUF - Preço Unitário Final
SS - Sólidos em Suspensão [mg/L]
SST - Sólidos Suspensos Totais [mg/L]
SSV - Sólidos em Suspensão Voláteis [mg/L]
U - Taxa Específica de Utilização ou Remoção de Substrato
UF - Ultrafiltração
UFESP - Unidade Fiscal do Estado de São Paulo
UGRHI - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Gestão dos Recursos Hídricos	16
2.1.1	Disponibilidade Hídrica no Brasil	18
2.1.2	Disponibilidade Hídrica no Estado de São Paulo	19
2.1.3	Cobrança pelo Uso da Água no Estado de São Paulo	22
2.1.4	Qualidade das Águas Superficiais	24
2.1.4.1	Qualidade das Águas Superficiais da UGRHI 6 – Alto Tietê	25
2.1.5	Padrões de Emissão de Efluentes	29
2.2	Sistemas de Tratamento de Efluentes	30
2.2.1	Sistema de Lodos Ativados	31
2.2.1.1	Lodos Ativados Convencional	33
2.2.1.2	Lodos Ativados Aeração Prolongada	33
2.2.1.3	Lodos Ativados Batelada	34
2.2.1.4	Remoção da Matéria Orgânica	36
2.2.2	Sistemas de Tratamento com Membranas	38
2.2.3	Sistemas de Tratamento Biológico com Membranas – Reator com Membranas (MBR)	49
2.2.3.1	Reator Aeróbio com Membranas Submersas	54
2.2.3.2	Reator Aeróbio com Membranas Externas	55
2.2.3.3	Reator Anaeróbio com Membranas	56
2.2.3.4	Colmatação e Limpeza das Membranas	56
2.3	Reúso de Água na Indústria	59
3	MATERIAL E MÉTODOS	63
3.1	Estudo de Caso: Indústria Petroquímica	63
3.1.1	Sistema de Tratamento de Água	71
3.1.2	Sistema de Tratamento de Efluentes Industriais e Esgotos Sanitários	72
3.1.2.1	Sistema de Tratamento de Efluentes Antigos	72
3.1.2.2	Sistema de Tratamento de Efluentes Atual	73
3.1.3	Reúso de Água	79
3.2	Cálculo da Cobrança pelo Uso da Água	79

4	RESULTADOS	84
4.1	Análise da Operação do Sistema Atual com relação ao Projeto.....	84
4.2	Análise dos Dados de Monitoramento do Sistema de Tratamento Existente	85
4.3	Estimativa dos Custos da Cobrança pelo Uso da Água.....	88
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
	Apêndice A - Dados de Automonitoramento do Sistema de Tratamento de Efluentes Antigo e Atual	101
	Apêndice B - Simulações da Cobrança pelo Uso da Água	121
	Anexo A - Relatório Fotográfico do Sistema de Tratamento de Efluentes	137

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a escassez dos recursos hídricos, a regulamentação da Lei Estadual nº 12.183 de 29/12/05 que trata da cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo e a busca por uma produção mais sustentável, tem levado muitas indústrias a implantar em seus sistemas de gestão ambiental, práticas de reúso de efluentes em processos produtivos ou em atividades que não necessitam de água potável, como irrigação de jardins, descargas sanitárias e lavagem de veículos.

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 430 de 13/05/2011 que dispõe sobre os padrões de lançamento de efluentes, em seu Artigo 27 estabelece que as fontes poluidoras dos recursos hídricos devem buscar práticas de gestão de efluentes com vistas ao uso eficiente da água e sempre que possível e adequado, devem implantar sistemas de reúso.

O Decreto nº 8.468 de 08/09/76 que regulamenta a Lei nº 997 de 31/05/76, dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente e estabelece a classificação das águas do Estado de São Paulo de acordo com os usos preponderantes, os padrões de qualidade para as águas superficiais e os padrões de emissão para lançamento de efluentes em corpos hídricos do Estado. Estabelece ainda, que os efluentes lançados não poderão conferir aos corpos hídricos características em desacordo com o seu respectivo enquadramento.

Conforme apresentado nos últimos Relatórios de Qualidade de Águas Superficiais do Estado, publicados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia do Alto Tietê 6 (UGRHI 6), apresenta déficit hídrico quando se comparam os dados pluviométricos do período de 1998-2007 e a média anual histórica de pluviosidade dos últimos 129 anos de observações. O processo de urbanização da RMSP provocou significativas alterações nos regimes de vazão e na qualidade das águas dos corpos hídricos, tendo em vista a impermeabilização do solo e o lançamento de esgotos sanitários e industriais.

As indústrias petroquímicas utilizam matéria-prima a base de petróleo e grandes quantidades de água em seu processo produtivo, sendo que parte da água utilizada é incorporada ao produto final e parte é descartada no meio ambiente. Os

efluentes líquidos gerados por esse tipo de indústria contem elevada concentração de matéria orgânica.

A indústria petroquímica objeto do referido estudo está situada no município de Mogi das Cruzes e sua principal atividade é a produção de produtos orgânicos, entre eles: ácido fumárico, anidrido ftálico e plastificantes. O abastecimento de água da indústria é realizado por meio de poços profundos e de captação superficial em um afluente do Ribeirão Oropó, tendo sido captados em média, aproximadamente 620 m³/dia de água no período de Setembro de 2008 a Agosto de 2011, sendo observado valor máximo de 816,93 m³/dia.

A indústria gerou aproximadamente 102,49 m³/dia de efluentes (Set/08 a Ago/11), que incluem os efluentes industriais além de os esgotos sanitários, que são encaminhados para o sistema de tratamento antes de seu lançamento em um afluente do Ribeirão Oropó que é contribuinte do Rio Jundiáí, que por sua vez é um importante afluente do Rio Tietê.

De acordo com o Decreto nº 10.755, de 22/11/77, o Ribeirão Oropó e seus afluentes são classificados como Classe 3 e conforme resultados de amostragens realizadas pela CETESB no período de 2000 a 2004, o lançamento dos efluentes da indústria estava provocando o seu desenquadramento para os parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Fenóis. Visando a melhoria da qualidade desse corpo receptor, no processo de licenciamento ambiental da indústria, a CETESB estabeleceu que o efluente final tratado da empresa deveria atender ao padrão de qualidade do corpo receptor, isto é, a concentração de DBO no efluente final tratado deveria ser menor ou igual a 10 mg O₂/L, valor correspondente para corpos d'água Classe 3.

Para atender a exigência da CETESB, a indústria implantou novo sistema de tratamento de efluentes utilizando processo biológico convencional e reator com membranas, o que proporcionou elevada qualidade do efluente final tratado e possibilitou a reutilização desses efluentes nas torres de resfriamento da indústria e conseqüentemente, a diminuição dos volumes de água captados e eliminação do lançamento de efluentes no afluente do Ribeirão Oropó.

O presente estudo tem como objetivo avaliar a eficiência do sistema de tratamento biológico com membranas quanto ao atendimento à exigência de DBO e avaliar os ganhos ambientais resultantes da reutilização de água nas torres de

resfriamento assim como os ganhos financeiros em virtude da implantação da cobrança pelo uso de água na UGRHI 6 – Alto Tietê.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

No âmbito Federal, a Gestão de Recursos Hídricos foi regulamentada com a instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) por meio da Lei nº. 9.433 de 08/01/97 e tem como objetivos:

- I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais (BRASIL, 1997).

Dentre os instrumentos da PNRH apresentados no Capítulo IV da Lei nº. 9.433/97 estão: (i) Plano de Recursos Hídricos, (ii) o enquadramento dos corpos d'água conforme seus usos preponderantes, (iii) a outorga de direito de uso dos recursos hídricos e (iv) a cobrança pelo uso da água (BRASIL, 1997).

O Plano de Recursos Hídricos deve possibilitar a implementação da PNRH e o gerenciamento dos recursos hídricos, sendo a sua área de abrangência a bacia hidrográfica. Os planos devem ser elaborados por meio de diagnóstico da situação atual e avaliação do crescimento populacional e produtivo e respectivas demandas hídricas, de maneira a possibilitar a elaboração de metas e diretrizes para preservação e gestão adequada dos recursos hídricos.

O enquadramento dos corpos d'água deve ser realizado por meio de legislação ambiental e tem como objetivo garantir a qualidade das águas para os usos mais exigentes a que forem destinadas e também diminuir os custos com o combate à poluição por meio da realização de ações preventivas.

A outorga de direito de uso dos recursos hídricos tem como objetivo garantir a qualidade e a quantidade de água, exercendo assim os direitos de acesso à água. Dentre os usos dos recursos hídricos estão sujeitos à outorga a captação de água superficial para abastecimento público ou utilização como insumo de processo produtivo e o lançamento, em corpos d'água, de esgotos sanitários e efluentes líquidos tratados ou não, visando a sua disposição final.

A cobrança pelo uso da água tem como objetivo incentivar o uso racional da água e arrecadar recursos para financiar projetos e programas que visem à proteção dos recursos hídricos e que estejam previstos nos Planos de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Um dos fundamentos da PNRH é a adoção da bacia hidrográfica como unidade territorial para a implementação da PNRH e de atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, dessa maneira, o Brasil está dividido em 12 regiões hidrográficas, conforme apresentado na Figura 1.



Figura 1. Divisão hidrográfica do Brasil.

Fonte: Conejo, J.G.L et al, 2007.

No Estado de São Paulo, a Lei Estadual nº 7.663 de 30/12/91 estabelece as normas e orientações para a implementação do Plano Estadual de Recursos Hídricos, que define que o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos do Estado de São Paulo adotarão as bacias hidrográficas como unidade físico-territorial. Dessa maneira, o gerenciamento dos recursos hídricos do Estado de São Paulo foi dividido em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI), conforme apresentado na Figura 2.

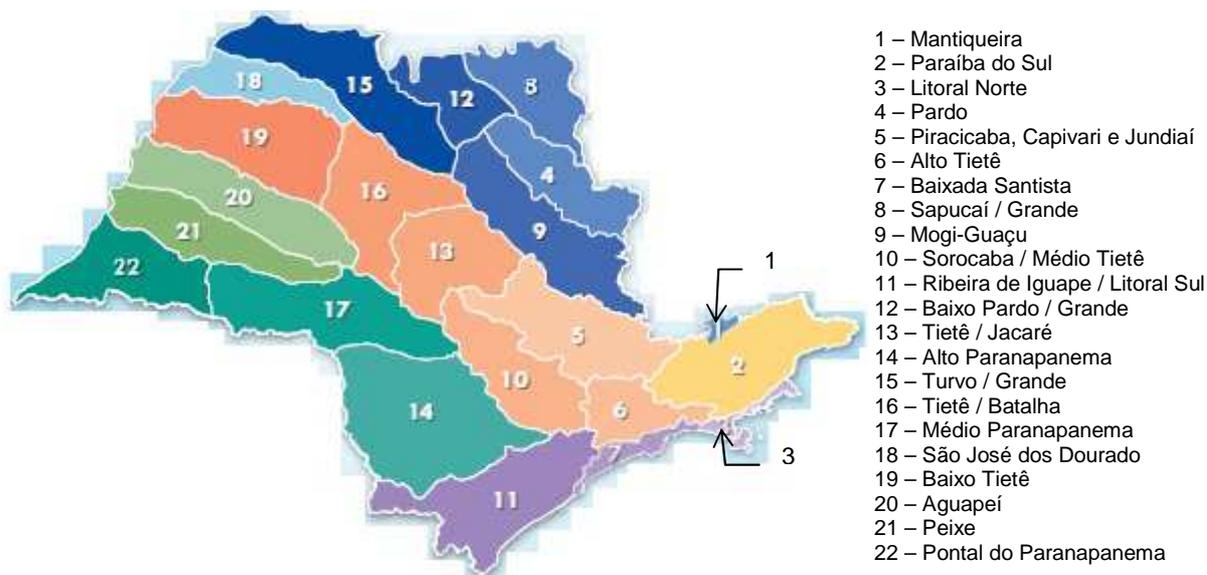


Figura 2. Unidades de gerenciamento de recursos hídricos do Estado de São Paulo.

Fonte: CORHI, 2010.

2.1.1 Disponibilidade Hídrica no Brasil

Conforme Rebouças (2006), a quantidade total de água na Terra é de 1.386 milhões de km³, sendo que grande parte deste volume está nos mares e oceanos.

Estima-se que a água doce disponível seja de apenas 2,53% do total de água do planeta e que desse valor, 68,70% correspondem às geleiras e coberturas de neve, 31,01% são as águas subterrâneas e 0,29% correspondem às águas doces superficiais (MAYS, 1996 apud MIERZWA, 2005). Dessa pequena parcela de água doce disponível no mundo, estima-se que 13% estejam no Brasil (WRI, 2003 apud MIERZWA, 2005).

O Brasil possui condições climáticas e geológicas bastante favoráveis para a geração de grandes excedentes hídricos na extensa malha hídrica que o país possui, sendo observado que mais de 90% do território nacional possui índice pluviométrico entre 1.000 e 3.000 mm/ano (REBOUÇAS, 2006).

De acordo com a publicação Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil, publicado pela Agência Nacional de Águas (ANA), o Brasil apresenta precipitação média de 1.797 mm, variando de 800 mm na região semiárida do Nordeste a 2.500 mm na Amazônia (ANA, 2007).

A Tabela 1 apresenta a disponibilidade hídrica per capita para cada região hidrográfica brasileira, sendo possível observar a grande diferença entre a distribuição populacional e a disponibilidade hídrica. As regiões hidrográficas do

Atlântico Sudeste e Paraná, onde está inserido o Estado de São Paulo, possuem as maiores populações do país, entretanto, apresentam vazões específicas de 3.481 e 5.899 m³/habxano, respectivamente e em contrapartida, a bacia Amazônica que abriga pequena parcela da população brasileira, possui vazão específica de 484.748 m³/habxano, considerando-se a população total brasileira de acordo com o Censo IBGE de 2010.

Tabela 1. Disponibilidade hídrica no Brasil.

Região Hidrográfica	Área (km ²)	População Total 2010 (hab.)	Vazão Média (m ³ /s)	Vazão Estiagem (m ³ /s) ⁽¹⁾	Disponibilidade Hídrica per capita (m ³ /habxano)
Amazônia ⁽²⁾	3.869.953	8.584.011	131.947	73.748	484.748
Tocantins / Araguaia	921.921	8.965.523	13.624	2.550	47.922
Atlântico Nordeste Ocidental	274.301	5.341.162	2.683	328	15.841
Parnaíba	333.056	4.005.872	763	294	6.007
Atlântico Nordeste Oriental	286.802	24.225.986	778	32	1.013
São Francisco	638.576	14.878.952	2.850	854	6.041
Atlântico Leste	388.160	15.260.464	1.492	253	3.083
Atlântico Sudeste	214.629	28.804.126	3.179	989	3.481
Atlântico Sul	187.522	12.971.394	4.174	624	10.148
Uruguai ⁽³⁾	174.533	4.387.383	4.121	391	29.621
Paraná	879.873	61.232.611	11.453	4.647	5.899
Paraguai ⁽⁴⁾	363.446	2.098.314	2.368	785	35.589
Brasil	8.532.772	190.755.799	179.433	85.495	29.664

(1) Vazão com permanência de 95%.

(2) A bacia amazônica ainda compreende uma área de 2,2 milhões de km² em território estrangeiro, a qual contribui com adicionais 86.321 m³/s, em termos de vazão média.

(3) A bacia do rio Uruguai ainda compreende adicionais 37 mil km² em território estrangeiro, a qual contribui com 878 m³/s.

(4) A bacia do rio Paraguai compreende adicionais 118 mil km² em território estrangeiro e 595 m³/s.

Fonte: Adaptado de ANA, 2007; IBGE, 2010.

2.1.2 Disponibilidade Hídrica no Estado de São Paulo

A diferença existente entre a disponibilidade hídrica e a distribuição da população observada no Brasil também pode ser observada no Estado de São Paulo, cuja concentração de população se dá em sua Região Metropolitana, que está inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia do Alto

Tietê 6 (UGRHI 6) que abriga 47,91% da população do Estado (DAEE, 2005). A Tabela 2 apresenta a grande variação na disponibilidade hídrica do Estado de São Paulo quando comparada com a população residente, sendo possível observar que a UGRHI 6 possui a menor disponibilidade hídrica per capita do Estado.

Tabela 2. Disponibilidade hídrica no Estado de São Paulo.

UGRHI	Área (km²)⁽¹⁾	População Total 2010 (hab.)	Vazão Média (m³/s)	Vazão Q₉₅ (m³/s)	Disponibilidade Hídrica per capita (m³/habxano)
1. Mantiqueira	675	64.743	22	10	10.716,09
2. Paraíba do Sul	14.444	1.994.369	216	93	3.415,50
3. Litoral Norte	1.948	281.779	107	39	11.975,17
4. Rio Pardo	8.993	1.107.913	139	44	3.956,54
5. Piracicaba, Capivari e Jundiá	14.178	5.080.199	172	65	1.067,71
6. Alto Tietê	5.868	19.521.971	84	31	135,69
7. Baixada Santista	2.818	1.664.136	155	58	2.937,31
8. Sapucaí / Grande	9.125	670.526	146	46	6.866,63
9. Mogi-Guaçu	15.004	1.450.298	199	72	4.327,15
10. Tietê/Sorocaba	11.829	1.845.410	107	39	1.828,51
11. Ribeira do Iguape e Litoral Sul	17.068	365.189	526	229	45.422,88
12. Baixo Pardo / Grande	7.249	333.045	87	31	8.238,02
13. Tietê / Jacaré	11.749	1.480.575	97	50	2.066,08
14. Alto Paranapanema	22.689	721.976	255	114	11.138,43
15. Turvo / Grande	15.925	1.233.992	121	39	3.092,29
16. Tietê / Batalha	13.149	511.841	98	40	6.038,06
17. Médio Paranapanema	16.749	665.903	155	82	7.340,53
18. São José dos Dourados	6.783	224.140	51	16	7.175,59
19. Baixo Tietê	15.588	753.465	113	36	4.729,57
20. Aguapeí	13.196	364.209	97	41	8.399,00
21. Peixe	10.769	447.838	82	38	5.774,30
22. Pontal do Paranapanema	12.395	478.682	92	47	6.061,04
Total	248.209	41.262.199	3.120	1.259	2.384,56

Obs.: (1) Portaria IBGE 05/2002.

Fonte: Adaptado de DAEE, 2005; IBGE, 2010.

De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos do período de 2004-2007 publicado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), a distribuição das demandas globais de água estimadas para o Estado de São Paulo no ano de 2004 foram 32,4% para o setor urbano, 30,4% para o setor industrial e 37,3% para o setor agrícola. Entretanto, essa distribuição não se observa na UGRHI 6, sendo verificado que 79,3% das demandas de água se destinam ao uso urbano, 16,6% para o setor industrial e apenas 4,2% da água utilizada se destina ao setor agrícola.

A Tabela 3 apresenta a comparação dos valores estimados das demandas globais para o ano de 2004 com as informações de produção hídrica, observa-se que a UGRHI 6 apresenta déficit hídrico significativo, sendo necessária a importação de água de outras bacias para o suprimento de suas demandas. Algumas bacias como é o caso das UGRHI 5 Piracicaba, Capivari e Jundiaí, UGRHI 8 Sapucaí-Grande, UGRHI 9 Mogi-Guaçu e UGRHI 10 Tietê-Sorocaba estão próximas de uma situação crítica, onde as demandas correspondem a mais de 80% da produção hídrica considerada igual a vazão mínima $Q_{7,10}$.

Tabela 3. Demandas globais de água e produção hídrica por UGRHI.

UGRHI	Demanda Global (m ³ /s) ⁽¹⁾	Produção Hídrica $Q_{7,10}$ (m ³ /s)	Relação Demanda Global/ $Q_{7,10}$
1. Mantiqueira	0,49	7	0,07
2. Paraíba do Sul	19,63	72	0,27
3. Litoral Norte	0,81	27	0,03
4. Rio Pardo	20,68	30	0,69
5. Piracicaba, Capivari e Jundiaí	40,83	43	0,95
6. Alto Tietê	86,42	20	4,32
7. Baixada Santista	23,29	38	0,61
8. Sapucaí / Grande	25,57	28	0,91
9. Mogi-Guaçu	40,23	48	0,84
10. Tietê / Sorocaba	17,98	22	0,82
11. Ribeira do Iguape e Litoral Sul	3,20	162	0,02
12. Baixo Pardo / Grande	12,99	21	0,62
13. Tietê / Jacaré	22,69	40	0,57
14. Alto Paranapanema	24,20	84	0,29
15. Turvo / Grande	16,23	26	0,62

UGRHI	Demanda Global (m ³ /s) ⁽¹⁾	Produção Hídrica Q _{7,10} (m ³ /s)	Relação Demanda Global/Q _{7,10}
16. Tietê / Batalha	9,79	31	0,32
17. Médio Paranapanema	13,05	65	0,20
18. São José dos Dourados	2,30	12	0,19
19. Baixo Tietê	18,40	27	0,68
20. Aguapeí	6,84	28	0,24
21. Peixe	5,28	29	0,03
22. Pontal do Paranapanema	6,36	34	0,19
Total	417,26	894,00	0,47

Obs.: (1) Inclui águas superficiais e subterrâneas.
 Fonte: DAEE, 2005.

2.1.3 Cobrança pelo Uso da Água no Estado de São Paulo

Com o objetivo de incentivar o uso racional da água e melhorar o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos e seus conflitos, o Governo do Estado de São Paulo regulamentou a cobrança pelo uso dos recursos hídricos por meio do Decreto nº 50.667 de 30/03/2006, que regulamenta a Lei nº 12.183 de 29/12/2005. De acordo com essa legislação, todos os usuários de recursos hídricos, seja para a captação de água ou lançamento de efluentes, estarão sujeitos a cobrança, com exceção de pequenos proprietários e usuários de águas subterrâneas. A implantação da cobrança pelo uso da água é de responsabilidade do Comitê da Bacia Hidrográfica, que deve possuir um Plano de Recursos Hídricos aprovado pelo respectivo Comitê de Bacia e pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

A cobrança pelo uso da água já está sendo realizada nas UGRHIs 2 – Paraíba do Sul e 5 – Piracicaba, Capivari e Jundiá, sendo prevista a sua implantação nas demais UGRHIs até o ano de 2012, conforme indicado na Tabela 4.

Para a implantação da cobrança pelo uso da água os Comitês de Bacia devem elaborar Proposta de Cobrança fixando limites, condicionantes e valores da cobrança, que deve ser aprovada por representantes da Sociedade Civil, dos Municípios e do Estado. Após a aprovação da proposta de cobrança o DAEE em articulação com a CETESB e Agências de Bacias, deve realizar o cadastro dos usuários dos recursos hídricos por meio de Ato Convocatório e a partir das informações fornecidas, será estabelecido o valor da cobrança.

Tabela 4. Situação da implantação da cobrança pelo uso da água no Estado de São Paulo.

UGRHI	Proposta de Cobrança	Aprovação da Proposta de Cobrança	Ato Convocatório	Início da Emissão de Boletos
02. Paraíba do Sul	Sim	Sim	Sim	2007
05. Piracicaba, Capivari e Jundiá	Sim	Sim	Sim	2007
10. Sorocaba / Médio Tietê	Sim	Sim	Sim	2011
19. Baixo Tietê	Sim	Sim	Em implementação	2011 (*)
06. Alto Tietê	Sim	Sim	Em implementação	2011 (*)
07. Baixada Santista	Sim	Sim	Em implementação	2011 (*)
13. Tietê / Jacaré	Sim	Sim	Em implementação	2011 (*)
16. Tietê / Batalha	Sim	Sim	Em implementação	2011 (*)
01. Serra da Mantiqueira	Sim	Sim	Em implementação	2011 (*)
04. Pardo	Sim	Sim	Em implementação	2011 (*)
09. Mogi-Guaçu	Sim	Sim	Em implementação	2011 (*)
11. Ribeira / Litoral Sul	Sim	Sim	Em implementação	2011 (*)
08. Sapucaí Mirim / Grande	Sim	Sim	Em implementação	2011 (*)
12. Baixo Pardo / Grande	Sim	Sim	Em implementação	2011 (*)
03. Litoral Norte	Sim	Em implementação	Não	2012 (*)
15. Turvo Grande	Sim	Não	Não	2012 (*)
14. Alto Paranapanema	Em andamento	Não	Não	2012 (*)
17. Médio Paranapanema	Em andamento	Não	Não	2012 (*)
18. São José dos Dourados	Em andamento	Não	Não	2012 (*)
20/21. Aguapeí / Peixe	Em andamento	Não	Não	2012 (*)
22. Pontal do Paranapanema	Em andamento	Não	Não	2012 (*)

(*) Previsão, atualizado em Julho/2011.

Fonte: SIGRHI, 2011.

O Decreto nº 50.667/06, em sua Seção IV e no Anexo I, apresenta as bases para o cálculo da cobrança, que deve ser aplicada a todos os usuários urbanos

(público ou privado) e industriais que realizem captações, derivações ou lançamento de efluentes em corpos d'água.

A cobrança pelo uso da água na UGRHI 6 está prevista para ter início no ano de 2012 e para isso o Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) apresentou ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos proposta dos mecanismos da cobrança, incluindo valores, forma, periodicidade e condições e viabilidade de aplicação em corpos d'água na bacia hidrográfica. As propostas do CBH Alto Tietê foram aprovadas conforme Decreto nº 56.503 de 09/12/2010.

2.1.4 Qualidade das Águas Superficiais

A Resolução CONAMA nº 357 de 17/03/05 classifica os corpos d'água do território nacional em doces, salinas e salobras de acordo com a sua salinidade:

- Águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5‰, são classificadas em Classe Especial, 1, 2, 3 e 4.
- Águas salobras: águas com salinidade variando entre 0,5 e 30‰, são classificadas em Classe Especial, 1, 2 e 3.
- Águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30‰, são classificadas em Classe Especial, 1, 2 e 3.

A Regulamentação da Lei Estadual nº 997 de 31/05/76, aprovada pelo Decreto nº 8.468 de 08/09/76 classifica os corpos d'água do Estado de São Paulo como:

- Classe 1: Águas destinadas ao abastecimento doméstico, sem tratamento prévio ou com desinfecção.
- Classe 2: Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho).
- Classe 3: Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora e à dessedentação de animais.

- Classe 4: Águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento avançado ou à navegação, à harmonia paisagística, ao abastecimento industrial, à irrigação e a usos menos exigentes.

O Decreto nº 10.755 de 22/11/77 dispõe sobre a classificação dos corpos d'água do Estado de São Paulo de acordo com a classificação estabelecida no Decreto nº 8.468 de 08/09/76.

2.1.4.1 Qualidade das Águas Superficiais da UGRHI 6 – Alto Tietê

A UGRHI 6 é formada por 34 municípios, incluindo a RMSP e abrange a parte superior do Rio Tietê, desde sua cabeceira até o Reservatório de Pirapora, em uma extensão de 133 km (CETESB, 2009). A população estimada para essa bacia é de aproximadamente 19,7 milhões de habitantes, distribuída em 5.868 km² (CETESB, 2012).

De acordo com os relatórios de qualidade de águas superficiais publicados pela CETESB no período de 2009 a 2012, a UGRHI 6 não apresentou melhora significativa na qualidade de suas águas superficiais devido ao lançamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais, muito embora o índice de tratamento de esgotos sanitários nessa bacia tenha passado de 44% em 2008 para 49% em 2011.

Atualmente a UGRHI 6 possui 79 pontos de monitoramento da qualidade de águas superficiais, sendo 50 pontos da Rede Básica, 10 da Rede de Monitoramento Automático, 13 da Rede de Balneabilidade de Rios e Reservatórios e 6 pontos da Rede de Sedimentos. O Rio Tietê possui ao longo de seu curso 18 pontos de monitoramento, sendo 13 da Rede Básica, 3 de Monitoramento Automático, 1 de Balneabilidade de Rios e Reservatórios e 2 da Rede de Sedimentos (CETESB, 2012). A Figura 3 apresenta os pontos de monitoramento da UGRHI 6.

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) do Rio Tietê no trecho entre o município de Biritiba Mirim e São Paulo não indicou alterações significativas em sua qualidade que variou de boa a péssima, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Resultados da média anual do IQA no Rio Tietê - trecho inserido na UGRHI 6.

Ponto	Localização	2008	2009	2010	2011
TIET 02050	Ponte na Rodovia SP-88 - Biritiba Mirim	Boa	Boa	Boa	Boa
TIET 02090	Captação principal de Mogi das Cruzes	Boa	Boa	Boa	Boa
TIET 03120	Jusante da ETE Suzano	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim
TIET 04150	Ponto Rodovia Ayrton Sena - Guarulhos	Péssima	Ruim	Péssima	Péssima
TIET 04170	Ponte Aricanduva - São Paulo	Péssima	Ruim	Ruim	Ruim
TIET 04180	Ponte das Bandeiras - São Paulo	Péssima	Ruim	Ruim	Péssima
TIET 04200	Ponte dos Remédios - São Paulo	Péssima	Péssima	Péssima	Péssima

Fonte: Adaptado de CETESB, 2009; CETESB, 2010; CETESB, 2011; CETESB, 2012.

O Índice de Qualidade das Águas para fins de abastecimento público calculado no ponto TIET 02090 na captação principal do município de Mogi das Cruzes resultou em média péssima em 2008, ruim em 2009 e 2011 e regular em 2010.

Os resultados dos índices de qualidade do Rio Tietê indicam que embora tenham sido realizados investimentos na coleta e tratamento de esgotos sanitários da RMSP, não se observou melhora significativa na sua qualidade, tendo em vista o crescimento populacional e a contribuição proveniente da poluição difusa principalmente em épocas de chuva (CETESB, 2012).

Os resultados do monitoramento nos pontos TIET 02050 e TIET 02090 indicaram que os padrões de qualidade não foram atendidos para os parâmetros Manganês, Alumínio Dissolvido, Ferro Dissolvido, Níquel (apenas no ponto TIET 02090) e Toxicidade Crônica, que indica a presença de substâncias tóxicas. Na Tabela 6 estão apresentadas as médias de 2011 e para o período de 2006 a 2010 do monitoramento do Rio Tietê para os parâmetros Nitrato, Nitrogênio Amoniacal, OD, DBO e Fósforo, expressas em mg/L.

Tabela 6. Médias de 2011 e 2006-2010 para Nitrato, Nitrogênio Amoniacal, OD, DBO e Fósforo, expressas em mg/L.

Ponto	Nitrato		Nitrogênio Amoniacal		OD		DBO _{5,20}		Fósforo	
	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10	Média 2011	Média 06-10
TIET02050	0,2	0,3	0,5	0,4	5,2	4,5	6	3	0,035	0,063
TIET02090	0,2	0,4	0,2	0,1	5,1	4,9	3	3	0,056	0,12
TIET03120	0,1	0,3	3,8	4,9	1,4	0,7	8	10	0,33	0,38
TIET04150	0,1	0,2	9,3	9,8	0,5	0,4	32	35	1,30	1,2
TIET04170	0,4	0,3	11	11,0	0,9	1,4	49	37	1,3	1,3
TIET04180	0,2	0,3	12	10,9	0,4	0,6	39	37	0,2	0,3
TIET04200	0,1	0,4	13	14,4	0,5	0,4	53	45	1,3	1,2

Fonte: CETESB, 2012.

Na Tabela 7 estão apresentadas as porcentagens dos resultados desconformes em relação aos padrões de qualidade de águas superficiais indicados na legislação.

Tabela 7. Porcentagem de resultados não conformes (NC) com os padrões de qualidade, para 2011 e para o período 2006 a 2010.

Ponto	Manganês Total		Níquel Total		Toxicidade Crônica		Alumínio Dissolvido		Ferro Dissolv.		Cobre Dissolv.	
	2011	2006-2010	2011	2006-2010	2011	2006-2010	2011	2006-2010	2011	2006-2010	2011	2006-2010
TIET02050	25	10	0	0	50	20	25	37	50	78	0	0
TIET02090	25	0	0	3	0	13	25	75	75	4	0	11
TIET03120	0	-	0	-	-	-	0	0	0	-	0	-

Fonte: CETESB, 2012.

A Agência Ambiental de Mogi das Cruzes da CETESB realizou coleta de amostras no afluente do Ribeirão Oropó no período de 2000 a 2004 a montante do lançamento dos efluentes da indústria petroquímica objeto do presente estudo, sendo verificado que este se encontrava enquadrado nos padrões de qualidade

previstos nas legislações federal e estadual para os parâmetros analisados, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8. Dados de qualidade do afluente do Ribeirão Oropó.

Parâmetro	14/11/00	17/05/01	04/07/02	01/06/04	Padrão Qualidade	
					Federal	Estadual
DBO (mg O ₂ /L)	3	< 3	6	3	≤ 10	≤ 10
Fenóis (mg/L)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,01	0,001
Óleos e graxas (mg/L)	< 10	< 10	< 10	< 10	Virtualmente ausentes	-
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	-	-	1,49	7,76	≥ 4	≥ 4
pH	6,8	6,6	6,4	-	6,0 a 9,0	-

Fonte: CETESB, 2000-2004.

2.1.5 Padrões de Emissão de Efluentes

O lançamento de efluentes líquidos em corpos d'água deve atender aos padrões de emissão estabelecidos na Resolução CONAMA nº 430 de 13/05/11, que altera a Resolução CONAMA nº 357 de 17/03/05 e na Regulamentação da Lei Estadual 997 de 31/05/76, aprovada pelo Decreto nº 8.468 de 08/09/76. Os efluentes lançados não poderão provocar alterações na qualidade dos corpos d'água, que são classificados de acordo com os usos a que se destinam.

A Resolução CONAMA nº 430/11 estabelece em seu Artigo 16 os padrões de emissão para lançamento de efluentes líquidos de fontes de poluição, com exceção de esgotos sanitários tratados, cujos padrões estão indicados no Artigo 21. Já o Decreto nº 8.468/76 não faz distinção entre a fonte geradora dos efluentes, sendo os padrões de emissão indicados no Artigo 18 para lançamento em corpo d'água e no Artigo 19A para lançamento em rede coletora pública provida de estação de tratamento de esgotos.

2.2 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Para o atendimento aos padrões de emissão previstos nas legislações estadual e federal e também para não provocar o desenquadramento dos corpos d'água, os esgotos sanitários e os efluentes industriais necessitam de tratamento prévio ao seu lançamento.

Os processos de tratamento de efluentes podem ser classificados de acordo com a natureza dos fenômenos utilizados para a remoção dos poluentes, podendo ser Físico, Químico ou Biológico (JORDÃO, 2005).

Nos processos de tratamento físico há predominância de fenômenos físicos para a remoção de sólidos grosseiros, em suspensão, sedimentáveis, remoção de umidade, etc.

Os processos químicos são aqueles onde é realizada a adição de produtos químicos e normalmente são utilizados quando não há possibilidade de se utilizar os processos físicos ou biológicos. Os processos químicos podem ser utilizados para melhorar a eficiência de outros processos de tratamento, por exemplo, a remoção de sólidos sedimentáveis pode ser melhorada com a adição de coagulantes, ou também a remoção da umidade de lodo por centrifugação pode ser mais eficiente com a adição de polieletrólitos (JORDÃO, 2005).

Os processos biológicos têm como principal objetivo a remoção de matéria orgânica por meio de reações bioquímicas realizadas por microrganismos, que utilizam a matéria orgânica como alimento, produzindo gás carbônico, água e material celular (VON SPERLING, 2005). Os processos biológicos podem ser realizados em condições aeróbias, com a presença de oxigênio, e em condições anaeróbias, sem a presença de oxigênio e com a formação de metano.

De acordo com Von Sperling (2005), o sistema de tratamento de efluentes é dividido nos seguintes níveis: Preliminar, Primário, Secundário e Terciário, dependendo do tipo de poluente removido e da eficiência do sistema.

O tratamento preliminar tem como objetivo a remoção de sólidos grosseiros, de gordura e areia, sendo utilizados métodos físicos de remoção.

O tratamento primário é utilizado para a remoção de sólidos sedimentáveis e conseqüentemente possibilita a remoção de matéria orgânica, sendo também utilizados métodos físicos.

O tratamento em nível secundário utiliza principalmente métodos biológicos para a remoção de sólidos não sedimentáveis, matéria orgânica e eventualmente nutrientes e microrganismos patogênicos.

O tratamento terciário é utilizado para remoção específica de determinados poluentes e compostos não biodegradáveis, podendo também ser utilizado para remoção complementar de substâncias que não foram removidas no tratamento secundário (VON SPERLING, 2005).

2.2.1 Sistema de Lodos Ativados

O sistema de lodos ativados é composto por um Reator Aerado seguido de Decantador e sistema de recirculação de lodo e dessa maneira, possui um índice de mecanização que exige operação mais sofisticada e maior consumo de energia quando comparado com outros sistemas de tratamento biológico (VON SPERLING, 2002).

A classificação dos sistemas de lodos ativados em função da idade do lodo é apresentada na Tabela 9.

Tabela 9. Classificação dos sistemas de lodos ativados.

Idade do lodo	Carga de DBO aplicada por unidade de volume	Faixa de idade de lodo (dias)	Denominação usual
Reduzidíssima	Altíssima	< 3	Aeração modificada
Reduzida	Alta	4 a 10	Lodos ativados convencional
Intermediária	Intermediária	11 a 17	-
Elevada	Baixa	18 a 30	Aeração prolongada

Fonte: Von Sperling, 2002.

A idade do lodo corresponde ao tempo médio em que uma partícula em suspensão permanece sob aeração e corresponde à relação entre a massa de sólidos suspensos voláteis (SSV) e a massa de sólidos em suspensão (SS) descartada diariamente. A idade do lodo governa a própria sedimentação do lodo ativado e também governa a operação de descarte do lodo em excesso (JORDÃO, 2005).

Os sistemas de lodos ativados podem operar com fluxo contínuo, ou seja, com o líquido entrando e saindo continuamente ou com fluxo intermitente ou batelada,

quando o líquido entra de maneira descontínua nos reatores (VON SPERLING, 2002).

A remoção da matéria orgânica se dá no reator aerado, onde há o crescimento do lodo ativado (biomassa), que corresponde ao floco produzido no esgoto bruto devido ao crescimento de bactérias zooglías e outros microrganismos na presença de oxigênio (JORDÃO, 2005).

De acordo com Cavalcanti (2009), o lodo ativado é constituído por 95% de bactérias que pertencem basicamente a dois grupos: bactérias não filamentosas (formadoras de flocos) e bactérias filamentosas, que devem estar em equilíbrio para o bom funcionamento do sistema. Os 5% restantes do lodo ativado são constituídos de protozoários e metazoários, que removem grande parte da turbidez do efluente, pois se alimentam das bactérias que se encontram em suspensão.

O lodo ativado utiliza a matéria orgânica presente nos esgotos para se desenvolver e dessa maneira, esses dois componentes devem ser misturados, agitados e aerados. No decantador ocorre a sedimentação do lodo ativado, que retorna para o tanque de aeração para aumentar a concentração de sólidos em suspensão no mesmo (JORDÃO, 2005; VON SPERLING, 2002).

No sistema de lodos ativados pode ocorrer além da remoção da matéria orgânica a remoção de nitrogênio amoniacal por meio dos processos de nitrificação e desnitrificação que são favorecidos aqui no Brasil devido às condições de clima quente (JORDÃO, 2005).

A manutenção do meio aeróbio no reator, ou seja, o fornecimento de oxigênio, pode ser realizado por meio de difusores ou equipamentos de aeração mecânica, que devem manter a mistura. Após um determinado tempo, a mistura das células novas e velhas é encaminhada para o decantador (TCHOBANOGLIOUS, 1991).

O sistema de aeração pode introduzir também oxigênio puro no reator, apresentando como vantagem a redução de área e volume, pois a operação pode ser realizada com tempos de aeração menores, altas concentrações de sólidos e oxigênio dissolvido. Entretanto, esse sistema tem como desvantagem a necessidade de instalação de unidades de produção e armazenamento de oxigênio, além de um sistema de mistura bastante eficiente (JORDÃO, 2005).

Para evitar concentrações excessivas de sólidos em suspensão no reator aerado uma parcela do lodo sedimentado no decantador deve ser periodicamente descartada, tendo em vista que, com a matéria orgânica dos esgotos entrando

continuamente no reator a biomassa também cresceria continuamente dificultando a transferência de oxigênio a todas as células (VON SPERLING, 2002).

2.2.1.1 Lodos Ativados Convencional

No sistema de lodos ativados convencional o reator aerado é precedido de Decantador Primário para que ocorra a remoção prévia de parte da matéria orgânica presente no esgoto e assim reduzir o volume do reator e economizar energia para a aeração (VON SPERLING, 2002).

Nesse sistema a idade do lodo é de 4 a 10 dias, tempo insuficiente para que o lodo seja estabilizado e dessa maneira há necessidade de tratamento do lodo excedente que ainda possui matéria orgânica em suas células. Na Figura 4 é apresentado o fluxograma típico de um sistema de lodos ativados convencional.

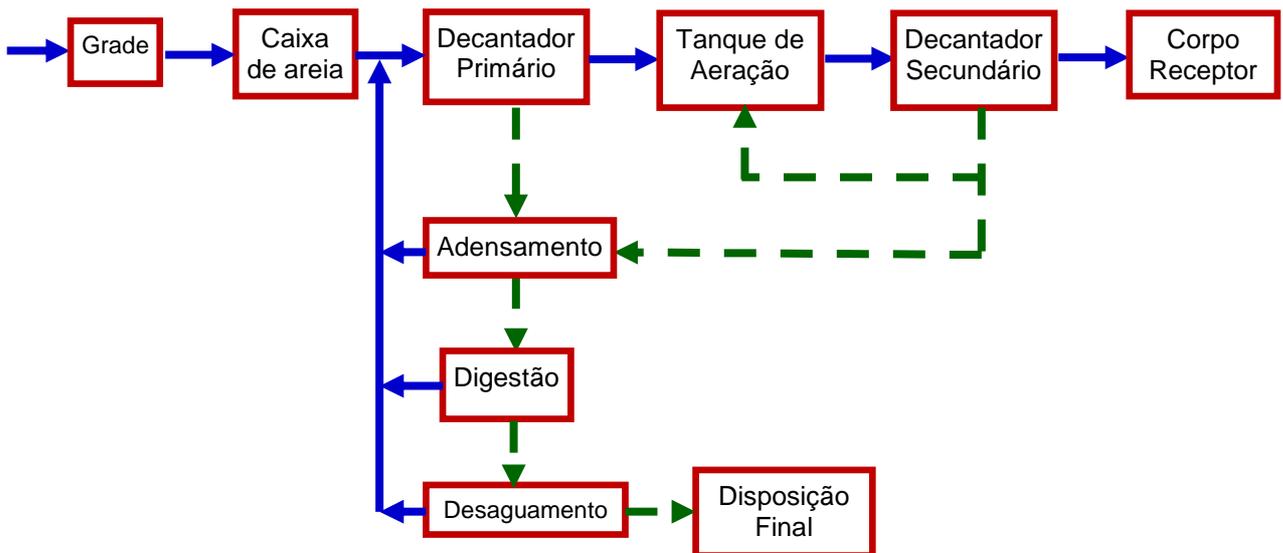


Figura 4. Fluxograma típico de sistema de lodos ativados convencional.

2.2.1.2 Lodos Ativados Aeração Prolongada

No sistema denominado aeração prolongada a idade do lodo é de 18 a 30 dias e o tempo de detenção do esgoto é de 16 a 24 h, resultando em reator com maior volume e conseqüentemente menos matéria orgânica por unidade de biomassa presente no reator. Sendo assim, as bactérias passam a utilizar de maneira mais intensa a matéria orgânica presente em suas próprias células, que é convertida em

gás carbônico e água através da respiração. Dessa maneira, a estabilização da biomassa ocorre no próprio reator aerado, dispensando o tratamento do lodo em excesso como no sistema convencional (VON SPERLING, 2002).

Para evitar a geração de lodo que necessite de tratamento, o sistema de aeração prolongada não conta com unidade de decantação primária e dessa maneira o volume de suas unidades e o gasto com energia para a aeração são maiores que no sistema convencional, embora o sistema tenha um fluxograma simplificado, conforme apresentado na Figura 5.

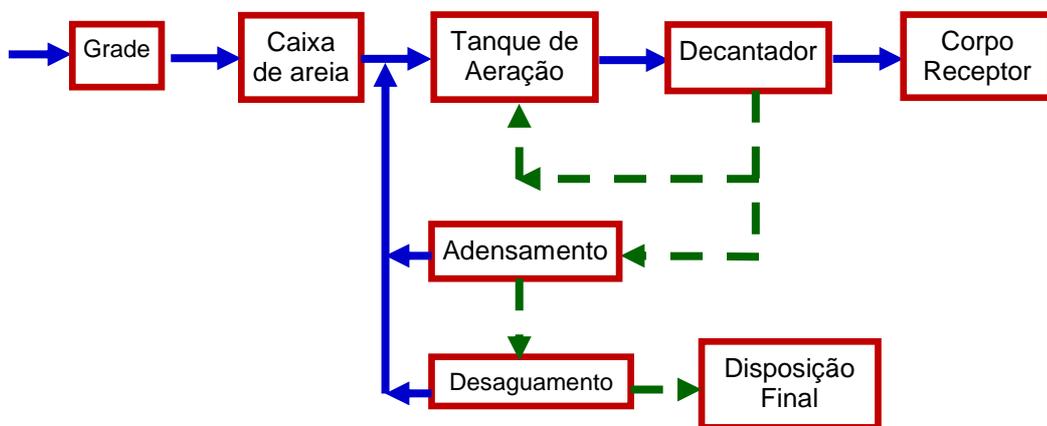


Figura 5. Fluxograma típico de sistema de lodos ativados aeração prolongada.

2.2.1.3 Lodos Ativados Batelada

No sistema de lodos ativados batelada o fluxo dos esgotos é intermitente e as etapas do tratamento, ou seja, decantação primária, oxidação biológica e decantação secundária ocorrem em um único tanque, conforme apresentado na Figura 6. O sistema pode operar nas modalidades convencional e aeração prolongada (VON SPERLING, 2002).

O processo de tratamento no sistema por batelada é dividido em ciclos de operação com duração definida e a biomassa permanece no reator durante todos os ciclos, que podem ter sua duração alterada de acordo com a variação das vazões de esgotos, das necessidades de tratamento, das características do esgoto e da biomassa. Normalmente os ciclos de tratamento são:

- Enchimento: entrada do esgoto no reator;
- Reação: aeração, mistura da biomassa com o esgoto;

- Sedimentação: separação dos sólidos em suspensão do esgoto tratado;
- Descarte do esgoto tratado: retirada do esgoto clarificado;
- Repouso: ajuste de ciclos e remoção do lodo excedente.

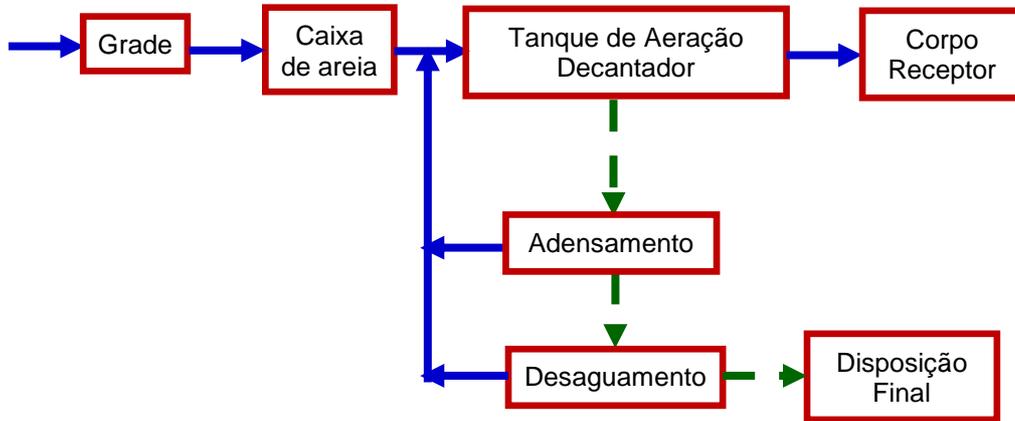


Figura 6. Fluxograma típico de sistema de lodos ativados por batelada.

Na Figura 7 são apresentados os ciclos do sistema de lodos ativados por batelada.

A eficiência do sistema de lodos ativados, independente da modalidade utilizada, está diretamente relacionada ao bom funcionamento do decantador, ou seja, da etapa de sedimentação dos sólidos suspensos (VON SPERLING, 2002; TCHOBANOGLOUS, 1991).

O tratamento do lodo em excesso, de maneira geral, engloba as seguintes etapas (JORDÃO, 2005; VON SPERLING, 2002):

- Adensamento: redução do volume de lodo e aumento da concentração de sólidos;
- Estabilização: redução dos sólidos voláteis e biodegradáveis;
- Condicionamento: facilita a operação de desidratação, pode ser mecânico ou químico com adição de floculantes e cal;
- Desidratação: aumenta o teor de sólidos e reduz o volume do lodo;
- Disposição final: disposição final dos subprodutos pode ser feita em aterros, incineração, uso agrícola, reúso industrial.

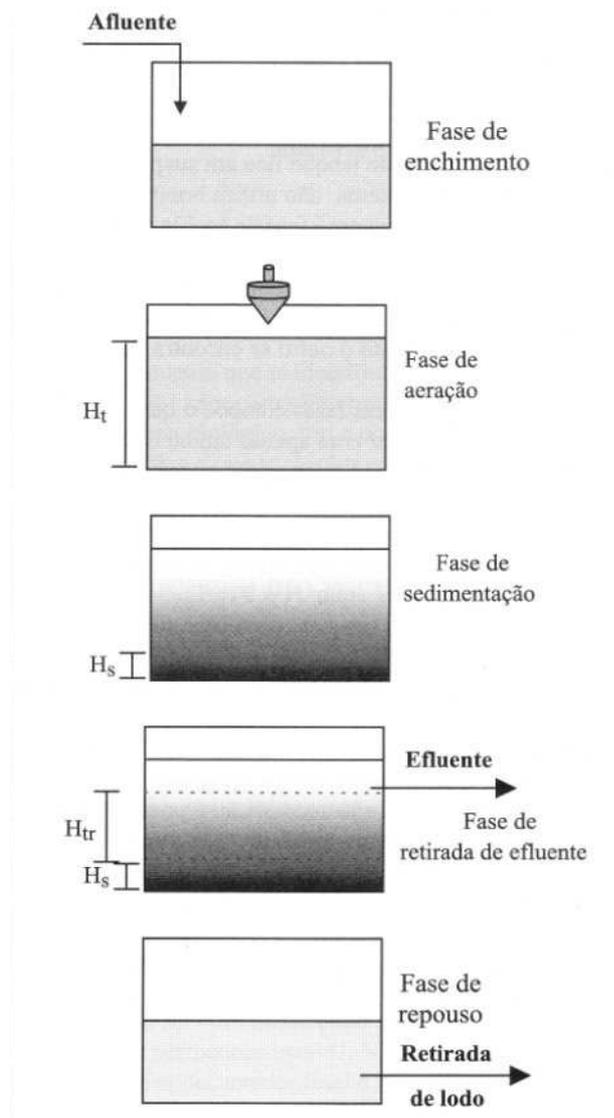


Figura 7. Fases do reator do sistema de lodos ativados batelada.
Fonte: Jordão, 2005.

2.2.1.4 Remoção da Matéria Orgânica

A massa de células microbianas no reator aerado é normalmente expressa em sólidos em suspensão (SS), entretanto parte desses sólidos corresponde a uma fração inorgânica, que não participa do processo de oxidação da matéria orgânica. Sendo assim, a biomassa é denominada de sólidos suspensos voláteis (SSV), que representam a fração orgânica, responsável pela oxidação da matéria orgânica (VON SPERLING, 2001).

O processo de lodos ativados está relacionado principalmente à velocidade com que os microrganismos consomem o substrato orgânico ou a matéria orgânica (S), isto é, à taxa de remoção de DBO ou Demanda Química de Oxigênio (DQO).

Pode-se admitir que existe uma velocidade de remoção ou decaimento da concentração da matéria orgânica ao longo do tempo (dD/dt), relativo a uma massa de microrganismos SSV no reator. Essa relação é denominada "taxa específica de utilização ou remoção do substrato" - U e expressa a velocidade com que a matéria orgânica é consumida pelos microrganismos (JORDÃO, 2005).

$$U = \frac{Q \times (S_0 - S)}{V \times SSV}$$

onde:

Q = vazão afluente (m^3/d)

S_0 = concentração de DBO afluente (g/m^3)

S = concentração de DBO efluente tratado (g/m^3)

V = volume do reator (m^3)

SSV = concentração de sólidos em suspensão voláteis (g/m^3)

A relação A/M (alimento/microrganismo) ou F/M (food to microorganism ratio) é amplamente utilizada no dimensionamento dos reatores aerados, pois representa a quantidade de substrato ou matéria orgânica disponível por massa de microrganismo. Dessa maneira quanto maior a carga orgânica fornecida para uma determinada massa de microrganismos, menor será a eficiência na assimilação desse substrato, entretanto, menor será o volume necessário para o reator (VON SPERLING, 2002).

$$A/M = \frac{Q \times S_0}{V \times SSV}$$

A relação A/M não está relacionada à remoção da matéria orgânica, pois representa apenas a carga aplicada, entretanto, pode ser relacionada à "taxa de utilização de substrato" (U), conforme segue:

$$U = (A/M) \times E$$

onde:

$$E = \text{eficiência do sistema de remoção de matéria orgânica} = (S_0 - S) / S_0$$

2.2.2 Sistemas de Tratamento com Membranas

O fenômeno conhecido atualmente como osmose foi primeiramente documentado em 1748, pelo físico francês Jean Antoine Nollet e somente 200 anos depois pesquisas utilizando esse fenômeno criaram o sistema de osmose reversa, o primeiro sistema de tratamento avançado de efluentes que utilizou membranas (WEF, 2006). Foi verificado que com a aplicação de energia (pressão ou vácuo) em uma solução líquida contaminada, a água passava pela membrana deixando os contaminantes para trás, possibilitando assim a remoção de pequenas partículas como sais, íons solúveis, sólidos dissolvidos e materiais orgânicos. Inicialmente a utilização das membranas se restringia ao tratamento de água potável e recarga de aquíferos (WEF, 2006).

De acordo com Nuvolari; Costa (2010), na separação por membranas uma mistura pode ser parcialmente fracionada por meio da retenção de componentes maiores nas membranas. Sendo assim os processos de tratamento por membranas se aplicam à remoção de sólidos suspensos, cujo tamanho das partículas são superiores a 1 μm . Os sólidos com tamanhos inferiores a 1 μm são denominados "em solução" ou "em estado coloidal".

Segundo Schneider; Tsutiya (2001) os contaminantes removidos pelas membranas são material particulado microscópico (bactérias, algas, vírus, material coloidal), moléculas orgânicas (pesticidas, componentes de combustíveis, solventes, etc.) e íons (metais pesados, salinidade excessiva, dureza). Na Tabela 10 são apresentados os tamanhos das partículas.

Tabela 10. Tamanho das partículas.

Partícula	Tamanho (μ)	Partícula	Tamanho (μ)
Açúcar	0,001	Carvão pulverizado	4 - 500
Clorofila	0,005 - 0,01	Glóbulo vermelho	5
Asbestos	0,05 - 1	Algas unicelulares	10
Negro de fumo	0,01 - 0,3	Cabelo	01 - 175
Vírus	0,1	Partículas visíveis	> 55
Bactérias	0,2 - 10	Areia da praia	> 95
Pó fino	0,4 - 100	Pó de cimento	3 - 100
Talco	0,5 - 55	Areia fina	19 - 225
Argila	< 2,5	Areia grossa	> 225
Silte	2 - 19	Carvão ativado granular	> 225

Fonte: Tratamento de Água & Efluentes, 2010 apud Nuvolari; Costa, 2010.

A filtração de efluentes utilizando membranas resulta no permeado, que é a parcela que passa pela membrana, e no concentrado, que corresponde aos sólidos retidos na membrana (NUVOLARI; COSTA, 2010).

Com a crescente necessidade de proteção da saúde humana e do meio ambiente e a falta de disponibilidade de água, os efluentes líquidos deixaram de ser vistos apenas como algo a ser disposto e se tornaram numa possível fonte de água. O desenvolvimento das tecnologias de fabricação das membranas fez com que o seu uso no tratamento de efluentes se tornasse possível e economicamente viável (WEF, 2006). Na Tabela 11 são apresentadas as dimensões dos principais componentes presentes nas águas naturais e os tipos de membranas passíveis de utilização.

Tabela 11. Dimensões dos principais componentes presentes em águas naturais e tipos de membranas.

	Microscopia de força atômica		Microscópio eletrônico		Microscópio ótico		Visível a olho nu	
	Matéria dissolvida		Colóides		Matéria suspensa			
	Íons	Moléculas	Macromoléculas	Micropartículas	Macropartículas			
Peso molecular [D] ^a	100	1000	10000	100000				
Tamanho [μm] ^b	0,001	0,01	0,1	1	10	100	1000	
Dimensão do soluto ou da partícula								
Processo de separação de membranas ^c								
Processo de separação físico-químico								
Processo de separação com troca de fase								
Processo de separação química								

^a D: Dalton, medida de peso molecular e um D corresponde ao peso de um átomo de hidrogênio.

^b $\mu\text{m} = 1 \times 10^{-6}\text{m}$.

^c RO: osmose reversa; NF: nanofiltração; UF: ultrafiltração; MF: microfiltração.

Fonte: Schäfer, 1999 apud Schneider; Tsutiya, 2001.

A classificação das membranas é feita de acordo com o tamanho dos poros e pressão aplicada (WEF, 2006) e também de acordo com a sua origem (sintética ou biológica) e material (orgânico ou inorgânico) (PINNEKAMP, 2006).

A Tabela 12 apresenta a classificação das membranas de acordo com sua porosidade e principais características.

Tabela 12. Classificação das membranas.

Membrana	Porosidade (μ)	Pressão de operação (kPa)	Taxa de fluxo ($L/m^2.d$)	Contaminantes removidos
Microfiltração (MF)	0,1 – 10	6,89 - 206,70	405 a 1600	Bactérias, vírus, sólidos suspensos, emulsões oleosas, cryptosporidium.
Ultrafiltração (UF)	0,01 – 0,1	20,67 – 551,20	405 a 815	Proteínas, amidos, antibióticos, vírus, sílica coloidal, orgânicos, bactérias, óleo solúvel, biomassa de lodo ativado.
Nanofiltração (NF)	0,001 – 0,01	482,30 – 1.515,80	200 a 815	Amidos, açúcares, pesticidas, herbicidas, pirógenos, íons divalentes, orgânicos, metais pesados, detergentes.
Osmose Reversa (OR)	< 0,001	5.512 – 8.268	320 a 490	Íons monovalentes, açúcares, sais aquosos, corantes sintéticos.

Fonte: Adaptado de WEF, 2006; Cavalcanti, 2009; Nuvolari; Costa, 2010.

Para o tratamento de efluentes são utilizadas apenas membranas sintéticas de origem orgânica (celulose, polímero) ou inorgânicas (cerâmica, alumínio), dependendo de sua utilização e requisitos operacionais (PINNEKAMP, 2006).

As membranas orgânicas são utilizadas predominantemente devido a possibilidade de selecionar o polímero de acordo com o problema de separação específico e também pelo seu menor custo em relação a outros materiais.

As membranas inorgânicas são utilizadas especialmente quando o uso de membranas orgânicas é descartado e possuem vantagens como maior resistência ao calor e a produtos químicos, resultando em maior capacidade de regeneração e maior vida útil. A principal desvantagem em relação às membranas orgânicas é o elevado custo do material e construção dos módulos (PINNEKAMP, 2006). Os materiais utilizados na fabricação de membranas inorgânicas são: cerâmicas de óxido de zircônio, alumínio, titânio, aço inoxidável e sua utilização se restringe a tratamento de soluções agressivas (pH muito baixo ou muito alto, soluções oxidantes), de altas temperaturas ou de alto valor agregado (SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001).

Na Tabela 13 é apresentada comparação das propriedades das membranas inorgânicas e orgânicas.

Tabela 13. Comparação das propriedades das membranas inorgânicas e orgânicas.

Propriedade	Membrana Inorgânica	Membrana Orgânica
Aplicação	MF, UF	MF, UF, NF, OR
Resistência térmica	Cerâmicas < 250 °C Carvão/grafite < 180 °C Aço < 400 °C	Acetato de celulose < 40 °C Polisulfona < 90 °C Aramida < 45 °C Poliacrilonitrila < 60 °C Polipropileno < 70 °C
Faixa de pH	0 – 14	Maioria dos polímeros: 2 – 12 Acetato de celulose: 4,5 < pH , 6,5
Resistência mecânica	Boa	Média a ruim, necessitam de suporte.
Tolerância a materiais oxidantes	Boa	Depende do polímero, tempo de contato e concentração do oxidante (maioria dos polímeros não resiste a ação de oxidantes).
Compactação	Não	Sim
Vida útil	10 anos	5 anos

Fonte: Cardot, 1999 apud Schneider; Tsutiya, 2001.

No Tabela 14 são apresentadas as vantagens e desvantagens dos diferentes materiais utilizados na fabricação das membranas.

Tabela 14. Vantagens e desvantagens dos materiais das membranas.

Material	Vantagens	Desvantagens
Acetato de celulose	Barato e fácil de fabricar.	Baixa estabilidade térmica, não recomendado para temperaturas maiores que 30°C. Baixa tolerância química, limitado a pH na faixa de 3 a 6. Baixa estabilidade mecânica, altamente biodegradável. Resistência a cloro limitada.

Material	Vantagens	Desvantagens
Poliamida	Boa estabilidade térmica, pode ser usado em temperaturas até 50°C. Boa estabilidade química, ampla operação para pH entre 3 e 11. Maior permeabilidade que as membranas de acetato de celulose.	Sensível a cloro.
Polipropileno	Pode suportar moderadamente altas temperaturas.	Menor resistência química que as membranas de politetrafluoretileno. Poros alongados. Sensível a cloro.
Polisulfona	Boa estabilidade térmica, pode ser usado em temperaturas acima de 75°C. Boa estabilidade química, tolera a faixa de pH entre 1 a 13. Boa resistência a cloro. Fácil fabricação. Boa resistência química a hidrocarbonetos alifáticos, hidrocarbonetos halogenados, álcoois e ácidos.	Baixa resistência a hidrocarbonetos aromáticos, cetonas, éteres e ésteres. Limites de pressão relativamente baixos, 690 kN/m ² para placas planas e 172 kN/m ² para fibras ocas.
Politetrafluoretileno	Muito hidrofóbicos. Excelente resistência orgânica. Excelente estabilidade química para ácidos fortes, álcalis e solventes. Temperatura de operação entre 100 a 260°C.	Disponível somente para MF. Custo elevado.
Fluoreto de polivinilideno	Autoclavável. Boa resistência a solventes.	Menor resistência química que as membranas de politetrafluoretileno. Disponível apenas para MF e UF.
Dióxido de titânio	Boa resistência térmica.	Custo muito elevado.
Dióxido de zinco	Boa resistência térmica. Boa resistência mecânica.	Materiais frágeis. Limitado à MF e UF.

Fonte: WEF, 2006.

O sistema de separação por membranas é composto por módulos que contêm os seguintes elementos: membranas, estrutura de suporte da força aplicada ao sistema e canais de alimentação, de remoção do permeado e do concentrado (SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001; WEF, 2006; NUVOLARI; COSTA, 2010).

Os principais tipos de módulos de membranas utilizados no tratamento de efluentes são: placas planas, tubulares, espirais, com fibras ocas e com discos rotatórios.

- Módulos com placas planas

É a configuração mais simples dos módulos de membranas, sendo utilizada nos processos de ultrafiltração, nanofiltração, osmose reversa e reatores biológicos. O sistema consiste no empilhamento vertical ou horizontal de membranas planas e placas de suporte e possui densidade volumétrica entre 100 e 400 m^2/m^3 (SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001). O espaçamento médio entre placas é de aproximadamente 10 mm (WEF, 2006). A Figura 8 apresenta um módulo de placas planas.



Figura 8. Módulo de placas planas.

Fonte: Catálogo Kubota, 2005.

- Módulos tubulares

Os módulos são formados por tubos individuais ou conjuntos de tubos de diâmetro entre 6 e 40 mm que são revestidos internamente com membranas e são colocados no interior de cilindros de suporte. A principal desvantagem desse sistema está relacionada a sua baixa densidade volumétrica, entretanto possibilita altas velocidades de transporte do líquido (SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001). A Figura 9 apresenta exemplos de módulos de membrana tubulares.

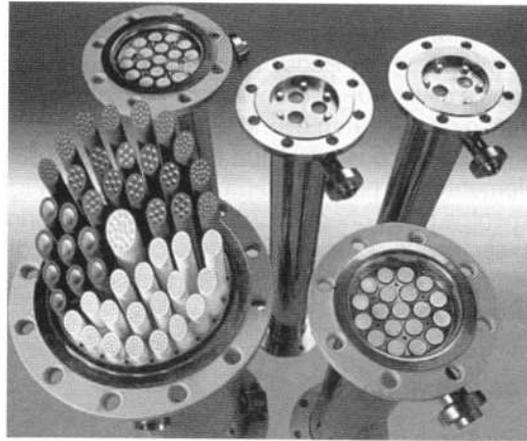


Figura 9. Módulos tubulares.

Fonte: Boldman; Latz apud Schneider; Tsutiya, 2001.

- Módulos espirais

O módulo de membranas espirais é formado pelo conjunto de tubos de pressão de PVC ou de aço inox e de elementos de membranas espirais inseridos no interior dos tubos. O elemento de membrana é formado por um pacote de membranas e espaçadores enrolados em volta de um tubo central que coleta o permeado. O diâmetro dos elementos pode chegar a 300 mm e o comprimento a 1,5 m e possui densidade volumétrica da ordem de 700 a 1.000 m^2/m^3 (SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001). A Figura 10 apresenta esquema típico de um módulo espiral.

Esses módulos são mais utilizados quando há necessidade de pressões altas e intermediárias, ou seja, nanofiltração e osmose reversa.

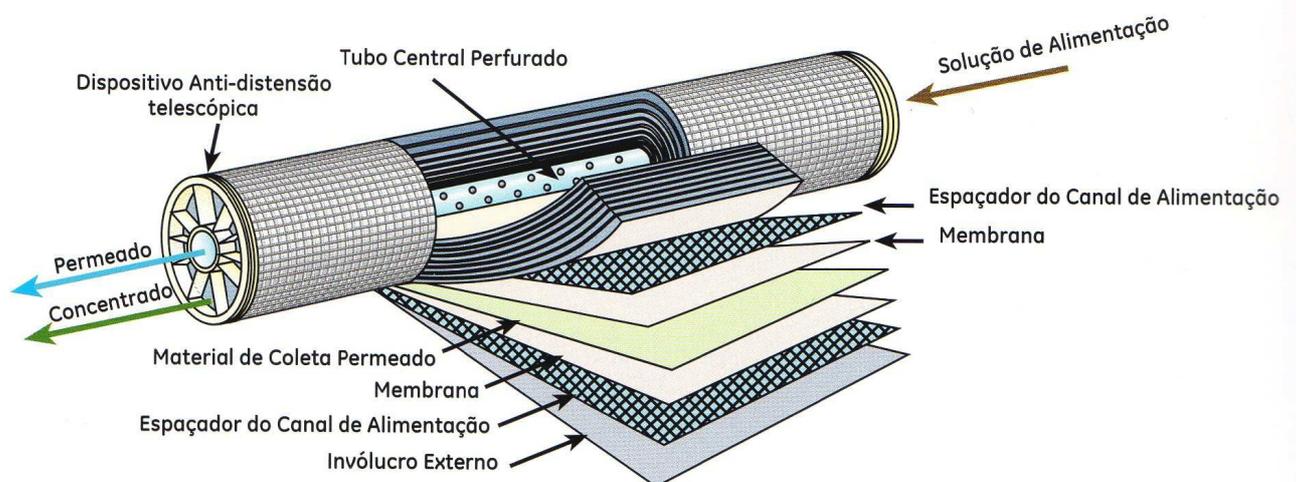


Figura 10. Módulo de membrana espiral.

Fonte: Catálogo GE Power Water, 2011.

- Módulos com fibras ocas

São utilizados principalmente em grandes sistemas de produção de água por microfiltração, ultrafiltração e osmose reversa (SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001).

Nos sistemas utilizados para microfiltração e ultrafiltração são utilizadas de centenas a 22.500 fibras ocas que são fixadas às duas extremidades de um tubo, resultando em densidade volumétrica de aproximadamente $1.000 \text{ m}^2/\text{m}^3$. O fluxo de efluente pode ser bombeado pelo interior das fibras com o permeado sendo coletado no centro do tubo ou ser bombeado dentro do tubo e o permeado coletado nas extremidades depois de percolar por entre as fibras.

Nos sistemas de osmose reversa são utilizadas 650.000 fibras com $41 \mu\text{m}$ de diâmetro interno e $110 \mu\text{m}$ de diâmetro externo e a densidade volumétrica do sistema é de aproximadamente $10.000 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Nesse tipo de sistema, as fibras são longas de maneira a serem inseridas no tubo formando um "U" ou como pacotes de fibras paralelas e o efluente é bombeado para o interior do tubo (SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001).

O diâmetro externo das fibras ocas varia de 1 a 2 mm e a sua elevada densidade volumétrica e a baixa pressão requerida resultam em um custo baixo e dessa maneira, os sistemas com fibras ocas estão se tornando bastante populares em sistemas de tratamento municipais. (WEF, 2006). A Figura 11 apresenta exemplos de módulos de fibras ocas.

- Módulos com discos rotatórios

Os módulos com discos rotatórios são utilizados para microfiltração e ultrafiltração em sistemas de água ou em experimentos de biorreatores de membranas. São formados por membranas fixadas em placas redondas em um eixo vertical e o movimento giratório remove a camada retida em sua superfície. Possui alto consumo de energia e se restringe a instalações de pequeno porte (SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001). O sistema com movimento giratório foi criado com a intenção de reduzir os problemas com fouling (WEF, 2006). Na Figura 12 são apresentados detalhes dos módulos com discos rotatórios.

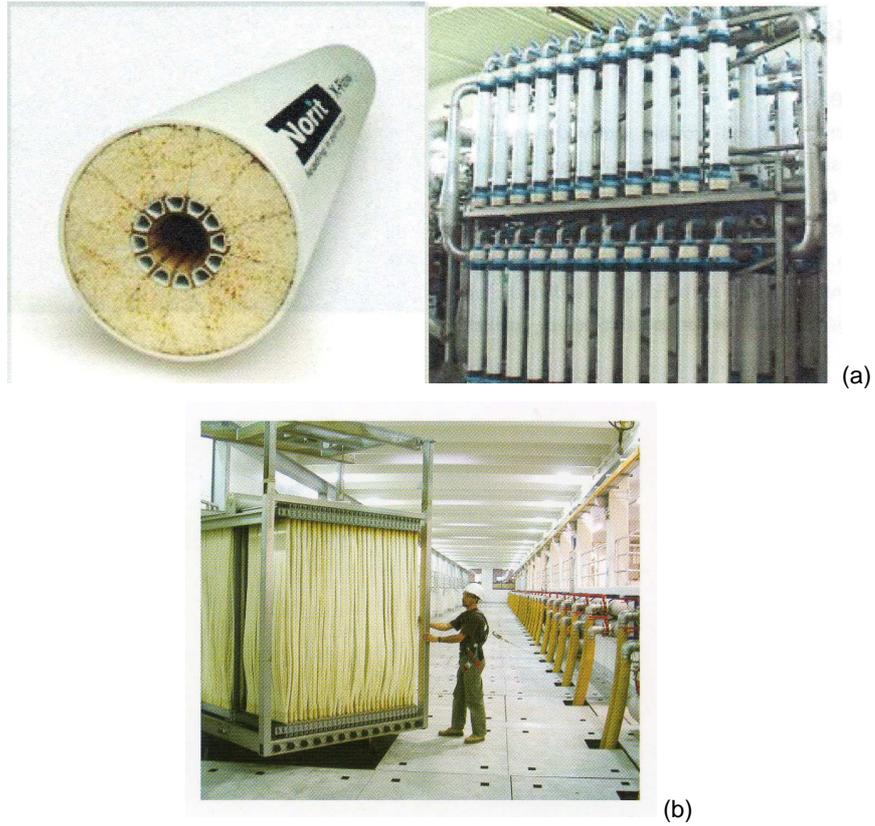


Figura 11. Módulo com fibras ocas.

Fonte: (a) Catálogo Norit, 2008; (b) Catálogo GE Power Water, 2011.

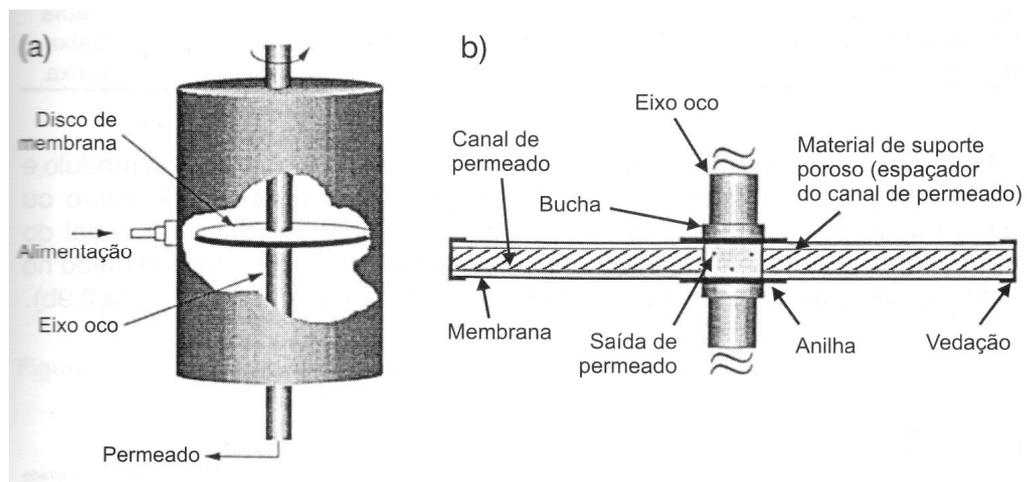


Figura 12. Módulo com discos rotatórios. (a) Módulo completo. (b) Detalhe de montagem do disco de membrana.

Fonte: Schneider; Tsutiya, 2001.

A Tabela 15 apresenta comparação entre os módulos de membranas, podendo ser observado que os módulos que oferecem melhor custo-benefício são os sistemas de fibra oca e espiral.

Tabela 15. Comparação entre módulos de membranas.

Módulo	Critério				
	Densidade de membranas	Limpeza no local	Custo	Pré-tratamento da água bruta	Perda de carga no módulo
Disco	Baixa	Sim	Alto	Desnecessário	Baixa
Tubular	Baixa	Sim	Alto	Médio	Baixa
Placas - pressão	Baixa - média	Não	Alto	Médio	Média
Placas - sucção	Baixa - média	Sim	Baixo	Desnecessário	Baixa
Espiral	Média	Não	Baixo	Significativo	Alta
Fibra oca MF/UF - pressão	Média	Não	Baixo	Desnecessário	Média
Fibra oca MF/UF - sucção	Média	Sim	Baixo	Desnecessário	Baixa
Fibra oca OR	Alta	Não	Baixo	Significativo	Baixa

Fonte: Schneider; Tsutiya, 2001.

A aplicação das membranas no tratamento de efluentes está apresentada na Tabela 16 a seguir.

Tabela 16. Aplicação das membranas no tratamento de efluentes.

Aplicação	Descrição
Sistemas de Microfiltração e Ultrafiltração	
Tratamento biológico aeróbio para descarte ou reúso - MBR	A membrana é utilizada para separar o efluente tratado da massa biológica do processo de lodos ativados. A unidade de membrana pode ser imersa dentro do reator ou ser externa.
Processo biológico anaeróbio	A membrana é utilizada para separar o efluente tratado da massa biológica no reator.
Tratamento biológico com aeração por membranas	Membranas de placa, tubular e fibras ocas são utilizadas para transferência de oxigênio para a biomassa aderida na parte externa da membrana.
Tratamento biológico com extração por membranas	As membranas são utilizadas para extração de moléculas orgânicas degradáveis de compostos inorgânicos como ácidos, bases e sais dos resíduos de tratamento biológico.

Aplicação	Descrição
Sistemas de Microfiltração e Ultrafiltração	
Reúso de efluente	Utilização das membranas para a remoção de sólidos suspensos residuais dos efluentes de decantadores secundários e de filtros profundos ou superficiais para dar ao efluente elevada qualidade ou para efetivar a desinfecção eficaz com cloro ou UV.
Pré-tratamento para nanofiltração ou osmose reversa	Microfiltros utilizados para a remoção de sólidos suspensos e coloidais.
Nanofiltração	
Reúso de efluente	Utilizada para o tratamento de efluente de microfiltração para reúso não potável indireto, como recarga de aquíferos. Melhorias também são observadas na desinfecção quando se usa nanofiltração.
Abrandamento de efluente	Utilizada para reduzir a concentração de íons multivalentes que contribuem para dureza para aplicações específicas de reúso.
Osmose Reversa	
Reúso de efluente	Utilizada para tratamento de efluente de microfiltração para reúso não potável indireto como recarga de aquíferos. Melhorias também são observadas na desinfecção quando se usa osmose reversa.
Dispersão de efluente	O processo de osmose reversa provou capacidade de remoção de compostos selecionados como N-nitrosodimetilamina.
Tratamento em dois estágios para uso em caldeira	São utilizados dois estágios de osmose reversa para produzir água para caldeiras de alta pressão.

Fonte: WEF, 2006.

2.2.3 Sistemas de Tratamento Biológico com Membranas – Reator com Membranas (MBR)

O sistema MBR (membrane bio reactor) ou Reator com Membranas é a associação do tratamento biológico convencional (reator ou biorreator) com o tratamento físico (filtração por membranas) (NUVOLARI; COSTA, 2010; WEF, 2006).

Nos sistemas de lodos ativados os componentes dissolvidos presentes no esgoto são transformados no reator aerado em material particulado (biomassa) e em agregados sólidos sedimentáveis, que são removidos no decantador secundário. Sua eficiência está associada à boa separação da biomassa no decantador e sob o ponto de vista de saúde pública os organismos patogênicos não são completamente

removidos nessa unidade. A tecnologia de membranas possibilita a retenção total da biomassa no reator, aumentando sua eficiência, assim como a retenção de microrganismos (SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001).

O sistema MBR possibilita elevadas idades de lodo, minimizando os picos de carga orgânica e resultando em menores tempos de detenção hidráulica devido a elevada concentração de biomassa (DEZOTI et al, 2008). Na Figura 13 é apresentado o fluxograma típico de um sistema MBR.



Figura 13. Fluxograma típico de sistema MBR.

Fonte: Adaptado de WEF, 2006.

As membranas podem ser montadas internamente, ou seja, submersas no reator, ou podem ser colocadas externamente ao reator, conforme Figura 14 (SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001, NUVOLARI; COSTA, 2010; WEF, 2006). Normalmente são utilizadas membranas de Microfiltração (MF) ou Ultrafiltração (UF) (WEF, 2006).

Os sistemas com membranas submersas utilizam módulos de fibras ocas e de placas planas, pois podem operar com baixas pressões e assimilam melhor as variações dos tipos de sólidos presentes no lodo ativado presente no reator (WEF, 2006).

Os sistemas com membranas externas são mais comuns em tratamento de efluentes industriais, cujas características exigem o uso de membranas cerâmicas (WEF, 2006). Esses sistemas possuem maior flexibilidade operacional e capacidade de tratar maiores vazões, entretanto, possuem maior consumo de energia (NUVOLARI; COSTA, 2010).

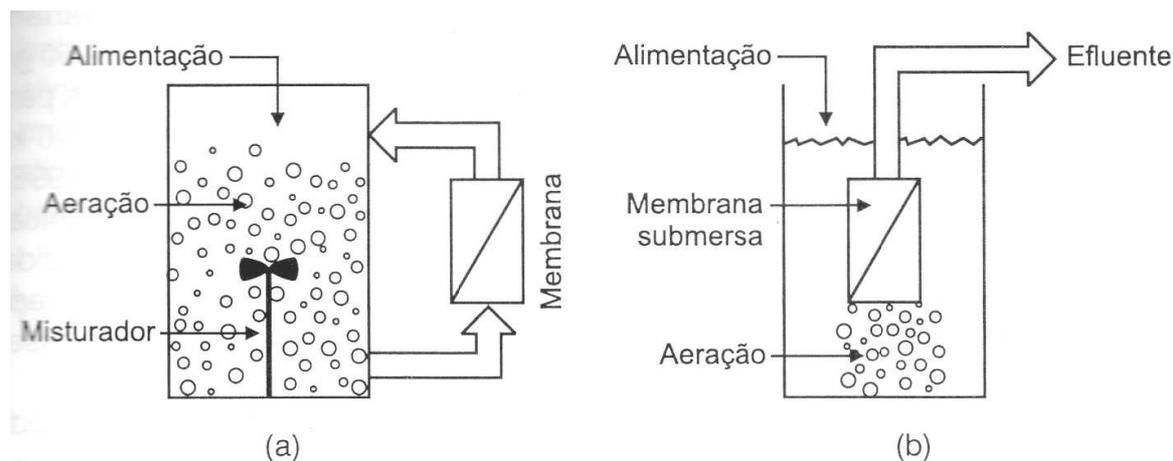


Figura 14. Tipos de sistemas com membranas. (a) Membrana Externa. (b) Membrana Interna.

Fonte: Schneider; Tsutiya, 2001.

Dentre as vantagens do sistema MBR pode-se citar efluente tratado com concentração de sólidos menor que 1 mg/L; menor área de implantação requerida pois o decantador secundário pode ser eliminado; a produção de lodo de sistemas pequenos é equivalente à produção de sistemas de lodos ativados aeração prolongada; redução da necessidade de desinfecção do efluente tratado; os sistemas de membranas são modulares e por isso possuem configuração flexível e fácil expansão, etc. (WEF, 2006).

O sistema MBR possui condições de ter maiores concentrações de biomassa e maior tempo de residência do lodo no reator, geralmente entre 30 e 45 dias, possibilitando o estabelecimento de microrganismos de crescimento lento, como por exemplo, as bactérias nitrificantes e resultando menores valores para relação A/M, entre 0,05 e 0,10 kg DQO/kg SS. A produção de lodo também é reduzida comparando-se com lodos ativados, tendo em vista as maiores idades de lodo e menores A/M, podendo-se chegar a uma redução de 30 a 50% para o tratamento de esgotos sanitários (SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001).

A qualidade do efluente tratado de sistema MBR é bastante superior à qualidade dos efluentes produzidos em sistemas de lodos ativados convencionais, conforme apresentado na Tabela 17.

Tabela 17. Características do efluente tratado de sistemas MBR.

Parâmetro	Schneider; Tsutiya	WEF
DBO (mg O ₂ /L)	< 2	< 5
SST (mg/L)	< LD	< 1
Nitrogênio Total (mg/L) (com zona pré-anóxica)	-	< 10
Nitrogênio Total (mg/L) (com zona pré-anóxica e pós-anóxica)	-	< 3
Nitrogênio Kjeldahl (mg/L)	< 2	-
Amônia - NH ₃ (mg/L)	< 0,3	-
Fósforo Total (mg/L) (com adição de produtos químicos)	< 0,1	< 0,2 (típico) / 0,05 (possível)
Fósforo Total (mg/L) (com remoção biológica)	-	< 0,5
Turbidez (NTU)	< 1	< 0,2
Coliformes Totais	< LD	Redução mínima de 6 log
Coliformes Fecais	< LD	Redução mínima de 6 log
Vírus	Redução mínima de 4 log, e na maioria das medições < LD	Redução mínima de 3 log

LD - Limite de detecção

Fonte: Adaptado de Schneider; Tsutiya, 2001; WEF, 2006.

Os sistemas MBR operam com tempos de manutenção da biomassa no sistema elevados e a concentração de SSV no reator varia de 8.000 mg/L a 12.000 mg/L, o que permite reduzir o tamanho dos tanques (WEF, 2006).

Na Tabela 18 são apresentados os parâmetros típicos de sistemas MBR comparados com os valores indicados para sistemas de tratamento de lodos ativados.

Tabela 18. Parâmetros típicos de sistemas MBR e de lodos ativados.

Parâmetro	Lodos Ativados Convencional	Lodos Ativados Aeração Prolongada	Sistema MBR
SST (g/L)	1,5 - 4	3 - 6	15 - 25
Tempo de retenção hidráulica (h)	4 - 8	16 - 36	2 - 12
Idade do lodo (d)	4 - 15	20 - 30	30 - 60
Reciclo (%)	25 - 50	100 - 300	200 - 500
A/M (kg DBO/kg SSV.d)	0,20 - 0,50	0,05 - 0,15	0,05 - 0,15
Carga volumétrica (kg DBO/m ³ .d)	0,3 - 0,6	0,05 - 0,4	0,1 - 1,5
kg SSV/kg DQO	0,1 - 0,55	-	0,05 - 0,2
$\mu_{\text{máx}}$ (d ⁻¹)	5 - 13	-	4 - 5
K _d (d)	0,2 - 0,85	-	0,55 - 1,0
Diâmetro floco (μm)	20	-	3,5
Turbidez (NTU)	10 - 40	5 - 30	0,25 - 0,45

Fonte: Torres, 2004.

De acordo com WEF (2006) e Van Haandel; Van Der Lubbe (2012), a operação das membranas pode ser dividida nas seguintes etapas: (i) Produção, onde as membranas são aeradas intermitentemente para aliviar a torta de filtro na superfície da membrana; (ii) Retrolavagem, que corresponde à inversão do fluxo do permeado para a desobstrução dos poros da membrana; (iii) Relaxamento, quando o fluxo do permeado é suspenso e apenas a aeração é mantida para retirada de alguns sólidos da superfície da membrana; (iv) Limpeza.

Ainda segundo Van Haandel; Van Der Lubbe (2012), os tempos de operação dos sistemas de MBR variam de acordo com o tipo de membranas utilizados, conforme é apresentado na Tabela 19.

Tabela 19. Tempo de operação dos módulos de membranas.

Etapa	Fibra Oca	Placas
Produção	400 s	415 s
Retrolavagem	20 s	-
Relaxamento	-	45 s
Total	420 s	460 s

Fonte: Van Haandel; Van Der Lubbe, 2012.

As desvantagens do sistema MBR estão relacionadas à limitação da capacidade de vazão das membranas instaladas e sendo assim para absorver grandes variações pode ser necessário o envio dos efluentes para outro tanque; a tecnologia de membranas é relativamente nova e dessa maneira não há muitos dados de sua performance a longo prazo; alto custo de implantação devido o preço das membranas e de operação com o aumento dos gastos com energia elétrica; e necessidade de monitoramento e manutenção com elevado grau de automatização (WEF, 2006).

Os principais fatores que afetam o funcionamento do sistema de membranas são: pressão transmembrana, velocidade tangencial do lodo no módulo de membranas, injeção de ar juntamente com a corrente de alimentação do módulo, concentração de SS no tanque de aeração, porosidade e hidrofobia da membrana, frequência e pressão de retrolavagem e as técnicas de limpeza (DEZOTI et al., 2008).

2.2.3.1 Reator Aeróbio com Membranas Submersas

Os reatores com membranas submersas possuem um consumo de energia de 0,2 a 0,4 kWh/m³ de permeado, que é praticamente consumido na aeração o reator. O sistema de membranas pode ser instalado submerso no interior do reator ou ser colocado externo ao reator, que tem como vantagem maior facilidade operacional para a limpeza química das membranas, entretanto, é uma solução mais complexa e que demanda mais espaço (SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001).

Os reatores de grande porte utilizam sistema com membranas imersas diretamente no reator, sendo operados com módulos de placas planas ou módulos de fibras ocas, conforme apresentado na Figura 15.

Nos sistemas com fibras ocas, a fibras são montada em estrutura vertical e a extração do permeado é realizada pelas duas extremidades das membranas, cujo fluxo varia de 13 a 25 L/m²xh.

Nos sistemas com placas planas as membranas são fixadas em uma armadura de fibra de vidro e separadas por uma estrutura porosa de suporte resistente que opera como canal de coleta do filtrado. A aeração é realizada por difusores

instalados na base dos módulos e o fluxo de permeado varia de 17 a 39 L/m²xh (SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001).

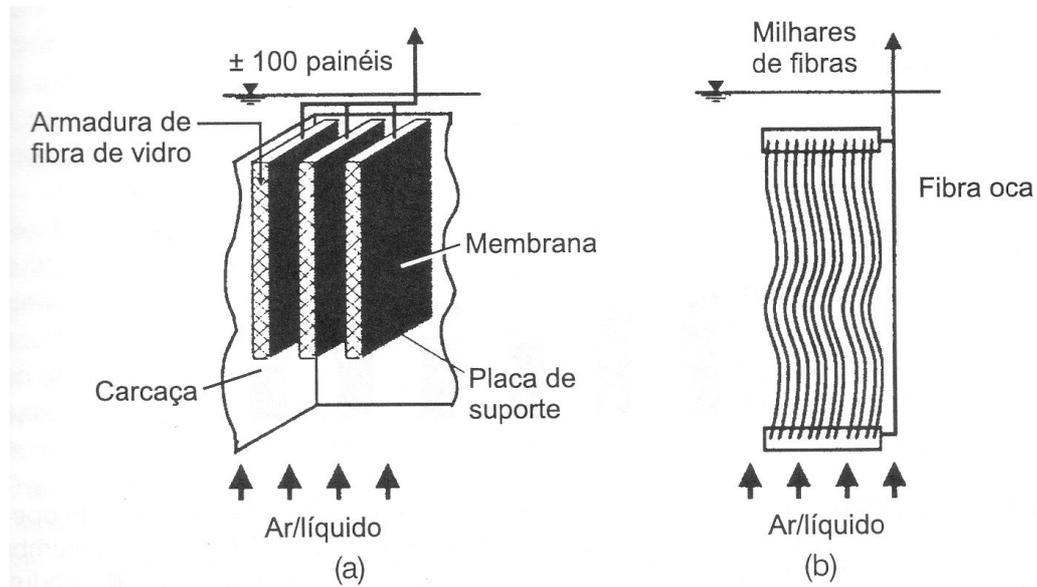


Figura 15. Representação esquemática dos módulos de membranas de sistemas MBR em grande escala. (a) Sistema de placas. (b) Sistema de fibras ocas.

Fonte: Schneider; Tsutiya, 2001.

A deposição de partículas na superfície das membranas é evitada por meio da aeração do sistema, e o permeado é obtido por diferença de pressão provocada pela coluna de líquido no interior do reator, aplicação de vácuo no lado do permeado ou pressurização do reator (DEZOTI et al, 2008).

As operações de limpeza química das membranas são bastante esporádicas, ocorrendo em intervalos de meses ou até mais de um ano (SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001).

2.2.3.2 Reator Aeróbio com Membranas Externas

Nos reatores com membranas externas o efluente é bombeado para os módulos e para evitar a ocorrência de acúmulo de material na superfície das membranas são necessárias velocidades transversais acima de 1,5 m/s, resultando em elevado consumo de energia, da ordem de 1 a 10 kWh/m³ (SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001).

De acordo com Dezoti et al (2008) os reatores com membranas externas operam com fluxo cruzado, isto é, o efluente escoia paralelamente à superfície da membrana e o permeado é transportado transversalmente à mesma.

2.2.3.3 Reator Anaeróbio com Membranas

A utilização de membranas em sistemas de reatores anaeróbios é possível com a instalação de módulos externos aos reatores, pois a aeração é indispensável para a operação do sistema de maneira a evitar a ocorrência de acúmulo de material na superfície das membranas (SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001).

As membranas podem aumentar a concentração de biomassa no reator anaeróbio, resultando em aumento das cargas orgânicas de operação, entretanto, as altas velocidades necessárias para a operação do sistema podem desagregar os agregados das bactérias anaeróbias.

A eficácia da utilização de membranas acopladas a reatores anaeróbios não é unânime, pois alguns estudos realizados indicaram melhoria na eficiência do sistema e outros não comprovaram suas vantagens (SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001).

2.2.3.4 Colmatação e Limpeza das Membranas

Dadas as características dos efluentes que passarão pelas membranas, problemas com a deposição de substâncias orgânicas (fouling) ou inorgânicas (scaling) e a formação de biofilme (biofouling) na superfície das membranas podem afetar de forma negativa a performance dos sistemas (PINNEKAMP, 2006).

No processo de separação com membranas, como resultado da extração de permeado sem sólidos suspensos, há a formação de torta de lodo na superfície da membrana, sendo necessária extensiva limpeza para a sua recuperação (VAN HAANDEL; VAN DER LUBBE, 2012).

De acordo com Schneider; Tsutiya (2001) as membranas são processos de separação e a sua eficácia é medida geralmente pelo parâmetro rejeição. No caso de membranas de micro e ultra filtração o mecanismo da rejeição é a retenção física do material. Os mecanismos de rejeição das membranas são a retenção física de partículas, íons maiores que os diâmetros dos poros; bloqueio físico dos poros das

membranas; adsorção de material no interior dos poros; e taxas reduzidas ou impedimento da difusão de substâncias através do polímero da membrana.

A formação de tortas de lodo na superfície das membranas é inevitável e dessa maneira, a realização de processos de retrolavagem para a remoção periódica de tortas é rotineira em sistemas de micro e ultrafiltração e esporádica em sistemas de nanofiltração e osmose reversa (SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001).

Segundo Schneider; Tsutiya (2001) o processo de retrolavagem dura de 30 segundos a um minuto e pode ser realizado com os seguintes procedimentos:

- Retrolavagem tangencial: utilizada principalmente em membranas tubulares e de fibras ocas e é realizada com o bombeamento do permeado pelo canal de concentrado em sentido contrário ao fluxo. O material retido na superfície da membrana é removido rapidamente, entretanto, o material retido no interior da membrana não é removido;
- Retrolavagem frontal: o bombeamento do permeado é realizado através da membrana no sentido contrário ao fluxo e o material retido nas membranas, adsorvido na superfície da membrana e a torta de lodo são removidos;
- Retrolavagem com ar comprimido: é realizado bombeamento de ar comprimido com alta pressão no canal de permeado no sentido contrário ao fluxo. A torta de filtro é removida pelo ar que atravessa a membrana e o material desprendido é removido do interior do módulo por meio da retrolavagem tangencial.

De acordo com Van Haandel; Van Der Lubbe (2012) um dos maiores problemas do sistema de membranas é a formação de fouling, que resulta na diminuição do fluxo e da permeabilidade da membrana e pode ser classificado como micro ou macro fouling, dependendo da partícula retida na superfície da membrana. O macro fouling é a deposição de materiais grosseiros como fios de cabelo, plástico e outros resíduos e pode ser prevenido com a implantação de pré-tratamento e remoção do material retido manualmente. O micro fouling corresponde ao bloqueio dos poros e não pode ser removido apenas com retrolavagem ou aeração, sendo necessária a realização de limpeza química.

O biofouling ocorre devido à multiplicação dos microrganismos envoltos por polímero extracelular produzido pelos organismos do biofilme microbiano e pode ser detectado pela análise do material removido da superfície da membrana, sendo necessária a remoção da membrana do sistema, resultando em análise restrita às situações de comprometimento irreversível da membrana (SCHNEIDER; TSUTIYA, 2001). A prevenção da formação do biofouling pode ser realizada com a remoção de matéria orgânica antes do reator com membranas, diminuindo o crescimento de microrganismos (VAN HAANDEL; VAN DER LUBBE, 2012).

A limpeza das membranas é realizada com produtos químicos abrasivos que reduzem sua vida útil e aumentam seus custos, dessa maneira, alguns livros indicam que deve-se prevenir o fouling com dimensionamento e operação adequados. A solução de limpeza é composta pelo permeado e produtos químicos e é utilizada na retrolavagem das membranas (VAN HAANDEL; VAN DER LUBBE, 2012).

Apesar da utilização de produtos químicos reduzir a vida útil das membranas, segundo Schneider; Tsutiya (2001) e Van Haandel; Van Der Lubbe (2012) a realização periódica da limpeza química impede o comprometimento irreversível da membrana.

De acordo com Schneider; Tsutiya (2001) o processo de limpeza dura de 45 minutos a 24 horas, dependendo da dificuldade de remoção do biofilme e normalmente restaura o fluxo das membranas para valores próximos do fluxo inicial. Normalmente para a remoção de depósitos inorgânicos são utilizadas soluções de limpeza ácida e para depósitos orgânicos são utilizadas soluções alcalinas, entretanto, os produtos utilizados são bastante variados, pois o fouling não é provocado por um único fator. Na Tabela 20 são apresentados os principais produtos utilizados nas soluções de limpeza química.

Tabela 20. Produtos utilizados na limpeza química de membranas.

Produto	Exemplo	Concentração	Função
Detergente	SDS Triton Aminas quaternárias	0,01 a 2%	Quebra de ligações hidrofóbicas na matriz. Desnaturação de macromolécula.
Dispersante	Tripolifosfato	0,1 a 5%	Solubilização de partículas.
Agente caotrópico	Uréia	6 – 8 molar	Quebra de pontes de hidrogênio.

Produto	Exemplo	Concentração	Função
Quelante	EDTA Citrato	0,1 a 1%	Neutralização de íons divalentes como Ca ²⁺ e Mg ²⁺ co-responsáveis pela estabilização estrutural da matriz do biofilme.
Enzima	Proteases, polissacaridases, lipases, esterases	10 a 100 mg/L	Quebra de macromolécula biológica.
Biocida	Bissulfito de sódio	10 a 100 mg/L	Inativação de microrganismos.
	Aminas quaternárias	0,1 a 1 %	
	Formaldeído	0,1 a 5%	
	Glutaraldeído	0,1 a 5%	
	Isotiazolonas	0,1 a 1%	
	Monocoloaraminas	0,1 a 1%	

Fonte: Ridgway; Flemming, 1996 apud Schneider; Tsutiya, 2001.

2.3 REÚSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA

No setor industrial a água tem diversas aplicações, podendo ser utilizada como matéria-prima e reagente em inúmeras reações de hidratação e hidrólise; como solvente de substâncias sólidas, líquidas ou gasosas; na lavagem de gases e sólidos; como veículo para o transporte de materiais sólidos; e em operações que envolvam troca de calor como torres de resfriamento e caldeiras (da SILVA, 2006 in REBOUÇAS, 2006).

O crescimento populacional e consequente aumento na produtividade têm levado as indústrias a buscarem alternativas para diminuir o seu consumo de água, sendo considerado o reúso de efluentes em seus próprios processos produtivos.

Os ganhos ambientais com a prática de reúso de água são significativos, pois há diminuição tanto do volume de água captado quanto de efluentes que são lançados nos corpos d'água, entretanto, para o setor industrial deve-se também considerar que haverá ainda um ganho econômico com a diminuição dos custos de produção, aumentando a sua competitividade, além de possibilitar a diminuição nos custos referentes a cobrança pelo uso da água.

No setor industrial a grande demanda de água está associada à reposição nas torres de resfriamento, que pode ser suprida com água de reúso, que também pode ser utilizada em outras áreas industriais como caldeiras, irrigação de áreas verdes, lavagem de pisos e equipamentos e processo produtivo (HESPANHOL, 2003 in MANCUSO, 2003).

Na indústria, diversas atividades necessitam de redução de calor que é realizada com o uso de água para resfriamento como: (1) Operações siderúrgicas, metalúrgicas, fundições, usinagens, resfriamento de fornos, moldes, formas, etc.; (2) Resfriamento de reatores químicos, bioquímicos e nucleares; (3) Condensação de vapores em operações de destilação e evaporadores, colunas barométricas, descargas de turbinas de instalações termelétricas e nucleares, etc.; (4) Resfriamento de compressores e gases frigoríficos em circuitos de refrigeração (condensadores evaporativos), incluindo operações de ar condicionado e de frio alimentar; (5) Arrefecimento de mancais, peças, partes móveis, lubrificantes, rotores e inúmeras máquinas e equipamentos; (6) Resfriamento dos mais variados fluidos (líquidos e gases) em trocadores de calor, etc. (TROVATI, s.d.).

Dependendo da atividade onde se pretende o reúso e também da qualidade dos efluentes, o sistema de tratamento a ser implantado poderá ser mínimo, no caso de uso em torres de resfriamento, caldeiras, preparação e cura de concreto, lavagem de algumas peças, de pisos ou irrigação de áreas verdes de unidades fabris. Ou deverá ser implantado tratamento avançado para a reutilização de efluentes na produção de vapor, lavagem de gases ou uso em processos industriais específicos como na industrial têxtil, produtos químicos, petroquímicos, etc. (da SILVA, 2006 in REBOUÇAS, 2006).

Em indústrias de produtos químicos orgânicos 91% da água consumida é utilizada no resfriamento sem contato, 9% no processo industrial propriamente dito e 1% no uso sanitários e outros (VAN DER LEEDEN, TROISE and TODD, 1990 apud SAUTCHÚK et. Al, s.d.).

Os sistemas de resfriamento são divididos em três tipos: sem recirculação (abertos), com recirculação (semi-abertos) e fechados (“closed systems”) (TROVATI, s.d.).

No sistema sem recirculação não há evaporação ou concentração da água de resfriamento, tendo em vista que a água utilizada retorna para a sua fonte inicial, um reservatório ou lago de onde foi retirada (EPA, 2004).

Os sistemas de resfriamento fechados normalmente são utilizados em instalações pequenas e móveis, normalmente quando a água deve ser mantida em temperaturas menores ou maiores que as obtidas nos sistemas com recirculação. A água é resfriada em um trocador de calor e não tem contato com o fluido de resfriamento, como em sistemas fechados de resfriamento de compressores, instalações de água gelada, instalações de ar condicionado, etc. (TROVATI, s.d.).

Os sistemas de resfriamento com recirculação podem ser por torres de resfriamento ou “sprays ponds”. Nas torres de resfriamento, devido à evaporação há concentração de sais que podem danificar os equipamentos e dessa maneira, periodicamente há o descarte de parte da água utilizada denominada “blow-down”, que deve ser tratada antes de sua disposição final. A recirculação da água nas torres de resfriamento pode ser controlada pela relação entre a concentração de determinado íon na água de descarte e na água de reposição.

Os “sprays ponds” são pequenos lagos ou corpos d’água onde a água quente é direcionada para aspersores fazendo com que a água seja resfriada naturalmente pelo ar que a circunda, produzindo redução de temperatura de -16,11 a -13,33 °C e normalmente são utilizados em plantas de geração de energia, que necessitam de menor redução de temperatura e a água pode ser utilizada em fontes decorativas ou nos sistemas de ar condicionado (EPA, 2004).

Na Tabela 21 é apresentada a qualidade da água recomendada para o resfriamento, segundo Crook (1996) e em algumas cidades americanas.

Tabela 21. Qualidade recomendada para água de resfriamento.

Parâmetro	Concentrações (mg/L)				
	Crook, (1996)	Orlando	Tampa	Los Angeles	São Francisco
Condutividade	-	1200 - 1800	600 - 1500	2000 - 2700	800 - 1200
Cloreto	500 ⁽¹⁾	20 - 40	30 - 80	250 - 350	40 - 200
Sólidos dissolvidos totais	500	VNF	VNF	VNF	VNF
Dureza	650	180 - 200	100 - 120	260 - 450	50 - 180
Alcalinidade	350	150 - 200	60 - 100	140 - 280	30 - 120
pH	6,9 a 9,0	VNF	VNF	VNF	VNF
DQO	75	VNF	VNF	VNF	VNF
Sólidos suspensos totais	100	3 - 5	3 - 5	10 - 45	2 - 10
Turbidez	50	VNF	VNF	VNF	VNF

Parâmetro	Concentrações (mg/L)				
	Crook, (1996)	Orlando	Tampa	Los Angeles	São Francisco
DBO	25	VNF	VNF	VNF	VNF
Compostos Orgânicos (*)	1,0	VNF	VNF	VNF	VNF
Nitrogênio Amoniacal	1,0	10 - 15	5 - 15	4 - 20	2 - 8
Fosfato	4,0	18 - 25	10 - 20	300 - 400	20 - 70
Sílica	50	VNF	VNF	VNF	VNF
Alumínio	0,1	VNF	VNF	VNF	VNF
Ferro	0,5	VNF	VNF	VNF	VNF
Manganês	0,5	VNF	VNF	VNF	VNF
Cálcio	50	VNF	VNF	VNF	VNF
Magnésio	0,5	VNF	VNF	VNF	VNF
Bicarbonato	24	VNF	VNF	VNF	VNF
Sulfato	200	VNF	VNF	VNF	VNF

(*) Substâncias ativas ao azul de metileno.

(1) Em alguns tipos de sistemas esta concentração deve ser menor.

VNF - Valor não fixado.

Fonte: Crook, 1996; EPA, 2004.

Os principais problemas associados à água utilizada nas torres de resfriamento se referem à corrosão dos equipamentos, incrustações, crescimento biológico, formação de espumas e entupimentos, devendo-se observar que tais problemas podem ser provocados tanto pela água de reúso quanto pela água do sistema público (MANCUSO, 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisados os resultados de amostragens dos efluentes brutos e tratados dos sistemas de tratamento antigos no período de Janeiro a Julho/2008 e do sistema de tratamento de efluentes atual no período de Setembro/2008 a Agosto/2011. Foram também verificados os volumes captados de água no período de Janeiro/2008 a Agosto/2011.

A indústria realiza periodicamente monitoramento do sistema de tratamento de efluentes com a coleta semanal de amostras simples dos efluentes brutos e tratados, sendo realizada a análise dos seguintes parâmetros: DBO, DQO, Óleos Graxas, Detergentes, Sólidos em Suspensão Totais e Voláteis e Fenóis. As amostras são coletadas em 5 pontos a saber: Efluente Bruto, Efluente Bruto Industrial Equalizado, Esgoto Doméstico Bruto, Saída do Flotador e Saída do Sistema MBR.

Para a avaliação dos ganhos obtidos pela indústria com a implantação do reúso de água, foram realizadas estimativas dos valores a serem pagos devido a implantação da cobrança pelo uso da água.

3.1 ESTUDO DE CASO: INDÚSTRIA PETROQUÍMICA

A indústria petroquímica objeto do estudo está localizada no município de Mogi das Cruzes e sua principal atividade é a produção de produtos químicos orgânicos, quais sejam: anidrido ftálico, ácido fumárico e plastificantes (CYLM, 2006).

A indústria possui atualmente 202 funcionários e funciona durante 24 horas por dia e 20 dias por mês. Para a elaboração do projeto foram considerados 269 funcionários para a produtividade máxima da indústria.

As principais matérias primas e produtos auxiliares utilizados pela indústria estão apresentados na Tabela 22.

Tabela 22. Matérias primas e produtos auxiliares utilizados no processo produtivo.

Matéria prima / Produtos auxiliares	Quantidade consumida (t)		
	Dia	Mês	Ano
Ácido maleico	8,333	250,00	3.000,00
Ácido adípico	0,972	29,166	350,00
Anidrido ftálico	55,722	1.671,666	20.060,00

Matéria prima / Produtos auxiliares	Quantidade consumida (t)		
	Dia	Mês	Ano
Isoamílico	7,356	220,684	2.648,21
Isobutanol	9,020	270,515	3.247,38
Isodecanol	11,637	349,130	4.189,57
Isononanol	52,207	1.566,234	18.794,81
N-butanol	1,491	44,75	537,00
Octanol	33,239	997,176	11.966,12
Ortoxileno	138,608	4.188,256	50.259,08

Fonte: CYLM, 2006.

Na Tabela 23 estão apresentadas as quantidades de produtos fabricados pela indústria.

Tabela 23. Produtos fabricados.

Matéria prima / Produtos auxiliares	Quantidade produzida (t)		
	Dia	Mês	Ano
Ácido fumárico	7,638	229,166	2.750
Anidrido ftálico	152,777	4.583,333	55.000
Plastificantes	152,777	4.583,333	55.000

Fonte: CYLM, 2006.

Os Fluxogramas dos processos produtivos do Anidrido Ftálico, Ácido Fumárico e Plastificantes estão apresentados nas Figuras 16, 17, e 18, respectivamente.

O abastecimento de água da indústria é realizado por meio de três poços profundos que totalizam vazão média de 17,5 m³/h e de captação superficial no afluente do Ribeirão Oropó de vazão média de 18 m³/h operando em média 20 h/dia, de acordo com a outorga emitida pelo DAEE, totalizando 710 m³/d. De acordo com o projeto do sistema de tratamento implantado, da água captada, 20,00 m³/h são utilizados nas torres de resfriamento, 6,35 m³/h na geração de vapor e 0,96 m³/h no uso doméstico. De acordo com os dados de automonitoramento do período de Setembro/2008 a Agosto/2011 a vazão média total captada foi de 618,68 m³/d e a máxima de 816,93 m³/d. Nas Figuras 19 e 20 estão apresentadas as demandas de água e respectivos usos na geração de vapor e torres de resfriamento.

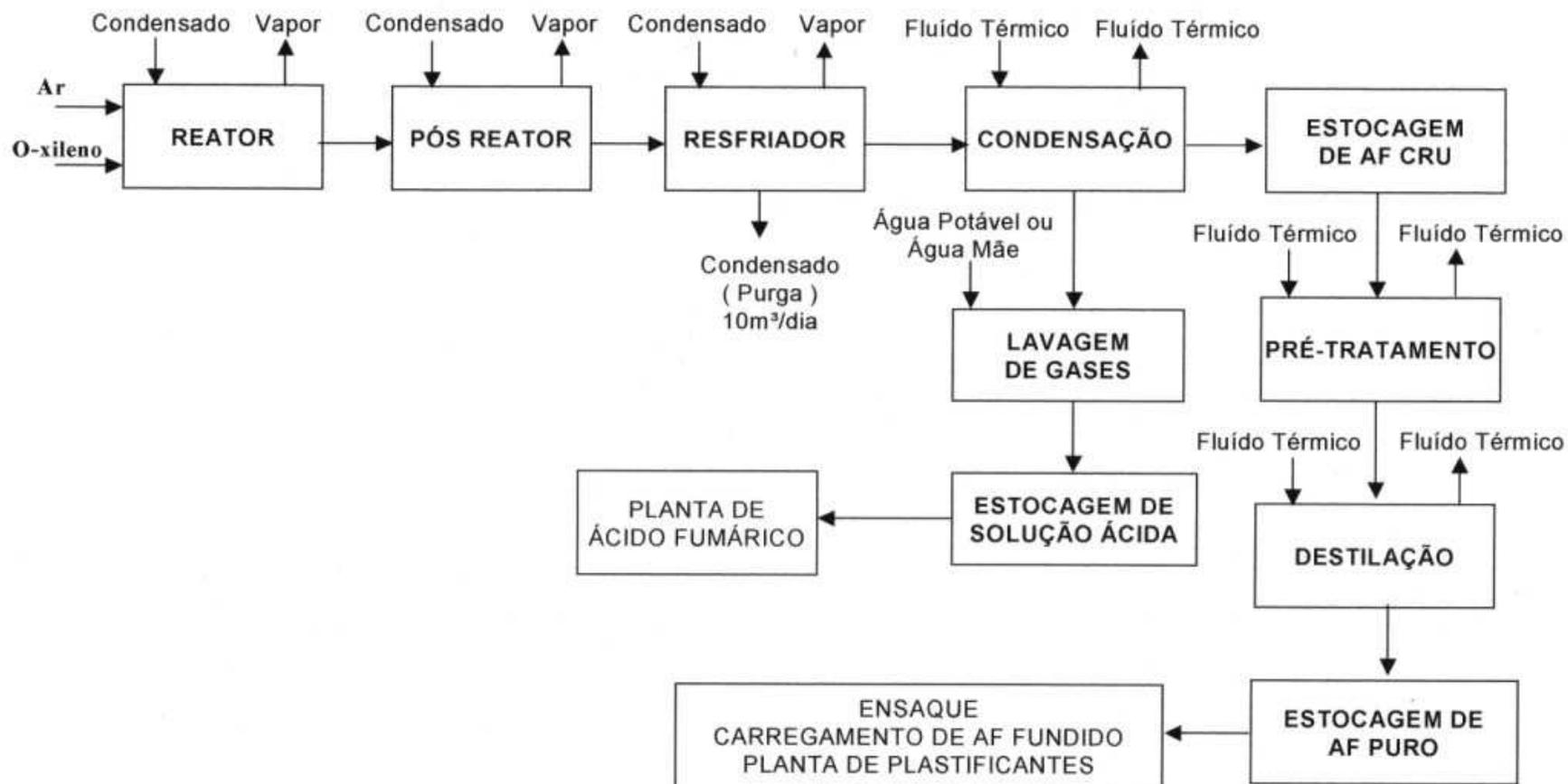


Figura 16. Fluxograma do processo produtivo do Anidrido Ftálico.

Fonte: CYLM, 2006

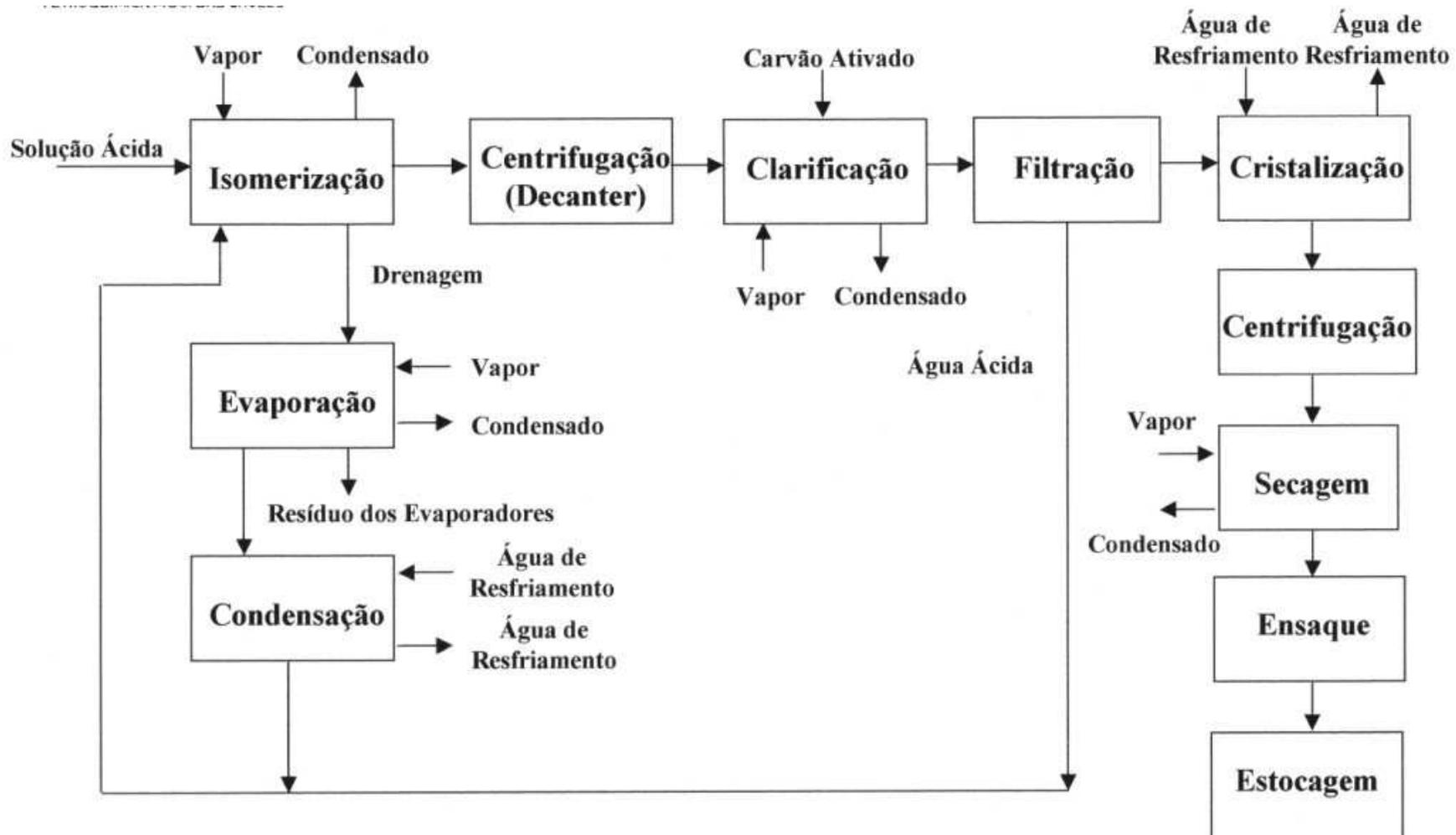


Figura 17. Fluxograma do processo produtivo do Ácido Fumárico.
 Fonte: CYLM, 2006

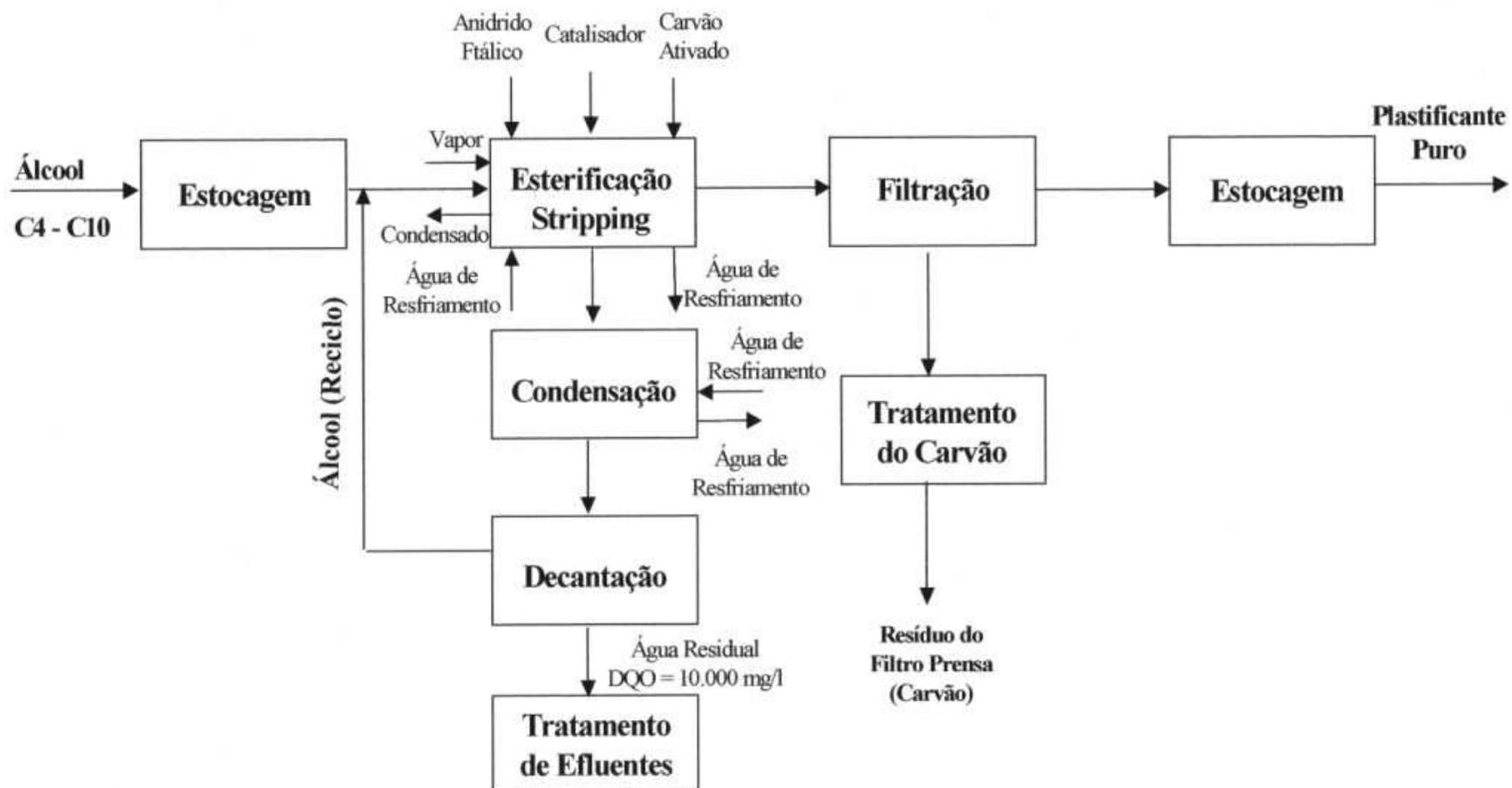
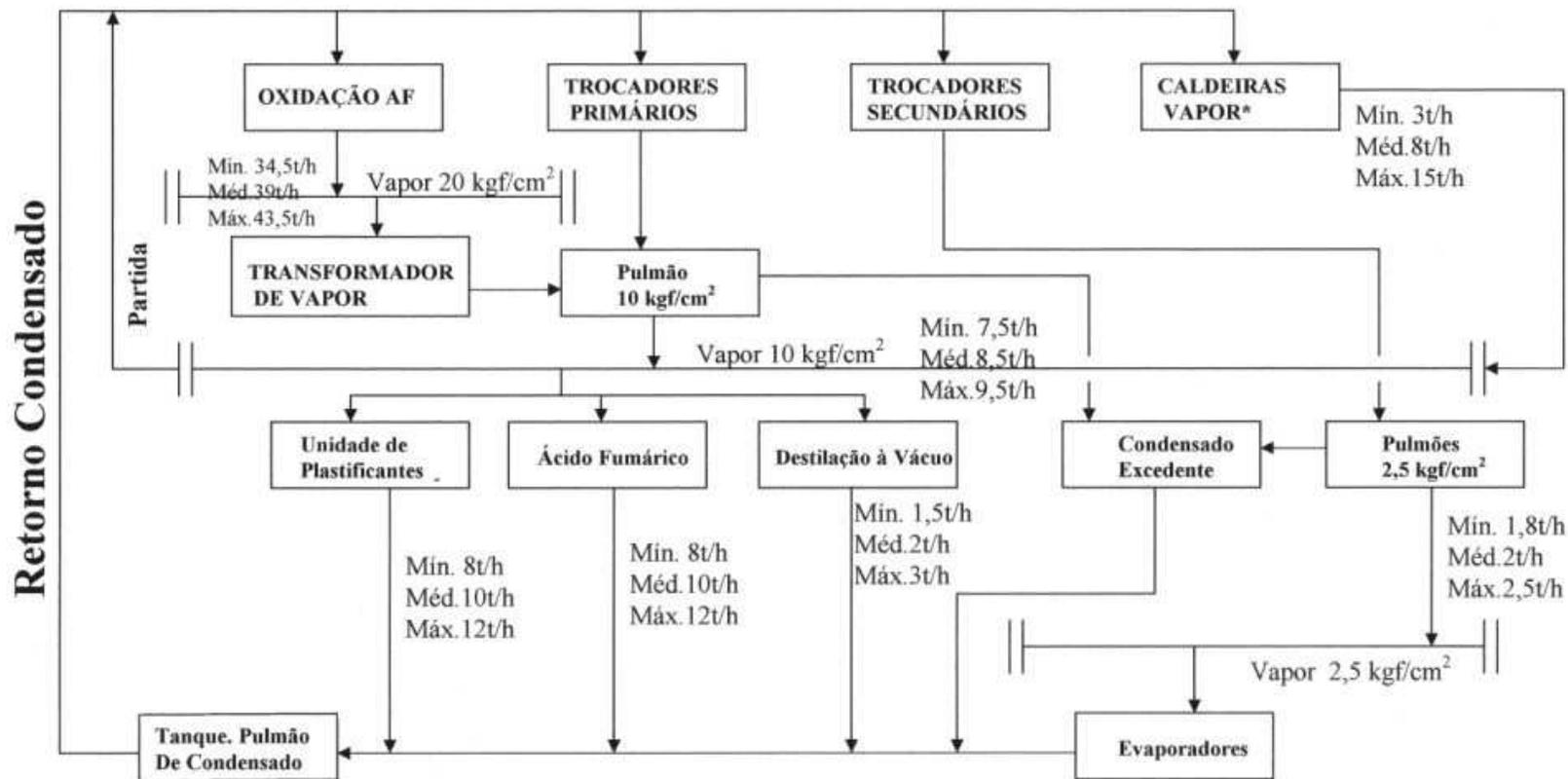


Figura 18. Fluxograma do processo produtivo dos Plastificantes.

Fonte: CYLM, 2006



* Uso somente em cargas baixas e partidas

Figura 19. Rede de vapor e condensado.

Fonte: CYLM, 2006

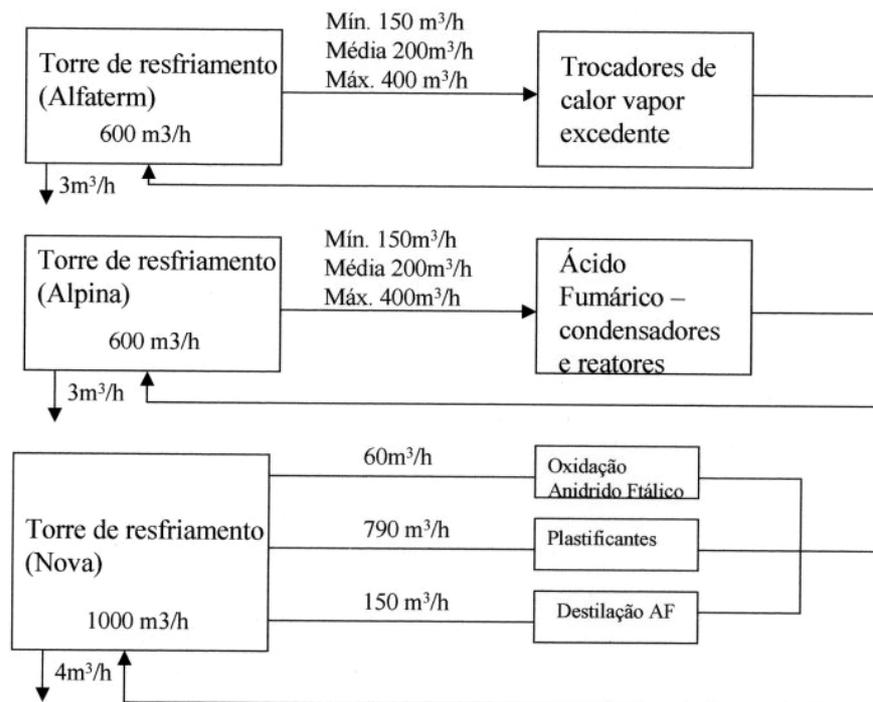


Figura 20. Águas de resfriamento.

Fonte: CYLM, 2006

Os efluentes industriais e esgotos sanitários gerados na indústria eram lançados em um afluente do Ribeirão Oropó após passarem por sistema de tratamento e conforme a outorga emitida pelo DAEE a vazão de efluentes permitida para lançamento é de 165,60 m³/d. De acordo com os dados analisados, a vazão média de efluentes tratados foi de 102,34 m³/d e a máxima foi de 144,23 m³/d.

O balanço hídrico das vazões consideradas no projeto do sistema de tratamento de efluentes da indústria é apresentado na Figura 21.

O afluente do Ribeirão Oropó possui vazão crítica de $Q_{7,10}$ de 345,60 m³/d no ponto de lançamento dos efluentes e de acordo com amostragens realizadas pela Agência Ambiental de Mogi das Cruzes da CETESB no período de 2000 a 2004, estava sendo desenquadrado devido ao lançamento dos efluentes da indústria, conforme apresentado na Tabela 24.

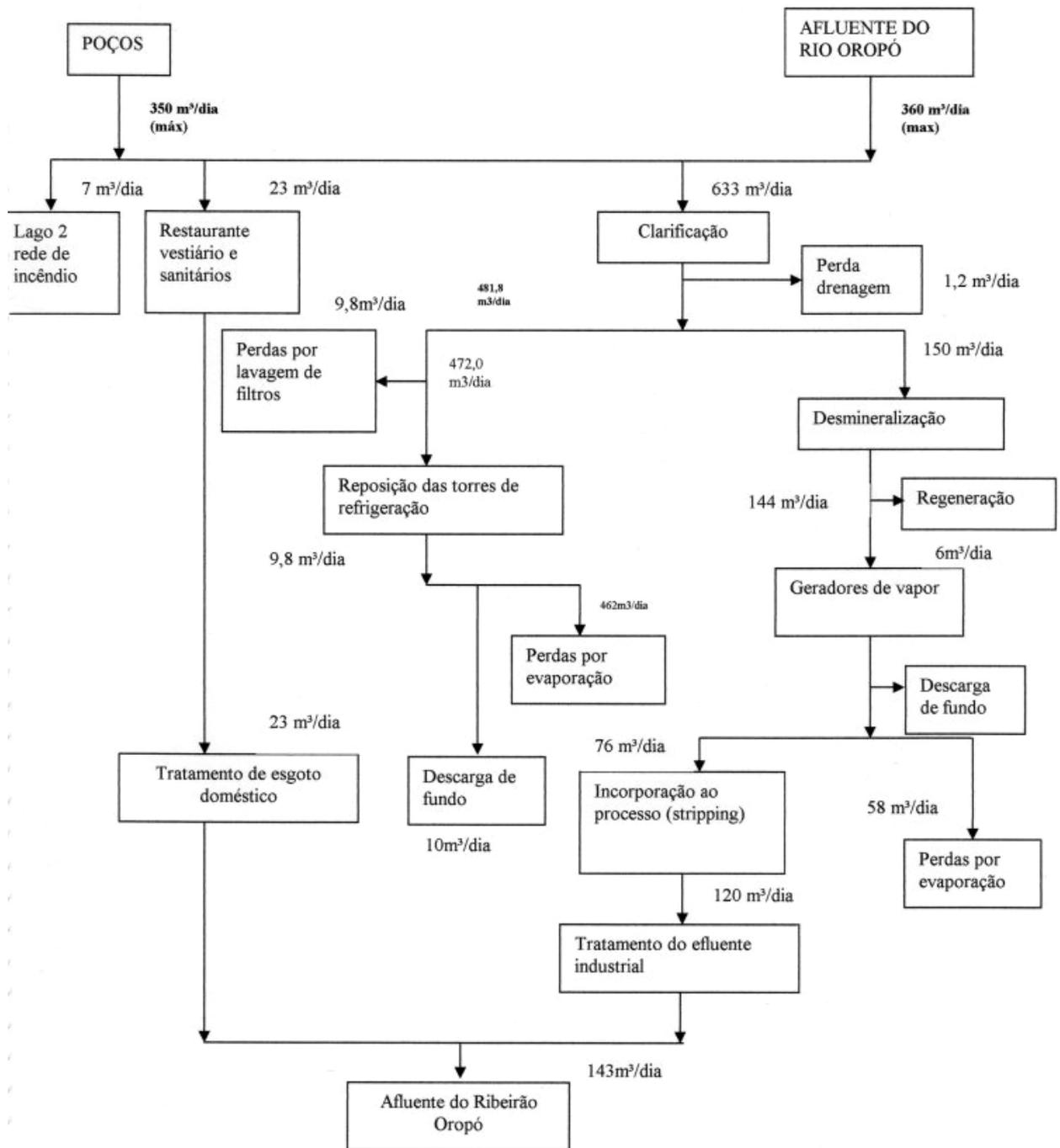


Figura 21. Balanço hídrico.

Fonte: CYLM, 2006.

Tabela 24. Dados de qualidade do afluente do Ribeirão Oropó a jusante do lançamento dos efluentes da indústria.

Parâmetro	14/11/00	17/05/01	04/07/02	01/06/04	Padrão Qualidade	
					Federal	Estadual
DBO (mg O ₂ /L)	137	213	133	17	≤ 10	≤ 10
Fenóis (mg/L)	< 0,003	0,034	0,043	0,005	0,01	0,001
Óleos e graxas (mg/L)	10,6	< 10,0	< 10,0	< 10,0	Virtualmente ausentes	-
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	-	-	3,89	8,80	≥ 4	≥ 4
pH	5,8	6,1	6,24	-	6,0 a 9,0	-

Fonte: CETESB, 2000-2004.

3.1.1 Sistema de Tratamento de Água

A água captada no afluente do Ribeirão Oropó é encaminhada para um Clarificador compacto onde é realizada a dosagem de carbonato de cálcio, sulfato de alumínio e polímero e em seguida é encaminhada para uma Câmara de Floculação com chicanas e depois para Filtro de Areia para a remoção de sólidos em suspensão. O lodo gerado no Clarificador é drenado e encaminhado para aterro sanitário no município de Caieiras. A limpeza do Filtro de Areia é realizada a cada 2 dias em contra fluxo e o efluente / lodo gerado é atualmente encaminhado para um lago localizado na área da indústria e que tem como função o armazenamento de água para proteção contra incêndio (CYLM, 2006).

A produção de água desmineralizada é feita com a água clarificada que passa por Filtro de Carvão Ativado para remoção de cloro e em seguida é encaminhada para Filtro de Resina Catiônica onde ocorre a remoção dos cátions cálcio, magnésio, sódio e potássio presentes na água. Em seguida a água é encaminhada para Filtro de Resina Aniônica para remoção de ânions como sulfato, nitrato, bicarbonato, sílica e gás carbônico.

A limpeza do Filtro de Carvão Ativado é realizada em contra fluxo a cada 5 dias e o lodo, assim como o efluente da retrolavagem do filtro de areia, é encaminhado para o lago localizado na área de indústria. As resinas dos filtros passam por processo de regeneração a cada 15 dias, sendo utilizados ácido clorídrico e hidróxido de sódio diluídos em água desmineralizada.

De acordo com informações da indústria os lodos gerados nos filtros de areia e de carvão ativado serão futuramente encaminhados para tratamento em decantador, sendo o efluente clarificado encaminhado para reúso e o lodo encaminhado para desaguamento juntamente com o lodo do tratamento biológico.

A água captada dos poços profundos é utilizada para o uso doméstico e recebe apenas a adição de hipoclorito de sódio para desinfecção.

3.1.2 Sistema de Tratamento de Efluentes Industriais e Esgotos Sanitários

3.1.2.1 Sistema de Tratamento de Efluentes Antigos

Os efluentes gerados pela indústria eram tratados em sistemas totalmente independentes, sendo os esgotos sanitários tratados em sistema composto por valo de oxidação e decantador secundário e os efluentes industriais tratados em sistema composto de tanque de equalização, separador de óleos e graxas, valo de oxidação e decantador secundário. Dadas as características dos efluentes industriais era necessária a adição de nutrientes (uréia e ácido fosfórico) no valo de oxidação do sistema de tratamento de efluentes industriais para possibilitar o tratamento biológico.

Os dados de automonitoramento do período de Janeiro/2008 a Julho/2008 indicaram que a eficiência média do sistema de tratamento de esgotos sanitários antigo foi de 84,48% e a concentração média de DBO foi 357 mg O₂/L no esgoto bruto e de 26 mg O₂/L no esgoto tratado. A eficiência mínima observada foi de 58,16% resultando em concentração de DBO do efluente tratado de 59 mg O₂/L.

Os dados do sistema de tratamento de efluentes industriais antigo nesse mesmo período indicaram eficiência média de 89,75% e concentração média de DBO de 2.641 mg O₂/L no efluente bruto e 218 mg O₂/L no efluente tratado. A eficiência mínima observada foi de 56,77% e a concentração máxima de DBO no efluente bruto foi de 6.142 mg O₂/L e no tratado foi de 845 mg O₂/L.

Os dados de monitoramento dos sistemas de tratamento antigos e respectivas eficiências estão apresentados na Tabela A1 do Apêndice A.

3.1.2.2 Sistema de Tratamento de Efluentes Atual

Para atendimento à exigência da CETESB de efluente tratado com concentração de DBO máxima de 10 mg O₂/L foi implantado o atual sistema de tratamento que reuniu os efluentes domésticos e industriais em um único sistema, reduzindo assim a necessidade de adição de nutrientes para o tratamento biológico dos efluentes industriais.

O sistema de tratamento é composto por tratamento primário do efluente industrial, tratamento biológico com sistema de lodos ativados modalidade aeração prolongada e polimento com sistema MBR e foi dimensionado para vazão de 120 m³/d de efluentes industriais e 23 m³/d de esgotos sanitários, totalizando 143 m³/d.

O tratamento primário dos efluentes industriais tem início no Tanque de Equalização de Vazão (U8-TQ-002), em seguida são encaminhados para o Tanque de Neutralização (TNE-001) para a correção de pH que é realizada com a adição de soda cáustica a 50%, e Tanque de Coagulação (TCO-001) onde é dosado desemulsificante para a coagulação. Em seguida os efluentes são encaminhados para o Flotador (U8-FD-001) para a remoção de partículas oleosas e sólidos em suspensão e depois seguem para um segundo Tanque de Equalização (U8-TQ-003) que também recebe as águas pluviais contaminadas provenientes da área de armazenamento de produtos químicos, sendo realizada novamente a correção de pH.

Os efluentes equalizados seguem para o Tanque de Aeração que é dividido em três células (U8-RE-01/002/003) e que também recebe os esgotos sanitários gerados na indústria. No Tanque de Aeração é realizada dosagem de nutrientes com a adição de mono amônio fosfato (MAP) como fonte de fósforo e de uréia como fonte de nitrogênio. A aeração é realizada com difusores de ar comprimido do tipo membrana bolhas finas. Em seguida os efluentes são encaminhados para Flotador (FLO-002) para a clarificação do efluente tratado, que é encaminhado para polimento no Sistema MBR, que é composto por um Tanque de Aeração com Membranas de Ultrafiltração (TAM-001) com sistema de aeração de ar comprimido do tipo membrana bolhas finas.

O sistema de lodos ativados foi dimensionado na modalidade de aeração prolongada e o Decantador Secundário como unidade de clarificação do efluente tratado foi substituído por unidade de Flotação.

No Tanque de Aeração com Membranas estão instalados 4 módulos com 150 placas de membranas que possuem área superficial total de 480 m². O dimensionamento do sistema de MBR considerou vazão afluyente ao sistema de 240 m³/d e vazão de permeado de 0,50 m³/m²xd, tendo em vista a eventual contribuição de águas pluviais contaminadas.

Durante a operação do sistema MBR a filtração ocorre durante 2 horas e a retrolavagem em 20 minutos. A limpeza química dos módulos de membranas é realizada a cada 6 meses com solução de hipoclorito de sódio a 0,5% para controle do fouling orgânico. O concentrado das membranas é encaminhado para disposição final juntamente com o lodo em excesso do sistema de lodos ativados.

A limpeza mecânica dos módulos de membranas é realizada a cada 2 anos com a remoção de cada cartucho e limpeza com água corrente e bucha e o efluente gerado nessa operação fica dentro do próprio reator de membrana.

Os módulos de membranas ainda não foram substituídos, entretanto, segundo informações da indústria, 20 cartuchos já apresentam baixa vazão.

O lodo gerado no Flotador (FD-001) do tratamento primário dos efluentes industriais é armazenado em um tanque para ser reutilizado na unidade produtiva de plastificantes e sua produção mensal varia de 5 a 7 m³. O lodo em excesso do tratamento biológico é desidratado em Centrífuga e em seguida é encaminhado para aterro sanitário localizado no município de Caieiras, devidamente licenciado pela CETESB. A geração de lodo biológico é de aproximadamente 7 kg/m³ efluente tratado, que resulta em produção média mensal de 21 toneladas.

A Figura 22 apresenta o fluxograma do sistema de tratamento implantado e a seguir são apresentadas informações do projeto das principais unidades que compõem o sistema de tratamento implantado.

Flotador Físico-Químico (U8-FD-001)

- Vazão do efluente industrial: 5,00 m³/h
- Vazão máxima de reciclo: 1,00 m³/h
- Teor médio de OG na entrada: 428 mg/L
- Teor máximo de OG na saída: < 20 mg/L
- Teor de SST na saída: < 100 mg/L
- Vazão de ar: 2,00 Nm³/h

- Pressão de ar: 6,00 kgf/cm²
- Dimensões:
 - Comprimento: 1,80 m
 - Largura: 0,70 m
 - Altura: 1,70 m

Tanque de Aeração (U8-RE-001/002/003)

- Quant.: 03 células
- Vazão média: 5,96 m³/h
- DBO afluente: 2.852 mg O₂/L
- Carga Orgânica Afluente: 407,80 kg DBO/dia
- Dimensões
 - Largura: 8,20 m
 - Comprimento: 10,20 m
 - Altura total: 6,50 m
 - Altura útil: 6,00 m
- Volume útil por célula: 501,84 m³
- Volume útil total: 1.505,52 m³
- Tempo de detenção: 10,5 dias
- SSTA: 4.000 mg/L
- SSVTA: 3.200 mg/L
- A/M: 0,08 kg DBO/kg SSVTA.dia
- Relação O₂/DBO: 3,0 kg O₂/kg DBO
- O₂ necessário: 1.119,45 kg O₂/dia
- Sistema de aeração: Difusores tipo membrana tubular de bolha fina, 03 (2+1R) Sopradores tipo Roots tri-lobular, Vazão 1.023,2 m³/h, 40 HP
- Densidade de potência: 58,63 W/m³ (considerado uma célula em manutenção e 2 sopradores em funcionamento)
- DBO efluente: 143 mg O₂/L
- Eficiência: ≈ 95%

Flotador Biológico (FLO-002)

- Quant.: 01 un.
- Vazão média: 5,96 m³/h
- Vazão de reciclo de lodo: 1,50 m³/h
- Vazão máxima afluyente no flotador: 20,00 m³/h
- Dimensões:
 - Diâmetro: 2,50 m
 - Altura: 0,60 m
- SSTA: 4.000 mg/L
- Sólidos no lodo adensado: 20.000 mg/L
- Vazão de ar: 12,00 Nm³/h
- Pressão do ar: 8,00 kgf/cm²

Tanque Aeração por Membranas (TAM-001)

- Quant.: 01 un.
- Vazão média: 5,96 m³/h
- DBO afluyente: 143 mg O₂/L
- Carga Orgânica Afluyente: 20,39 kg DBO/dia
- Dimensões
 - Largura: 2,60 m
 - Comprimento: 2,60 m
 - Altura total: 4,50 m
 - Altura útil: 400 m
- Volume útil: 27,04 m³
- Tempo de retenção: 4,5 h
- SSTA: 10.000 mg/L
- SSVTA: 8.000 mg/L
- A/M: 0,09 kg DBO/kg SSVTA.dia
- Relação O₂/DBO: 2,6 kg O₂/kg DBO
- O₂ necessário: 51,37 kg O₂/dia
- Sistema de aeração: Difusores tipo membrana tubular de bolha fina, 02 (1+1R) Sopradores tipo Roots tri-lobular, Vazão 108 m³/h, 7,5 HP

- Densidade de potência: 204 W/m³
 - Quantidade de módulos: 04 un. com 150 placas cada (490 x 1.000 mm)
 - Área de filtragem: 0,80 m²/placa
 - Área de filtragem total: 480 m²
 - Vazão de permeado: 0,50 m³/m²xd
 - Diâmetro dos poros: 0,4 µm
- DBO efluente: ≈ 8,35 mg O₂/L (≤ 10 mg O₂/L)
- Eficiência: ≈ 95%

Centrífuga

- Quant.: 01 un.
- Vazão mássica: 40 kg/h (base seca)
- Vazão: 2 m³/h
- Teor de sólidos na entrada: 1 a 2%
- Teor de sólidos na torta: > 17%
- Volume médio de lodo desaguado: 0,72 m³/d

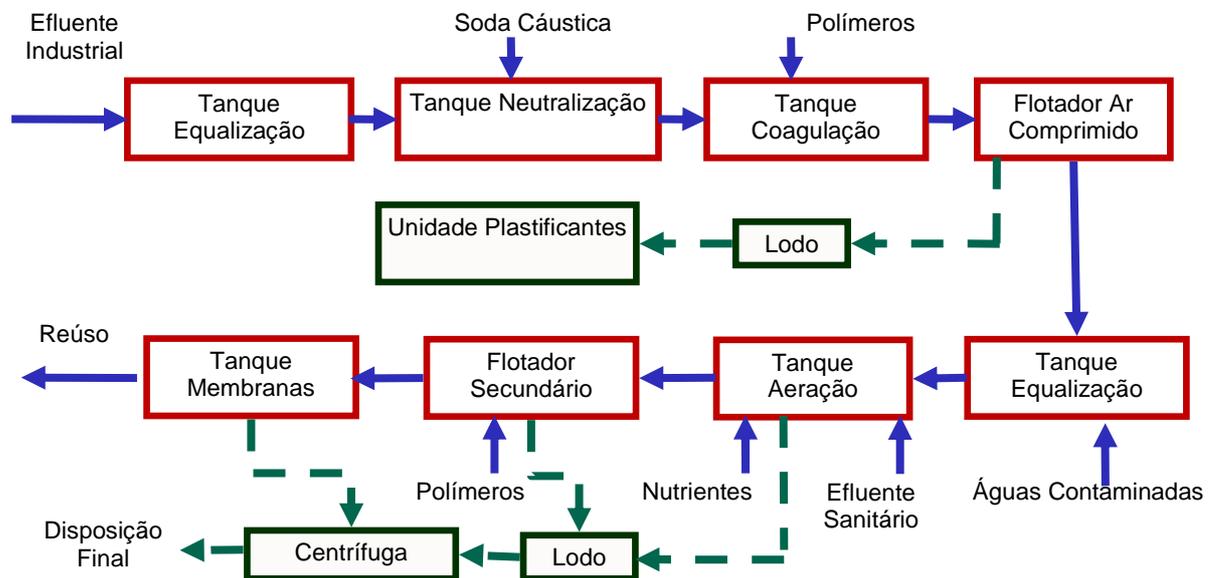


Figura 22. Fluxograma do sistema de tratamento atual.

A Figura 23 apresenta o layout do sistema de tratamento implantado.

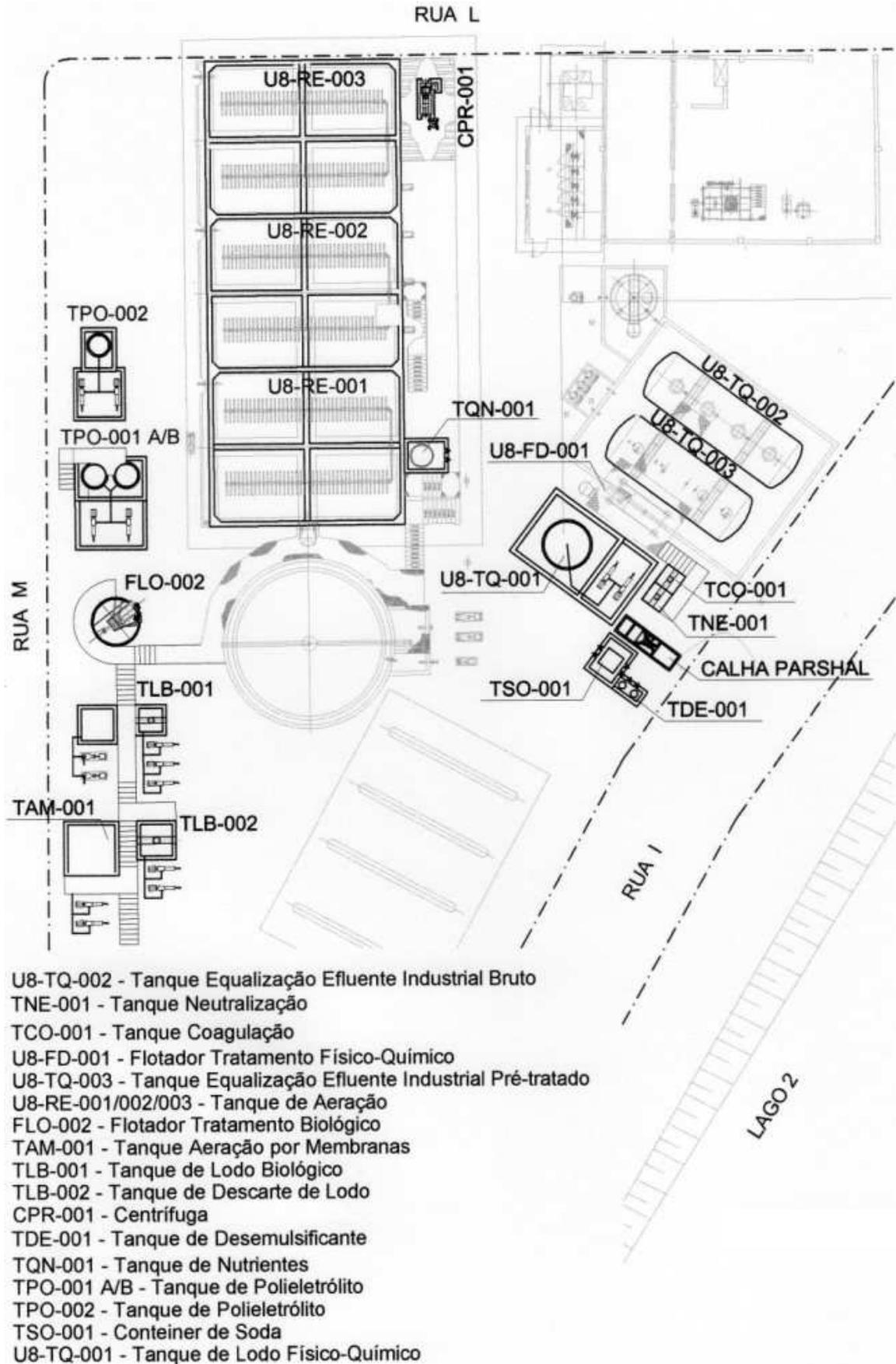


Figura 23. Layout do sistema de tratamento atual.

Fonte: CYLM, 2006.

3.1.3 Reúso de Água

Dadas as características do efluente tratado produzido no sistema de tratamento, desde Dezembro/2009 a indústria deixou de fazer lançamento de seus efluentes no afluente do Ribeirão Oropó e passou a encaminhá-los para serem reutilizados nas torres de resfriamento.

Os efluentes tratados do sistema MBR são encaminhados para as bacias das torres de resfriamento e em seguida são encaminhados diretamente para a reposição da água das torres, sem passar pela estação de tratamento de água.

Conforme dados de monitoramento no período de Janeiro/2008 a Agosto/2011, a demanda média das torres de resfriamento foi de 472,67 m³/d e a máxima de 675,27m³/d.

De acordo com informações da indústria a implantação do sistema de reúso resultou em redução de R\$ 0,35 por m³ de água tratada e de 0,18 m³ de água por tonelada de produto, resultando em redução de 22% do consumo de água.

3.2 CÁLCULO DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA

De acordo com o Decreto nº 50.667/06, o valor da cobrança resultará do produto do volume de água captado, derivado ou extraído e da carga poluidora lançada pelo Preço Unitário Final (PUF). Os volumes de água serão aqueles constantes das outorgas para os usos declarados e as cargas poluidoras serão obtidas nas licenças ambientais ou ainda poderão ser utilizados os valores fornecidos pelo usuário quando da realização do ato convocatório.

O PUF será obtido por meio da multiplicação do Preço Unitário Básico (PUB) por Coeficientes Ponderadores, que tem como objetivo diferenciar os valores cobrados e servir como mecanismo de compensação e incentivo, considerando a qualidade das águas da bacia hidrográfica e a iniciativa de usuários devolverem água com melhor qualidade ao meio ambiente. O valor máximo para o PUF para captação, derivação ou extração de água não poderá ultrapassar o valor de 0,001078 UFESP por metro cúbico de água.

O valor da cobrança pelo lançamento de efluentes será a soma das parcelas referentes a cada parâmetro, não podendo ultrapassar em três vezes o valor

cobrado pelo volume de água captado, derivado ou extraído, desde que estejam sendo atendidos os padrões de emissão de efluentes da legislação ambiental vigente.

Dessa maneira, o valor total da cobrança deve ser realizado utilizando-se a seguinte fórmula, conforme Anexo 1 do Decreto nº 50.667/06.

$$\text{Valor Total da Cobrança} = \sum \text{PUF}_{\text{CAP}} \cdot V_{\text{CAP}} + \sum \text{PUF}_{\text{CONS}} \cdot V_{\text{CONS}} + \sum \text{PUF}_{\text{parâmetro}(x)} \cdot Q_{\text{parâmetro}(x)}$$

onde:

- V_{CAP} = volume total (m³) captado, derivado ou extraído, por uso, no período, em corpos d'água;
- V_{CONS} = volume total (m³) consumido por uso, no período, decorrente de captação, derivação ou extração de água em corpos d'água;
- $Q_{\text{parâmetro}(x)}$ = Valor médio da carga do parâmetro(x) em Kg presente no efluente final lançado, por lançamento, no período, em corpos d'água;
- PUFs = Preços Unitários Finais equivalentes a cada variável considerada na fórmula da cobrança.

Os valores dos Preços Unitários Finais para a Captação, Consumo e Lançamento serão obtidos pelas fórmulas:

$$\text{PUF}_{\text{CAP}} = \text{PUB}_{\text{CAP}} \cdot (X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot \dots \cdot X_{13})$$

$$\text{PUF}_{\text{CONS}} = \text{PUB}_{\text{CONS}} \cdot (X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot \dots \cdot X_{13})$$

$$\text{PUF}_{\text{parâmetro}(x)} = \text{PUB}_{\text{parâmetro}(x)} \cdot (Y_1 \cdot Y_2 \cdot Y_3 \cdot \dots \cdot Y_9)$$

onde:

- PUF_n = Preço Unitário Final correspondente a cada variável n considerada na fórmula da cobrança;
- PUB_n = Preço Unitário Básico definido para cada variável n considerada na fórmula da cobrança.
- X_i = coeficientes ponderadores para captação, extração, derivação e consumo.
- Y_i = coeficientes ponderadores para os parâmetros de carga lançada.

Os valores de n correspondem a:

CAP = captação, extração, derivação;

CONS = consumo;

Parâmetro(x) = lançamento de carga.

As Tabelas 25, 26 e 27 apresentam o resumo dos coeficientes ponderadores a serem aplicados pelo CBH Alto Tietê para Captação, Consumo e Carga Lançada, respectivamente, de acordo com o aprovado pelo Decreto nº 56.503/10.

Tabela 25. Resumo dos coeficientes ponderadores para captação – UGRHI 6 – Alto Tietê.

Característica	Coefic.	Classificação		Valor
a) a natureza do corpo d'água	X ₁	Superficial		1,0
		Subterrânea		1,0
b) a classe de uso preponderante em que estiver enquadrado o corpo d'água no local do uso ou da derivação – Decreto Estadual nº 10.755/77	X ₂	Superficial	Classe 1	1,0
			Classe 2	0,9
			Classe 3	0,9
			Classe 4	0,7
		Subterrânea		1,0
c) a disponibilidade hídrica local	X ₃	Superficial		1,0
		Subterrânea		1,0
d) o volume captado, extraído ou derivado e seu regime de variação	X ₅	Superficial e Subterrâneo		1,0
e) consumo efetivo ou volume consumido	X ₆	Superficial e Subterrâneo		1,0
f) a finalidade do uso	X ₇	Água Superficial		
		Sistema de abastecimento Urbano (público e privado)	Não ter implementado Programa de Redução e Controle de Perdas	1,0
			Ter implementado Programa de Redução e Controle de Perdas (*)	0,8
		Uso Industrial	Não ter implementado Programa de Uso racional da água	1,0
			Ter implementado Programa de Uso racional da água (**)	0,8
		Água Subterrânea		
		Sistema de abastecimento urbano (público e privado)		1,0
		Sistema alternativo	I – Condomínios, Abastecimento público e serviços	1,2
			II – Transporte de água	1,5
		Uso Industrial		1,0
		g) a transposição de bacia	X ₁₃	Existente
Não Existente				1,0

Fonte: Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, 2009.

Tabela 26. Resumo dos coeficientes ponderadores para consumo – UGRHI 6 – Alto Tietê.

Característica	Coefic.	Classificação	Valor	
a) a natureza do corpo d'água	X_1		1,0	
b) a classe de uso preponderante em que estiver enquadrado o corpo d'água no local do uso ou da derivação – Decreto Estadual nº 10.755/77	X_2	Superficial	Classe 1	1,0
			Classe 2	1,0
			Classe 3	1,0
			Classe 4	1,0
		Subterrânea	1,0	
c) a disponibilidade hídrica local	X_3	Superficial e Subterrânea	1,0	
d) o volume captado, extraído ou derivado e seu regime de variação	X_5	Superficial e Subterrâneo	1,0	
e) consumo efetivo ou volume consumido	X_6	Superficial e Subterrâneo	1,0	
f) a finalidade do uso	X_7	Sistema público	1,0	
		Sistema alternativo	1,0	
		Uso Industrial	1,0	
g) a transposição de bacia	X_{13}	Superficial e Subterrâneo	1,0	

Fonte: Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, 2009.

Tabela 27. Resumo dos coeficientes ponderadores para carga lançada – UGRHI 6 – Alto Tietê.

Característica	Coefic.	Subdivisão	Valor
Classe de uso preponderante do corpo receptor	Y_1	Classe 2	1,0
		Classe 3	0,9
		Classe 4	0,9
Carga lançada e seu regime de variação	Y_3	PR ⁽¹⁾ = 80%	1,0
		80% < PR ⁽¹⁾ < 95%	$(31-0,2*PR^{(1)})/15$
		PR ⁽¹⁾ = 95%	$16-0,16*PR^{(1)}$
Natureza da Atividade	Y_4	Sistema Público	1,0
		Sistema Alternativo	1,0
		Industrial	1,0

Obs.: (1) PR = Percentual de remoção.

Fonte: Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, 2009.

O CBH – Alto Tietê adotou os seguintes valores para Preço Unitário Básico:

- Preço unitário básico para captação - $PUB_{CAP} = R\$ 0,01 / m^3$;
- Preço unitário básico para consumo - $PUB_{CONS} = R\$ 0,02 / m^3$;
- Preço unitário básico para lançamento de carga de DBO - $PUB_{Lanç} = R\$ 0,10 / Kg DBO$.

4 RESULTADOS

4.1 ANÁLISE DA OPERAÇÃO DO SISTEMA ATUAL COM RELAÇÃO AO PROJETO

Os dados de vazão dos efluentes brutos e tratados disponibilizados se referem às vazões mensais e para as concentrações de DBO foram disponibilizados os resultados das análises semanais do efluente industrial, do esgoto sanitário, do efluente na saída do flotador e do efluente na saída do sistema MBR. Para a estimativa da concentração de DBO do efluente bruto equalizado foi considerado que os efluentes industriais correspondem a 84% da vazão total dos efluentes gerados e que os esgotos sanitários correspondem a 16%, conforme previsto no projeto do sistema de tratamento. Verificou-se que as vazões de efluentes brutos e tratados são praticamente as mesmas e dessa maneira, mesmo não dispondo das vazões diárias, foi calculada a eficiência do sistema de tratamento considerando-se apenas a concentração de DBO, conforme apresentado na Tabela A2 no Apêndice A. Na Tabela A3 são apresentadas as vazões mensais dos efluentes brutos e tratados e respectivas cargas orgânicas mensais.

Comparando-se os parâmetros utilizados no dimensionamento do sistema de tratamento implantado, verifica-se que a concentração média de DBO no efluente equalizado de 2.358 mg O₂/L está abaixo do valor considerado de 2.852 mg O₂/L, assim como a vazão de efluentes média de 102,34 m³/h é quase 40% menor que a vazão de projeto, resultando em menor carga orgânica afluyente ao sistema.

Um dos parâmetros para controle dos sistemas de tratamento biológico é a concentração de SSV, que corresponde à quantidade de biomassa ativa que está disponível nos tanques de aeração para promover a degradação da matéria orgânica. As concentrações médias de SSV no Tanque de Aeração U8-RE-001, U8-RE-002 e U8-RE003 foram 2.260 mg/L, 1.982 mg/L e 1.988 mg/L, respectivamente, valores que estão abaixo de 3.200 mg/L adotado no projeto. A carga orgânica média afluyente ao sistema foi de 272,88 kg DBO/d, valor inferior à carga de 407,80 kg DBO/d de projeto e dessa maneira a relação A/M que corresponde à relação entre a quantidade de matéria orgânica e a quantidade de biomassa disponíveis foi mantida em 0,09 kg DBO/kg SSVTA.dia, valor muito próximo de 0,08 kg DBO/kg SSVTA.dia

previsto no projeto. Na Tabela A4 no Apêndice A estão apresentadas as concentrações de SSV nos reatores e respectivas relações A/M.

Outro parâmetro de controle é a concentração de SST, que corresponde à quantidade de biomassa presente no tanque de aeração. As concentrações médias de SST nas três células do Tanque de Aeração foram 2.842 mg/L, 2.446 mg/L e 2.498 mg/L e também estão abaixo do valor adotado no projeto que foi de 4.000 mg/L. Na Tabela A5 estão apresentadas as concentrações de SST nos reatores e no efluente tratado do sistema.

A concentração média de SST e de SSV no Tanque de Aeração por Membranas foi de 10.559 mg/L e de 8.142 mg/L, valores muito próximos aos 10.000 mg/L e 8.000 mg/L considerados no projeto, entretanto, a carga orgânica afluenta foi de 5,11 kg DBO/d, valor muito inferior aos 20,39 kg DBO/d considerados no projeto e dessa maneira, a relação A/M média resultante foi de 0,03 kg DBO/kg SSVTA.dia, muito inferior a 0,09 kg DBO/kg SSVTA.dia previsto no projeto. Conforme observado, a disponibilidade de matéria orgânica foi muito menor que a quantidade de biomassa disponível no tanque, resultando em menor eficiência dessa unidade.

4.2 ANÁLISE DOS DADOS DE MONITORAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO EXISTENTE

Foram analisados os resultados de 140 amostragens simples dos efluentes brutos e tratados realizadas no período Setembro/2008 a Agosto/2011, que indicaram elevada eficiência do sistema de tratamento, entretanto, apenas 44% dos resultados, ou seja, 62 amostras, indicaram atendimento à exigência da CETESB de efluente tratado com concentração de DBO ≤ 10 mg O₂/L, conforme apresentado no Figura 24.

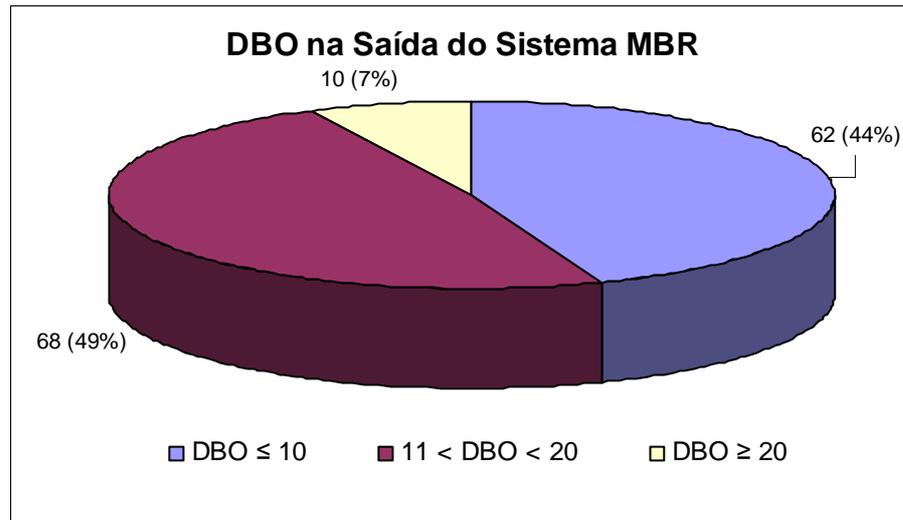


Figura 24. Concentrações de DBO no efluente do Sistema MBR.

Dos 49% dos resultados cuja concentração de DBO ficou entre 11 e 20 mg O₂/L observa-se que quase 60% dos resultados ficaram entre 11 e 12 mg O₂/L, conforme indicado na Figura 25.

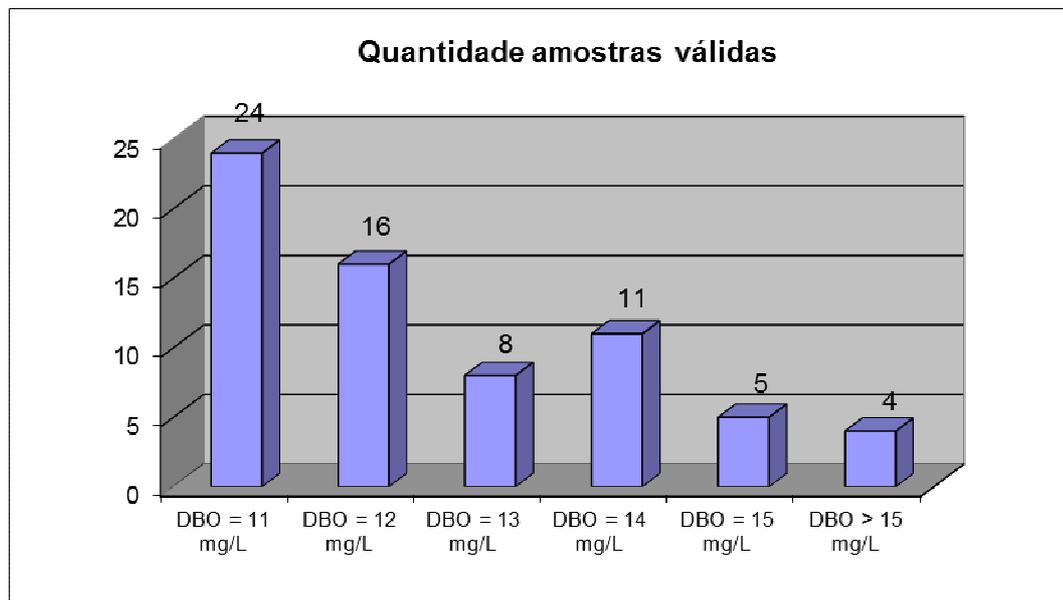


Figura 25. Resultados com DBO entre 11 e 20 mg O₂/L.

O sistema de tratamento apresentou eficiência global superior a 97% em todas as amostragens, sendo que em 133 amostras (95% do total) a eficiência foi superior a 99%.

A eficiência do sistema de lodos ativados, ou seja, na saída do flotador, também foi bastante satisfatória, com valores superiores a 90% em todas as amostragens, sendo verificado que em 96 amostras (68% do total) a eficiência do

sistema ficou entre 97 e 99%, conforme apresentado na Figura 26. A menor eficiência verificada foi de 90,62% e a maior eficiência foi de 99,54%.

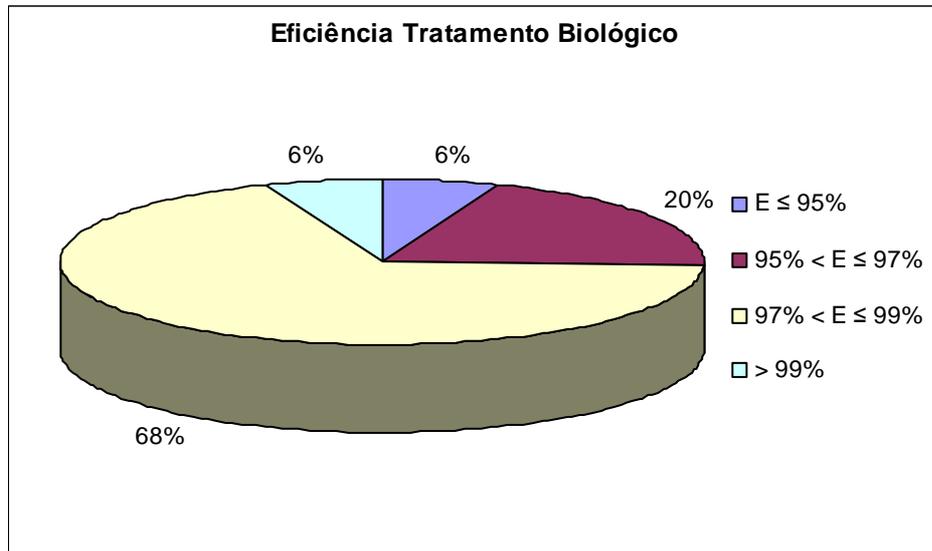


Figura 26. Eficiência do tratamento biológico.

Analisando-se a eficiência do Sistema MBR verificou-se que em 57% dos resultados, a eficiência esteve entre 70 e 80% e em apenas 7% dos resultados a eficiência foi superior a 90%, conforme apresentado na Figura 27. A menor eficiência verificada foi de 33,33% e a maior eficiência foi de 98,15%.

A maior eficiência do sistema de lodos ativados resultou em menor carga orgânica afluente ao sistema MBR, o que pode ter contribuído para sua menor eficiência. De acordo com informações da indústria, no período avaliado também ocorreram algumas alterações no processo produtivo, resultando em efluentes com produtos de cadeia longa de carbono e de difícil degradação, que também contribuiu para a menor eficiência do sistema.

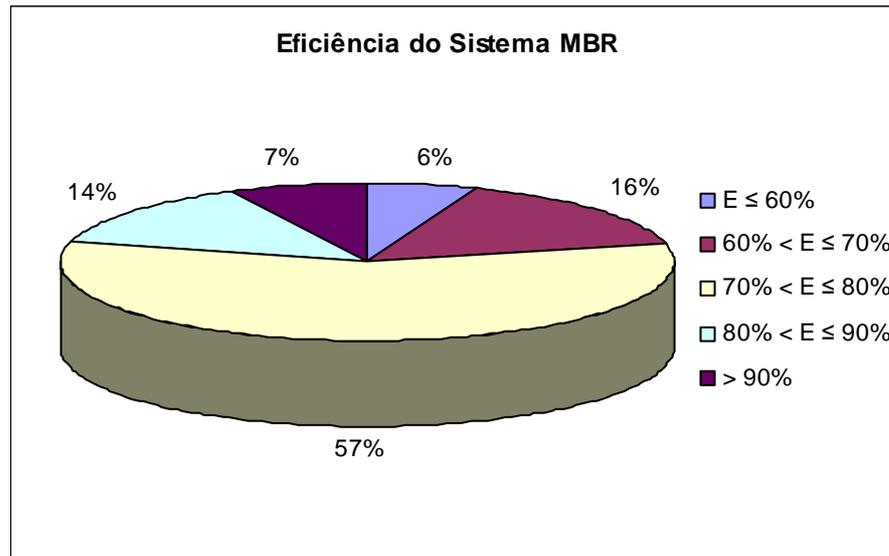


Figura 27. Eficiência do Sistema MBR.

A análise da concentração de sólidos suspensos totais no efluente tratado considerou o resultado de 146 amostras, que indicaram concentração de 3 mg/L em 71 amostras, que corresponde a 48,63%, sendo observado que em 89,04% das amostras a concentração de sólidos foi igual ou menor a 4 mg/L. A bibliografia técnica indica que uma das vantagens dos sistemas MBR é a concentração de sólidos menor que 1 mg/L, entretanto nos resultados observados apenas uma amostra indicou esse valor. As concentrações de SST no efluente tratado, em geral, podem ser consideradas baixas, tendo em vista que a concentração típica de sólidos em efluentes tratados de sistemas de lodos ativados varia de 15 a 20 mg/L e em sistemas com tratamento terciário com filtração a concentração é de 10 mg/L.

4.3 ESTIMATIVA DOS CUSTOS DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA

A cobrança pelo uso da água está sendo implementada na UGRHI 6 e atualmente encontra-se na fase do Ato Convocatório, onde o usuário de água superficial (rios e lagos) ou subterrânea (poços) cadastrado junto ao DAEE, CETESB e em alguns casos Agências de Bacias, deve fornecer informações como vazões horárias, horas de uso por dia, dias de uso, vazões totais mensais, etc. para possibilitar a emissão dos boletos de cobrança.

A Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê disponibilizou em sua página na internet um simulador para auxiliar na estimativa dos valores a serem pagos de acordo com as metodologias aprovadas pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê.

A estimativa dos valores a serem pagos com a cobrança da água foi realizada considerando o tratamento dos efluentes em três situações: (1) Sistemas de tratamento antigos; (2) Sistema de tratamento atual sem reúso e (3) Sistema de tratamento atual com reúso de efluentes. Para os dados de entrada no simulador foram consideradas as vazões e concentrações máximas verificadas nos dados de monitoramento dos sistemas de tratamento e para a eficiência dos referidos sistemas foram consideradas as menores eficiências observadas por corresponderem à situação mais desfavorável e crítica, conforme apresentado na Tabela 28. Para a vazão de efluentes da Situação 1 foi considerada a vazão máxima dos dados de monitoramento para simular os custos da cobrança em cenário mais desfavorável.

Tabela 28. Dados de entrada no simulador da cobrança pelo uso da água.

Informação	Situação 1 (*)	Situação 2 (**)	Situação 3 (***)
Vazão captada (m ³ /d)	934,83	816,93	809,67
Vazão efluentes tratados (m ³ /d)	Efluente industrial: 125,40 Esgoto sanitário: 18,83 ⁽¹⁾	121,87	144,23
Concentração DBO _{5,20} (mg O ₂ /L)	Efluente industrial: 646 Esgoto sanitário: 59	24	26
Eficiência do sistema (%) ⁽²⁾	Tratamento industrial: 56,77 Tratamento sanitário: 58,16	98,60	97,95
Classe do Rio	3	3	3
X ₇ (finalidade uso) ⁽³⁾	1,0	1,0	0,80

(*) Dados do período de Janeiro/2008 a Julho/2008.

(**) Dados do período de Setembro/2008 a Novembro/2009

(***) Dados do período de Dezembro/2009 a Agosto/2011.

(1) Para a estimativa dos esgotos sanitários foi considerada a contribuição de 269 funcionários, conforme considerado no projeto do sistema de tratamento;

(2) Considerado valor mínimo, situação menos favorável;

(3) Uso industrial sem programa de uso racional de água - 1,00 e com programa de uso racional de água - 0,80.

Os valores estimados no simulador estão apresentados na Tabela 29.

Tabela 29. Valores estimados para a cobrança pelo uso da água.

Valor Estimado (R\$)	Situação 1		Situação 2		Situação 3	
	Total Anual	Mensal	Total Anual	Mensal	Total Anual	Mensal
Valor da Captação, Extração e Derivação	897,44		784,25		621,83	
Valor do Consumo	3.794,88		3.336,29		3.194,11	
Valor da Carga Lançada	1.773,78		14,15		26,57	
Valor total anual da cobrança	6.466,10	538,84	4.134,69	344,56	3.815,94(*)	318,00
Progressividade = 1° ao 12° mês => 60% do Valor Total	3.879,66	323,30	2.480,82	206,73	2.289,56	190,80
Progressividade = 13° ao 24° mês => 80% do Valor Total	5.172,88	431,07	3.307,75	275,65	3.052,75	254,40
Progressividade =>25° mês em diante 100% do Valor Total	6.466,10	538,84	4.134,69	344,56	3.815,94	318,00

OBS: 1° mês se refere ao início da cobrança.

(*) Para o valor total a ser pago na Situação 3 foi desconsiderado o valor da carga lançada tendo em vista que os efluentes tratados são reutilizados em sua totalidade nas torres de resfriamento.

Ao se efetuar os cálculos de valores estimados para diversos cenários percebe-se que o simulador considera, equivocadamente, a situação onde o usuário faz captação e reutiliza os efluentes gerados, isto é, quando não há lançamento de efluentes. Leva em consideração que todo o volume de água captado foi consumido, ou seja, o volume de consumo é igual ao volume captado. Quando há lançamento de efluentes, o volume de consumo é igual ao volume de captação de água menos o volume de lançamento e sendo assim o valor a ser pago nessa situação é menor do que quando não há lançamento. Essas considerações não refletem a situação onde o usuário faz reúso dos efluentes, tendo em vista que a eliminação do lançamento dos efluentes está considerada diretamente no volume de captação de água que é reduzido. Dessa maneira, para a estimativa do valor a ser pago na Situação 3 foi calculado o valor da cobrança devido ao lançamento para não alterar equivocadamente o valor referente ao consumo, entretanto, para a estimativa do valor total da cobrança foi desconsiderado o valor de carga lançada tendo em vista que a indústria faz reúso dos seus efluentes.

Das simulações realizadas é possível observar que a implantação de programa de uso racional de água resulta em redução de 20% no custo anual do valor de captação. Observa-se que houve redução significativa nas vazões captadas antes e após a implantação do sistema atual de tratamento, entretanto, após a implantação do sistema de reúso de efluentes a redução nas vazões captadas foi de apenas 0,90%. Dessa maneira comparando-se os custos da Situação 1 e 3, verifica-se que a variação foi de aproximadamente 45% para os custos de captação e 19% para o valor de consumo. Comparando-se os custos entre a Situação 2 e 3, verifica-se redução de aproximadamente 26% para captação e 4% para consumo, entretanto, essa diferença resultou da aplicação do coeficiente que considera a implantação de sistema de reúso e não devido a uma redução significativa nos volumes captados. As vazões captadas e as vazões encaminhadas para as torres de resfriamento estão apresentadas na Tabela A6 no Apêndice A.

O custo estimado para o lançamento de efluentes é diretamente proporcional à eficiência do sistema de tratamento, sendo verificado que o custo do lançamento dos efluentes dos sistemas antigos é quase 67 vezes maior que o custo do lançamento dos efluentes do sistema atual (Situação 3). Os valores de lançamento de efluentes para as Situações 2 e 3, embora considerem o sistema atual, apresentam valores bastante diferentes, tendo em vista que no período de Setembro/2008 a Novembro/2009 o sistema apresentou melhor eficiência em relação ao período posterior de Dezembro/2009 a Agosto/2011.

A comparação dos valores totais das Situações 1 e 3 resulta em diferença de aproximadamente 69,5%, sendo que parte desse valor pode ser atribuído à boa eficiência do sistema de tratamento de efluentes implantado e conseqüente redução das cargas orgânicas que seriam lançadas.

Comparando-se os valores totais das Situações 2 e 3 observa-se diferença de aproximadamente 8,4%, resultante principalmente devido à aplicação do coeficiente diferenciado quando há implantação de programa de uso racional de água e não devido à redução das vazões de captação.

Do ponto de vista de amortização dos investimentos realizados pela indústria para a implantação do sistema atual de tratamento, verifica-se que o valor anual a ser pago, de R\$ 3.815,94, é irrisório diante do custo estimado pela indústria de R\$ 5 milhões que inclui a elaboração do projeto, estação de tratamento piloto e implantação e partida do sistema de tratamento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas de tratamento de efluentes antigos, com a separação das contribuições industriais e sanitárias não apresentavam eficiência satisfatória e dessa maneira, a implantação do sistema de tratamento de efluentes atual resultou em grande melhoria na gestão dos efluentes gerados na indústria. A reunião dos efluentes industriais e sanitários resultou em diminuição na quantidade de nutrientes a serem adicionados para viabilizar o tratamento biológico e proporcionou a implantação de sistema de reúso e eliminação do lançamento de efluentes.

O sistema de tratamento de efluentes atual não está operando conforme o previsto no respectivo projeto, tendo em vista que as vazões e respectivas cargas orgânicas afluentes ao sistema são inferiores às consideradas no dimensionamento do sistema. Entretanto, deve ser ressaltado que a eficiência global do sistema de tratamento, de maneira geral, foi superior ao previsto no projeto.

O sistema MBR operou com eficiência abaixo do esperado, entretanto isso pode ter ocorrido porque houve alterações nas características do efluente industrial e também porque a carga orgânica afluente ao sistema foi menor do que a prevista. As concentrações de SST no efluente tratado foram superiores ao previsto em algumas referências bibliográficas, entretanto, podem ser considerados baixos comparando-se a sistemas convencionais de filtração.

O atendimento à exigência de concentração máxima de DBO de 10 mg O₂/L no efluente tratado foi atendida em 44% das amostras, sendo que grande parte dos resultados indicaram concentrações de DBO entre 11 e 12 mg O₂/L, valores bastante satisfatórios se considerarmos as concentrações de DBO dos efluentes brutos e a eficiência global do sistema superior a 97% em todas as amostras.

A elevada eficiência do sistema de tratamento possibilitou o aproveitamento dos efluentes tratados na reposição das águas utilizadas nas torres de resfriamento e principalmente, a eliminação de lançamento de carga orgânica residual em corpo d'água que estava sendo desenquadrado nos seus padrões de qualidade previstos na legislação ambiental vigente devido ao lançamento da indústria.

A implantação do reúso dos efluentes nas torres de resfriamento da indústria, ao contrário do que era esperado, aparentemente, não resultou em redução significativa das vazões captadas. Entretanto, essa situação pode ter ocorrido devido a um aumento na produção da indústria no período avaliado ou a um aumento das

perdas no sistema de resfriamento, dessa maneira, para uma avaliação mais aprofundada seriam necessárias maiores informações sobre a produtividade da indústria no período avaliado. Deve-se ressaltar que houve redução significativa dos volumes de água captados quando da implantação do atual sistema de tratamento de efluentes.

O reúso de água deve ser incentivado para que os recursos hídricos disponíveis sejam utilizados para fins mais nobres como abastecimento de água potável, entretanto, deve ser avaliado o impacto que essa prática terá no regime hidráulico dos corpos d'água. A constatação de que a implantação do reúso não resultou em redução dos volumes captados pode indicar problemas com o balanço hídrico do afluente do Ribeirão Oropó, visto que o volume de água retirado não retorna na forma de efluentes e dessa maneira poderá ocorrer redução das vazões do corpo d'água a jusante do local de captação.

As simulações da cobrança pelo uso da água evidenciaram a influência da implantação de sistemas de reúso e da eficiência dos sistemas de tratamento nos valores a serem pagos pelo empreendedor. Considerando os preços unitários básicos estabelecidos pelo CBH - Alto Tietê, o valor a ser pago pela indústria é relativamente baixo se comparado com o investimento realizado para a implantação do sistema de tratamento de efluentes atual. Entretanto, a cobrança pelo uso da água deve ser vista não apenas como um mecanismo de gestão dos recursos hídricos, no que diz respeito a quantidade, mas também um aliado na melhoria e manutenção da qualidade dos corpos d'água.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília. 2007. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/CatalogoPublicacoes_2007.asp>. Acesso em: 04 out. 2011.

BOLDMAN, P.; LATZ, M. Ceramic Membranes and their application in food and beverage processing. *Filtration & Separation* 37:36-38, 2000 apud SCHNEIDER, R. P.; TSUTYA, M. **Membranas Filtrantes para o Tratamento de Água, Esgoto e Água de Reúso**. São Paulo: ABES, 2001.

BRASIL. **Lei n. 9.433**, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. **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. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2011.

BRASIL. **Resolução CONAMA n. 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 03 jun. 2011.

CAVALCANTI, J. E. W. de A. **Manual de Tratamento de Efluentes Industriais**. São Paulo: Engenho Editora Técnica Ltda., 2009.

CARDOT, C. Lês Traitements de L'eau. Ellipse: Édition Marketing, 1999 apud SCHNEIDER, R. P.; TSUTYA, M. **Membranas Filtrantes para o Tratamento de Água, Esgoto e Água de Reúso**. São Paulo: ABES, 2001.

CYLM ASSESSORIA, CONSULTORIA E PROJETOS AMBIENTAIS. **Projeto Básico do Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos Industriais e Sanitários**. São Paulo. 2006. 2v.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Amostragens realizadas no afluente do Ribeirão Oropó**. São Paulo. 2000-2004.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de Qualidade de Águas Interiores – 2008**. São Paulo. 2009. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>>. Acesso em: 17 ago. 2011.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo – 2009**. São Paulo. 2010. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>>. Acesso em: 17 ago. 2011.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo – 2010**. São Paulo. 2011. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>>. Acesso em: 17 ago. 2011.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo – 2011**. São Paulo. 2012. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>>. Acesso em: 17 ago. 2011.

COORDENADORIA DE RECURSOS HÍDRICOS – CORHI. **Situação dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo - Ano Base 2008 - Minuta**. São Paulo. 2010.

DA SILVA, G. A.; KULAY, L.A. Água na Indústria. In: REBOUÇAS, AL. DA C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil - Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 3ª Edição. São Paulo: Escrituras, 2006.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE. **Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004 – 2007. Relatório Síntese**. São Paulo. 2005. Disponível em: <http://www.dae.sp.gov.br/acervoepesquisa/perh/perh2204_2207/perh20042007.htm>. Acesso em: 06 out. 2011.

DEZOTI, M. et al. **Processos e Técnicas para o Controle Ambiental de Efluentes Líquidos**. Rio de Janeiro: E-papers, 2008.

FUNDAÇÃO AGÊNCIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ. **Relatório: Estudo de Fundamentos para à implementação da Cobrança pelo Uso da Água na UGRHI 6**. São Paulo. 2009. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/cobranca/pdf/fundamentacao_cobranca_04.pdf>. Acesso em: 06 out. 2011.

FUNDAÇÃO AGÊNCIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ. **Simulador para a Cobrança**. Disponível em: <http://www.fabhat.org.br/site/images/docs/cobran%E7a%20alto%20tiet%EA_simula%E7%E3o.xls>. Acesso em: 19 out. 2011.

GE POWER WATER. **Catálogo Soluções que se ajustam às suas necessidades**. BOLETIM 1036BR. 2011.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Lei n. 997**, de 31 de maio de 1976. Dispõe sobre o Controle da Poluição do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/documentos/lei_997_1976.pdf>. Acesso em: 17 out. 2011.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Decreto n. 8468**, de 08 de setembro de 1976. Regulamenta a Lei n. 997 de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Disponível em: <

<http://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/documentos/Dec8468.pdf>>. Acesso em: 03/06/2011.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Decreto n. 10.755**, de 22 de novembro de 1977. Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976 e da providências correlatas. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/211018/decreto-10755-77-sao-paulo-sp>>. Acesso em: 04/06/2012.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Lei n 7.663**, de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/180981/lei-7663-91-sao-paulo-sp>>. Acesso em: 17 out. 2011.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Lei n. 12.183**, de 29 de dezembro de 2005. Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo, os procedimentos para fixação dos seus limites, condicionantes e valores e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.daee.sp.gov.br/legislacao/arquivos/715/LE12183.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2011.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Decreto n. 50.667**, de 30 de março de 2006. Regulamenta dispositivos da Lei nº 12.183 de 29 de dezembro de 2005, que trata da cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo, e dá providências correlatas. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/busca?q=decreto+50667&s=legislacao>>. Acesso em: 03 jun. 2011.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Decreto n. 56.503**, de 09 de dezembro de 2010. Aprova e fixa os valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos de domínio do Estado de São Paulo na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Disponível

em:<<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/1026077/decreto-56503-10-sao-paulo-sp>>. Acesso em: 19 out. 2011.

INDÚSTRIA PETROQUÍMICA. **Apresentação da Estação de Tratamento de Efluentes**. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse.pdf>>. Acesso em: 25 jul.2012.

JORDÃO, E.P; PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Sanitários**. 4ª edição. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

KUBOTA MEMBRANE EUROPE LTD. **Catálogo Módulo de Membranas Submerso**. 2005

MANCUSO, P. S. et. al. **Reúso de Água**. Barueri: Editora Manole, 2003.

MAYS, L. W. Water Resources: an introduction. In: water resources handbook. New York: McGraw-Hill, 1996 apud MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na Indústria: Uso Racional e Reúso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na Indústria: Uso Racional e Reúso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

NORIT **Catálogo Process Water - X-Flow**. 2008.

NUVOLARI, A.; COSTA, R. H. P. G. Capítulo 6 Tratamento de Efluentes. In: TELLES, D. A; COSTA, R. H. P. G. **Reúso de Água: Conceitos, Teorias e Práticas**. 2ª Edição. São Paulo: Editora Blücher/FAT, 2010.

PINNEKAMP, J.; FRIEDRICH, H. **Membrane Technology for Waste Water Treatment**. Aachen: FiW Verlag, 2006.

REBOUÇAS, AL. DA C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil - Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 3ª Edição. São Paulo: Escrituras, 2006.

RIGWAY, H.F.; FLAMMING, H.C. Membrane Biofouling. In Water Treatment Membrane Process (Mallevalle, J.; Odendaal, P.E.; Wiesner, M.R., eds) pp. 6.1-6.62. McGraw Hill: New York, 1996 apud SCHNEIDER, R. P.; TSUTYA, M. **Membranas Filtrantes para o Tratamento de Água, Esgoto e Água de Reúso**. São Paulo: ABES, 2001.

SAUTCHUK, C. et. al. **Conservação e Reúso de Água: Manual de Orientações para o Setor Industrial**. São Paulo: FIESP/CIESP, s.d.

SCHÄFER, A. I. Natural organics removal using membranes. Phd thesis, 410pp. UNESCO Center for Membrane Science and Technology, University of New South Wales, Sydney, NSW, Australia, 1999 apud SCHNEIDER, R. P.; TSUTYA, M. **Membranas Filtrantes para o Tratamento de Água, Esgoto e Água de Reúso**. São Paulo: ABES, 2001.

SCHNEIDER, R. P.; TSUTYA, M. **Membranas Filtrantes para o Tratamento de Água, Esgoto e Água de Reúso**. São Paulo: ABES, 2001.

SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS - SIGRHI. **Cobrança pelo Usos dos Recursos Hídricos – Panorama no Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/cobranca/panorama.html>>. Acesso em: 06 out. 2011.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F. L. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse**. 3ª Edição. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1991.

TELLES, D. A.; COSTA, R. H. P. G. **Reúso de Água: Conceitos, Teorias e Práticas**. 2ª Edição. São Paulo: Editora Blücher/FAT, 2010.

TORRES, A.P. Avaliação de tecnologias visando ao reúso de efluentes. **Efluentes Hídricos: Resultados em P&D**, Rio de Janeiro, n. 5. ago.2004

TRATAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES, 2008. apud NUVOLARI, A.; COSTA, R. H. P. G. Capítulo 6 Tratamento de Efluentes. In: TELLES, D. A; COSTA, R. H. P. G. **Reúso de Água: Conceitos, Teorias e Práticas**. 2ª Edição. São Paulo: Editora Blücher/FAT, 2010.

TROVATI, J. **Tratamento de Água de Resfriamento**. Curso on-line. s.d. Disponível em: <http://www.snatural.com.br/PDF_arquivos/Torre-Caldeira-Tratamento-Agua.pdf> Acesso em: 02 mai. 2012.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for Water Reuse**. Washington: Camp Dresser & McKee, Inc., 2004.

VAN DER LEEDEN, F.; TROISE, F.L.; TODD, D.K. The Water Encyclopedia. 2ª Edição. Chelsea: Lewis Publishers, 1990 apud SAUTCHUK, C. et. al. **Conservação e Reúso de Água: Manual de Orientações para o Setor Industrial**. São Paulo: FIESP/CIESP, s.d.

VAN HAANDEL, A.C.; VAN DER LUBBE, J. G. M. **Handbook of Biological Wastewater Treatment**. 2ª Edição. Londres: IWA, 2012.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 3ª Edição. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

WRI (World Resources Institute). World Resources 2002-2004 decisions for the Earth: balance, voice and power. Washington D.C, 2003 apud MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na Indústria: Uso Racional e Reúso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

APÊNDICE A

Dados de Automonitoramento do Sistema de Tratamento de Efluentes Antigo e Atual

TABELA A1. Concentrações de $DBO_{5,20}$ expressas em mg/L e Eficiência dos Sistemas de Tratamento de Efluentes Industriais e Sanitários Antigos da Indústria Petroquímica localizada em Mogi das Cruzes

Data	Tratamento de Efluentes Industriais			Tratamento de Esgotos Sanitários		
	Ent. Vet	Saída Vet.	Eficiência (%)	Ent. Dom.	Saída Dom.	Eficiência (%)
09/01/08	3.840	230	94,01	292	21	92,81
23/01/08	2.804	141	94,97	211	19	91,00
06/02/08	1.910	118	93,82	141	59	58,16
20/02/08	1.983	130	93,44	133	28	78,95
27/02/08	1.330	52	96,09	163	49	69,94
05/03/08	1.330	41	96,92	355	30	91,55
12/03/08	1.995	71	96,44	370	34	90,81
19/03/08	2.840	646	77,25	103	23	77,67
26/03/08	1.418	613	56,77	81	26	67,90
16/04/08	1.911	284	85,14	154	58	62,34
23/04/08	6.142	311	94,94	56	19	66,07
30/04/08	1.735	113	93,49	211	16	92,42
07/05/08	5.215	410	92,14	398	16	95,98
14/05/08	2.652	215	91,89	120	23	80,83
21/05/08	845	289	65,80	219	16	92,69
28/05/08	5.895	58	99,02	2.892	18	99,38
04/06/08	2.804	76	97,29	281	15	94,66
11/06/08	1.901	80	95,79	604	23	96,19
18/06/08	4.453	263	94,09	291	20	93,13
25/06/08	1.913	308	83,90	344	17	95,06
02/07/08	1.819	123	93,24	91	18	80,22
16/07/08	1.899	203	89,31	602	24	96,01
23/07/08	2.105	244	88,41	101	21	79,21
Média	2.641	218	89,75	357	26	84,48
Mínimo	845	41	56,77	56	15	58,16
Máximo	6.142	646	99,02	2.892	59	99,38

TABELA A2. Concentrações de DBO_{5,20} expressas em mg/L e Eficiência do Sistema de Tratamento Atual da Indústria Petroquímica localizada em Mogi das Cruzes

Data	Efluente Industrial Equalizado	Esgoto Domestico	Esgoto Bruto Equalizado	Saída Flotador	Saída Membranas	Eficiência (%)		
						Global	Tratamento Biológico	Reator MBR
03/09/08	1.717	569	1.532	101	24	98,43	93,41	76,24
10/09/08	3.446	262	2.933	59	2	99,93	97,99	96,61
17/09/08	1.676	259	1.448	97	6	99,59	93,30	93,81
24/09/08	1.851	258	1.594	108	2	99,87	93,23	98,15
01/10/08	1.679	604	1.506	73	3	99,80	95,15	95,89
08/10/08	2.799	203	2.381	74	8	99,66	96,89	89,19
15/10/08	1.748	688	1.577	148	12	99,24	90,62	91,89
22/10/08	1.169	383	1.042	71	6	99,42	93,19	91,55
29/10/08	2.635	336	2.265	64	5	99,78	97,17	92,19
05/11/08	1.393	402	1.233	56	6	99,51	95,46	89,29
12/11/08	2.404	208	2.050	81	8	99,61	96,05	90,12
19/11/08	1.905	244	1.637	51	7	99,57	96,89	86,27
26/11/08	2.879	305	2.464	48	10	99,59	98,05	79,17
03/12/08	1.639	178	1.404	42	2	99,86	97,01	95,24
10/12/08	2.882	454	2.491	47	2	99,92	98,11	95,74
17/12/08	N.D.	N.D.	-	N.D.	N.D.	-	-	-
07/01/09	-	-	-	-	-	-	-	-
14/01/09	4.557	230	3.860	40	7	99,82	98,96	82,50
21/01/09	2.860	292	2.446	39	9	99,63	98,41	76,92
28/01/09	2.546	165	2.162	51	10	99,54	97,64	80,39
04/02/09	2.686	111	2.271	45	11	99,52	98,02	75,56
11/02/09	2.296	60	1.936	62	12	99,38	96,80	80,65
18/02/09	1.476	87	1.252	43	11	99,12	96,57	74,42
25/02/09	3.034	149	2.569	38	9	99,65	98,52	76,32
04/03/09	3.320	166	2.812	38	10	99,64	98,65	73,68
11/03/09	1.981	127	1.682	34	12	99,29	97,98	64,71
18/03/09	1.670	200	1.433	20	9	99,37	98,60	55,00
25/03/09	2.675	211	2.278	28	12	99,47	98,77	57,14
01/04/09	4.366	584	3.757	34	14	99,63	99,09	58,82
08/04/09	4.063	454	3.482	36	12	99,66	98,97	66,67
15/04/09	4.340	372	3.701	49	15	99,59	98,68	69,39
22/04/09	4.509	503	3.864	40	13	99,66	98,96	67,50
29/04/09	6.229	572	5.318	33	11	99,79	99,38	66,67
06/05/09	7.764	668	6.621	36	14	99,79	99,46	61,11
13/05/09	4.245	633	3.663	73	15	99,59	98,01	79,45
20/05/09	3.364	713	2.937	66	24	99,18	97,75	63,64
27/05/09	6.415	910	5.528	55	24	99,57	99,01	56,36
03/06/09	8.411	510	7.138	69	22	99,69	99,03	68,12
10/06/09	2.034	938	1.857	80	18	99,03	95,69	77,50
17/06/09	4.462	803	3.873	69	21	99,46	98,22	69,57
24/06/09	2.500	858	2.236	49	21	99,06	97,81	57,14
01/07/09	N.D.	N.D.	-	N.D.	N.D.	-	-	-

TABELA A2. Concentrações de DBO_{5,20} expressas em mg/L e Eficiência do Sistema de Tratamento Atual da Indústria Petroquímica localizada em Mogi das Cruzes

Data	Efluente Industrial Equalizado	Esgoto Domestico	Esgoto Bruto Equalizado	Saída Flotador	Saída Membranas	Eficiência (%)		
						Global	Tratamento Biológico	Reator MBR
08/07/09	2.759	522	2.399	69	22	99,08	97,12	68,12
15/07/09	2.836	200	2.411	57	18	99,25	97,64	68,42
22/07/09	*	*	-	*	*	-	-	-
29/07/09	2.944	247	2.510	60	23	99,08	97,61	61,67
05/08/09	3.407	392	2.921	41	14	99,52	98,60	65,85
12/08/09	3.678	460	3.160	38	16	99,49	98,80	57,89
19/08/09	N.D.	N.D.	-	N.D.	N.D.	-	-	-
26/08/09	2.536	422	2.195	48	14	99,36	97,81	70,83
02/09/09	4.803	380	4.091	46	15	99,63	98,88	67,39
09/09/09	2.173	314	1.874	53	18	99,04	97,17	66,04
16/09/09	3.053	302	2.610	58	14	99,46	97,78	75,86
23/09/09	3.093	380	2.656	52	14	99,47	98,04	73,08
30/09/09	2.716	629	2.380	69	14	99,41	97,10	79,71
07/10/09	2.898	539	2.518	53	14	99,44	97,90	73,58
14/10/09	2.663	404	2.299	54	13	99,43	97,65	75,93
21/10/09	2.128	278	1.830	55	12	99,34	96,99	78,18
28/10/09	2.662	472	2.309	39	11	99,52	98,31	71,79
04/11/09	1.871	252	1.610	38	11	99,32	97,64	71,05
11/11/09	2.502	348	2.155	42	14	99,35	98,05	66,67
18/11/09	1.700	460	1.500	32	13	99,13	97,87	59,38
25/11/09	1.216	277	1.065	40	13	98,78	96,24	67,50
02/12/09	1.130	250	988	39	11	98,89	96,05	71,79
09/12/09	2.327	233	1.990	35	10	99,50	98,24	71,43
16/12/09	1.927	568	1.708	52	11	99,36	96,96	78,85
23/12/09	2.080	291	1.792	44	10	99,44	97,54	77,27
30/12/09	1.919	246	1.650	50	11	99,33	96,97	78,00
06/01/10	2.722	231	2.321	39	10	99,57	98,32	74,36
13/01/10	2.746	251	2.344	45	10	99,57	98,08	77,78
20/01/10	1.774	262	1.530	35	10	99,35	97,71	71,43
27/01/10	2.089	192	1.783	39	9	99,50	97,81	76,92
03/02/10	1.741	273	1.505	40	10	99,34	97,34	75,00
10/02/10	2.262	235	1.936	38	9	99,54	98,04	76,32
17/02/10	5.918	275	5.009	23	9	99,82	99,54	60,87
24/02/10	1.680	450	1.482	36	10	99,33	97,57	72,22
03/03/10	1.267	180	1.092	39	26	97,62	96,43	33,33
10/03/10	2.433	267	2.084	45	9	99,57	97,84	80,00
17/03/10	2.530	191	2.153	46	10	99,54	97,86	78,26
24/03/10	3.719	266	3.163	38	9	99,72	98,80	76,32
31/03/10	2.703	142	2.290	37	7	99,69	98,38	81,08
07/04/10	3.249	233	2.763	45	10	99,64	98,37	77,78
14/04/10	2.501	151	2.122	41	9	99,58	98,07	78,05
28/04/10	1.103	120	945	40	9	99,05	95,77	77,50

TABELA A2. Concentrações de DBO_{5,20} expressas em mg/L e Eficiência do Sistema de Tratamento Atual da Indústria Petroquímica localizada em Mogi das Cruzes

Data	Efluente Industrial Equalizado	Esgoto Domestico	Esgoto Bruto Equalizado	Saída Flotador	Saída Membranas	Eficiência (%)		
						Global	Tratamento Biológico	Reator MBR
05/05/10	2.288	507	2.001	47	15	99,25	97,65	68,09
12/05/10	2.553	286	2.188	34	12	99,45	98,45	64,71
19/05/10	1.581	270	1.370	48	15	98,90	96,50	68,75
26/05/10	2.771	1.357	2.543	48	14	99,45	98,11	70,83
02/06/10	3.643	236	3.094	43	11	99,64	98,61	74,42
23/06/10	2.814	198	2.393	61	11	99,54	97,45	81,97
30/06/10	2.980	218	2.535	58	11	99,57	97,71	81,03
07/07/10	1.816	199	1.556	43	11	99,29	97,24	74,42
14/07/10	2.010	212	1.720	78	14	99,19	95,47	82,05
21/07/10	1.715	227	1.475	49	12	99,19	96,68	75,51
28/07/10	2.826	293	2.418	44	11	99,55	98,18	75,00
04/08/10	4.400	281	3.737	48	10	99,73	98,72	79,17
11/08/10	6.067	326	5.142	44	10	99,81	99,14	77,27
18/08/10	2.705	413	2.336	41	13	99,44	98,24	68,29
25/08/10	3.228	257	2.749	44	11	99,60	98,40	75,00
01/09/10	2.937	532	2.550	52	12	99,53	97,96	76,92
08/09/10	2.588	483	2.249	49	10	99,56	97,82	79,59
15/09/10	3.304	291	2.819	39	9	99,68	98,62	76,92
22/09/10	3.071	457	2.650	51	10	99,62	98,08	80,39
29/09/10	3.252	300	2.777	43	11	99,60	98,45	74,42
06/10/10	3.580	264	3.046	51	12	99,61	98,33	76,47
13/10/10	2.153	220	1.842	44	10	99,46	97,61	77,27
20/10/10	2.546	215	2.171	51	11	99,49	97,65	78,43
27/10/10	2.590	254	2.214	44	11	99,50	98,01	75,00
03/11/10	2.529	209	2.155	44	11	99,49	97,96	75,00
10/11/10	2.660	194	2.263	40	10	99,56	98,23	75,00
17/11/10	3.061	396	2.632	47	10	99,62	98,21	78,72
24/11/10	2.480	404	2.146	39	8	99,63	98,18	79,49
01/12/10	2.693	230	2.296	44	9	99,61	98,08	79,55
08/12/10	2.623	231	2.238	45	11	99,51	97,99	75,56
15/12/10	2.533	161	2.151	75	12	99,44	96,51	84,00
22/12/10	1.808	422	1.585	70	11	99,31	95,58	84,29
29/12/10	2.965	325	2.540	52	10	99,61	97,95	80,77
05/01/11	2.476	218	2.112	57	12	99,43	97,30	78,95
12/01/11	2.765	175	2.348	59	12	99,49	97,49	79,66
19/01/11	3.209	163	2.718	47	11	99,60	98,27	76,60
26/01/11	2.103	365	1.823	51	13	99,29	97,20	74,51
02/02/11	1.645	415	1.447	89	10	99,31	93,85	88,76
09/02/11	1.602	269	1.387	36	8	99,42	97,41	77,78
16/02/11	4.704	441	4.017	50	12	99,70	98,76	76,00
23/02/11	2.687	157	2.279	44	11	99,52	98,07	75,00
02/03/11	2.037	408	1.775	44	9	99,49	97,52	79,55

TABELA A2. Concentrações de DBO_{5,20} expressas em mg/L e Eficiência do Sistema de Tratamento Atual da Indústria Petroquímica localizada em Mogi das Cruzes

Data	Efluente Industrial Equalizado	Esgoto Domestico	Esgoto Bruto Equalizado	Saída Flotador	Saída Membranas	Eficiência (%)		
						Global	Tratamento Biológico	Reator MBR
09/03/11	2.448	189	2.084	49	10	99,52	97,65	79,59
16/03/11	3.497	314	2.984	45	12	99,60	98,49	73,33
23/03/11	1.406	266	1.222	41	9	99,26	96,65	78,05
30/03/11	1.508	518	1.349	41	9	99,33	96,96	78,05
06/04/11	2.277	189	1.941	80	23	98,81	95,88	71,25
13/04/11	3.730	3.274	3.657	52	9	99,75	98,58	82,69
20/04/11	1.187	341	1.051	58	10	99,05	94,48	82,76
27/04/11	1.979	469	1.736	50	10	99,42	97,12	80,00
04/05/11	1.513	150	1.293	46	7	99,46	96,44	84,78
11/05/11	1.273	173	1.096	55	9	99,18	94,98	83,64
18/05/11	N.D.	N.D.	-	N.D.	N.D.	-	-	-
25/05/11	N.D.	N.D.	-	N.D.	N.D.	-	-	-
01/06/11	3.099	374	2.660	47	13	99,51	98,23	72,34
08/06/11	N.D.	N.D.	-	N.D.	N.D.	-	-	-
15/06/11	N.D.	N.D.	-	N.D.	N.D.	-	-	-
21/06/11	N.D.	N.D.	-	N.D.	N.D.	-	-	-
29/06/11	N.D.	N.D.	-	N.D.	N.D.	-	-	-
06/07/11	N.D.	N.D.	-	N.D.	N.D.	-	-	-
13/07/11	1.965	615	1.748	45	10	99,43	97,42	77,78
20/07/11	2.639	351	2.270	44	9	99,60	98,06	79,55
27/07/11	1.429	296	1.247	47	10	99,20	96,23	78,72
03/08/11	2.434	394	2.105	49	11	99,48	97,67	77,55
10/08/11	1.188	410	1.063	47	12	98,87	95,58	74,47
17/08/11	1.727	375	1.509	47	13	99,14	96,89	72,34
24/08/11	1.509	782	1.392	45	11	99,21	96,77	75,56
31/08/11	5.605	595	4.798	47	10	99,79	99,02	78,72
Média	2.739	370	2.358	50	12	99,44	97,48	75,69
Mínimo	1.103	60	945	20	2	97,62	90,62	33,33
Máximo	8.411	3.274	7.138	148	26	99,93	99,54	98,15

N.D. - Amostra não coletada.

TABELA A3. Vazões e Cargas Orgânicas Mensais do Sistema de Tratamento Atual da Indústria Petroquímica localizada em Mogi das Cruzes

Mês	Vazão Efluente Bruto		Vazão Efluente Tratado		Efluente Bruto		Efluente Flotador		Efluente Membrana	
	(m ³ /mês)	(m ³ /d)	(m ³ /mês)	(m ³ /d)	DBO média (mg/L)	CO (kg DBO/d)	DBO média (mg/L)	CO (kg DBO/d)	DBO média (mg/L)	CO (kg DBO/d)
set/08	3.336	111,20	3.329	110,97	1.876,85	208,71	91,25	10,13	9	0,94
out/08	3.030	101,00	3.022	100,73	1.754,21	177,18	86,00	8,66	7	0,68
nov/08	2.390	79,67	2.382	79,40	1.846,38	147,09	59,00	4,68	8	0,62
dez/08	2.312	77,07	2.307	76,90	1.947,29	150,07	44,50	3,42	2	0,15
jan/09	2.418	80,60	2.413	80,43	2.822,96	227,53	43,33	3,49	9	0,70
fev/09	2.510	83,67	2.504	83,47	2.007,16	167,93	47,00	3,92	11	0,90
mar/09	3.310	110,33	3.304	110,13	2.051,42	226,34	30,00	3,30	11	1,18
abr/09	3.260	108,67	3.255	108,50	4.024,18	437,29	38,40	4,17	13	1,41
mai/09	3.245	108,17	3.241	108,03	4.687,38	507,02	57,50	6,21	19	2,08
jun/09	3.238	107,93	3.234	107,80	3.775,99	407,56	66,75	7,20	21	2,21
jul/09	3.660	122,00	3.656	121,87	2.439,89	297,67	62,00	7,56	21	2,56
ago/09	3.494	116,47	3.490	116,33	2.758,84	321,31	42,33	4,92	15	1,71
set/09	3.078	102,60	3.072	102,40	2.721,97	279,27	55,60	5,69	15	1,54
out/09	3.121	104,03	3.118	103,93	2.239,11	232,94	50,25	5,22	13	1,30
nov/09	3.612	120,40	3.609	120,30	1.582,57	190,54	38,00	4,57	13	1,53
dez/09	3.986	132,87	3.980	132,67	1.625,49	215,97	44,00	5,84	11	1,41
jan/10	4.330	144,33	4.327	144,23	1.994,70	287,90	39,50	5,70	10	1,41
fev/10	3.398	113,27	3.392	113,07	2.482,75	281,21	34,25	3,87	10	1,07
mar/10	3.608	120,27	3.603	120,10	2.156,52	259,36	41,00	4,92	12	1,47
abr/10	3.836	127,87	3.832	127,73	1.943,45	248,50	42,00	5,36	9	1,19
mai/10	3.400	113,33	3.397	113,23	2.025,51	229,56	44,25	5,01	14	1,59
jun/10	2.966	98,87	2.962	98,73	2.673,99	264,37	54,00	5,33	11	1,09
jul/10	3.034	101,13	3.030	101,00	1.792,31	181,26	53,50	5,40	12	1,21
ago/10	2.670	89,00	2.667	88,90	3.491,02	310,70	44,25	3,93	11	0,98
set/10	3.255	108,50	3.253	108,43	2.608,74	283,05	46,80	5,07	10	1,13

TABELA A3. Vazões e Cargas Orgânicas Mensais do Sistema de Tratamento Atual da Indústria Petroquímica localizada em Mogi das Cruzes

Mês	Vazão Efluente Bruto		Vazão Efluente Tratado		Efluente Bruto		Efluente Flotador		Efluente Membrana	
	(m ³ /mês)	(m ³ /d)	(m ³ /mês)	(m ³ /d)	DBO _{média} (mg/L)	CO (kg DBO/d)	DBO _{média} (mg/L)	CO (kg DBO/d)	DBO _{média} (mg/L)	CO (kg DBO/d)
out/10	3.338	111,27	3.333	111,10	2.317,95	257,91	47,50	5,28	11	1,22
nov/10	2.864	95,47	2.860	95,33	2.298,86	219,46	42,50	4,05	10	0,93
dez/10	2.442	81,40	2.439	81,30	2.161,89	175,98	57,20	4,65	11	0,86
jan/11	3.400	113,33	3.397	113,23	2.250,38	255,04	53,50	6,06	12	1,36
fev/11	2.990	99,67	2.984	99,47	2.282,75	227,51	54,75	5,45	10	1,02
mar/11	2.435	81,17	2.432	81,07	1.882,79	152,82	44,00	3,57	10	0,79
abr/11	2.688	89,60	2.685	89,50	2.095,93	187,80	60,00	5,37	13	1,16
mai/11	2.348	78,27	2.344	78,13	1.194,64	93,50	50,50	3,95	8	0,63
jun/11	2.548	84,93	2.545	84,83	2.660,07	225,93	47,00	3,99	13	1,10
jul/11	2.736	91,20	2.734	91,13	1.754,84	160,04	45,33	4,13	10	0,88
ago/11	2.401	80,03	2.397	79,90	2.173,45	173,95	47,00	3,76	11	0,91
Média	3.075	102,49	3.070	102,34	2.344,56	240,84	50	5,11	11	1,19
Mínimo	2.312	77,07	2.307	76,90	1.194,64	93,50	30	3,30	2	0,15
Máximo	4.330	144,33	4.327	144,23	4.687,38	507,02	91	10,13	21	2,56

TABELA A4. Concentrações de Sólidos Suspensos Voláteis expressas em mg/L do Sistema de Tratamento Atual da Indústria Petroquímica localizada em Mogi das Cruzes

Data	Reator 1	Reator 2	Reator 3	Membrana	A/M - R1	A/M - R2	A/M - R3	A/M - MBR
01/09/08	760	615	672	1.101	0,21	0,26	0,24	0,34
08/09/08	580	506	433	2.870	0,28	0,32	0,37	0,13
15/09/08	864	805	882	3.096	0,19	0,20	0,18	0,12
22/09/08	808	845	831	3.370	0,20	0,19	0,19	0,11
29/09/08	599	737	1.152	6.093	0,27	0,22	0,14	0,06
06/10/08	757	721	743	4.310	0,18	0,22	0,22	0,07
13/10/08	1.080	1.544	983	10.004	0,12	0,10	0,16	0,03
20/10/08	889	824	-	8.546	0,15	0,19	-	0,04
27/10/08	10.012	929	*	10.328	0,01	0,17	-	0,03
03/11/08	893	602	*	10.175	0,13	0,27	-	0,02
10/11/08	1.211	1.190	*	13.907	0,09	0,13	-	0,01
17/11/08	1.208	1.152	-	12.219	0,09	0,14	-	0,01
24/11/08	1.456	1.228	-	11.639	0,08	0,13	-	0,01
01/12/08	1.477	1.167	-	9.228	0,08	0,14	-	0,01
08/12/08	1.133	1.073	-	12.158	0,10	0,15	-	0,01
15/12/08	1.814	1.656	-	12.291	0,06	0,10	-	0,01
12/01/09	938	901	-	8.905	0,19	0,18	-	0,01
19/01/09	1.462	1.194	-	7.046	0,12	0,13	-	0,02
26/01/09	1.608	1.492	-	8.857	0,11	0,11	-	0,01
05/02/09	1.933	1.706	-	7.315	0,07	0,09	-	0,02
12/02/09	1.981	1.580	-	875	0,07	0,10	-	0,17
19/02/09	2.103	1.994	-	7.840	0,06	0,08	-	0,02
26/02/09	2.158	2.224	-	8.052	0,06	0,07	-	0,02
05/03/09	2.090	2.245	-	6.937	0,08	0,07	-	0,02
12/03/09	1.842	1.667	-	5.527	0,10	0,10	-	0,02
19/03/09	2.174	2.109	-	6.185	0,08	0,08	-	0,02
26/03/09	1.622	1.690	-	6.535	0,11	0,09	-	0,02

TABELA A4. Concentrações de Sólidos Suspensos Voláteis expressas em mg/L do Sistema de Tratamento Atual da Indústria Petroquímica localizada em Mogi das Cruzes

Data	Reator 1	Reator 2	Reator 3	Membrana	A/M - R1	A/M - R2	A/M - R3	A/M - MBR
02/04/09	1.889	1.834	-	8.931	0,18	0,09	-	0,02
09/04/09	2.404	2.159	-	9.954	0,14	0,07	-	0,02
16/04/09	2.386	2.502	-	8.337	0,14	0,06	-	0,02
23/04/09	2.498	2.433	-	7.718	0,14	0,07	-	0,02
30/04/09	3.004	2.756	-	12.395	0,11	0,06	-	0,01
07/05/09	2.676	2.665	-	6.811	0,08	0,06	-	0,03
14/05/09	2.244	2.199	-	10.865	0,10	0,07	-	0,02
21/05/09	2.068	2.035	-	10.062	0,11	0,08	-	0,02
28/05/09	1.867	2.553	-	9.941	0,12	0,06	-	0,02
04/06/09	2.276	1.880	-	8.515	0,14	0,09	-	0,03
10/06/09	2.206	2.118	2.017	9.780	0,14	0,08	0,08	0,03
18/06/09	2.400	1.914	1.805	7.217	0,13	0,08	0,09	0,04
25/06/09	2.036	1.794	1.810	6.238	0,15	0,09	0,09	0,04
02/07/09	2.696	2.176	2.022	7.759	0,09	0,07	0,08	0,04
16/07/09	2.437	2.095	2.382	9.139	0,09	0,08	0,07	0,03
23/07/09	1.988	1.895	2.028	9.807	0,12	0,08	0,08	0,03
30/07/09	2.455	2.175	1.198	10.630	0,09	0,07	0,13	0,03
06/08/09	2.509	2.242	1.902	20.374	0,10	0,07	0,08	0,01
13/08/09	2.173	2.045	1.799	8.348	0,11	0,08	0,09	0,02
20/08/09	2.889	2.366	2.191	13.798	0,09	0,07	0,07	0,01
27/08/09	2.273	2.415	2.236	10.792	0,11	0,07	0,07	0,02
03/09/09	2.323	2.237	2.028	11.115	0,09	0,07	0,08	0,02
10/09/09	2.702	2.608	2.526	8.955	0,08	0,06	0,06	0,02
17/09/09	2.007	2.111	1.793	11.316	0,11	0,08	0,09	0,02
24/09/09	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	-	-	-
01/10/09	1.803	2.019	2.090	9.788	0,10	0,08	0,08	0,02

TABELA A4. Concentrações de Sólidos Suspensos Voláteis expressas em mg/L do Sistema de Tratamento Atual da Indústria Petroquímica localizada em Mogi das Cruzes

Data	Reator 1	Reator 2	Reator 3	Membrana	A/M - R1	A/M - R2	A/M - R3	A/M - MBR
08/10/09	1.908	1.941	1.787	9.416	0,09	0,08	0,09	0,02
15/10/09	2.089	1.583	1.603	8.685	0,09	0,10	0,10	0,02
22/10/09	1.937	1.622	1.500	8.347	0,09	0,10	0,11	0,02
29/10/09	2.028	1.971	1.714	7.782	0,09	0,08	0,09	0,02
05/11/09	1.356	1.837	1.618	5.421	0,11	0,09	0,10	0,03
12/11/09	2.164	1.787	1.652	0	0,07	0,09	0,10	-
19/11/09	2.218	1.538	1.824	7.066	0,07	0,10	0,09	0,02
26/11/09	2.846	2.217	2.281	1.537	0,05	0,07	0,07	0,11
03/12/09	1.767	1.767	1.904	1.656	0,09	0,09	0,08	0,13
10/12/09	2.861	2.223	1.726	9.823	0,06	0,07	0,09	0,02
17/12/09	2.044	994	1.059	10.561	0,08	0,16	0,15	0,02
30/12/09	2.418	1.861	1.806	16.678	0,07	0,09	0,09	0,01
07/01/10	2.160	1.859	1.673	8.620	0,10	0,09	0,10	0,02
14/01/10	2.175	1.975	1.925	9.568	0,10	0,08	0,08	0,02
21/01/10	2.540	2.181	2.207	10.006	0,09	0,07	0,07	0,02
28/01/10	2.604	1.152	1.138	12.964	0,09	0,14	0,14	0,02
04/02/10	2.610	1.899	1.936	8.068	0,08	0,08	0,08	0,02
11/02/10	1.872	1.663	1.318	8.466	0,12	0,10	0,12	0,02
18/02/10	2.120	1.775	1.494	6.189	0,10	0,09	0,11	0,02
25/02/10	2.145	1.679	1.531	5.773	0,10	0,10	0,10	0,02
04/03/10	2.964	2.318	2.274	7.283	0,07	0,07	0,07	0,03
11/03/10	1.858	1.513	1.626	7.748	0,11	0,11	0,10	0,02
18/03/10	1.987	1.726	1.681	7.078	0,10	0,09	0,10	0,03
25/03/10	1.623	1.574	1.411	9.281	0,12	0,10	0,11	0,02
01/04/10	1.937	1.622	1.506	-	0,10	0,10	0,11	-
08/04/10	1.961	1.870	1.740	8.611	0,10	0,09	0,09	0,02

TABELA A4. Concentrações de Sólidos Suspensos Voláteis expressas em mg/L do Sistema de Tratamento Atual da Indústria Petroquímica localizada em Mogi das Cruzes

Data	Reator 1	Reator 2	Reator 3	Membrana	A/M - R1	A/M - R2	A/M - R3	A/M - MBR
15/04/10	1.916	1.936	1.018	8.329	0,10	0,08	0,16	0,02
22/04/10	3.176	2.604	2.395	8.379	0,06	0,06	0,07	0,02
29/04/10	1.971	1.742	1.642	7.318	0,10	0,09	0,10	0,03
06/05/10	2.686	2.174	2.161	7.349	0,06	0,07	0,07	0,03
13/05/10	2.119	1.842	1.802	7.127	0,08	0,09	0,09	0,03
20/05/10	2.605	2.146	2.191	7.312	0,07	0,07	0,07	0,03
27/05/10	3.053	2.566	2.427	7.657	0,06	0,06	0,07	0,02
10/06/10	2.885	2.662	2.191	8.310	0,07	0,06	0,07	0,02
17/06/10	3.102	2.626	2.520	8.170	0,07	0,06	0,06	0,02
24/06/10	2.851	2.662	2.998	-	0,07	0,06	0,05	-
01/07/10	2.444	2.280	2.492	10.386	0,06	0,07	0,06	0,02
08/07/10	2.972	2.723	1.863	7.735	0,05	0,06	0,09	0,03
15/07/10	2.268	2.217	2.047	2.047	0,06	0,07	0,08	0,10
22/07/10	2.765	1.962	2.365	9.531	0,05	0,08	0,07	0,02
29/07/10	2.247	1.926	1.813	7.031	0,06	0,08	0,09	0,03
05/08/10	2.319	2.244	2.234	10.605	0,10	0,07	0,07	0,01
12/08/10	2.391	2.269	2.140	7.603	0,10	0,07	0,07	0,02
19/08/10	2.633	2.362	2.216	13.584	0,09	0,07	0,07	0,01
26/08/10	2.462	2.165	1.630	6.486	0,10	0,07	0,10	0,02
02/09/10	2.260	1.821	1.960	10.791	0,10	0,09	0,08	0,02
09/09/10	2.289	2.334	1.990	7.737	0,10	0,07	0,08	0,02
16/09/10	2.854	2.666	2.529	11.807	0,08	0,06	0,06	0,02
23/09/10	2.526	2.286	2.469	7.464	0,09	0,07	0,06	0,03
30/09/10	2.962	2.628	2.341	7.944	0,07	0,06	0,07	0,02
07/10/10	2.654	2.226	2.367	7.114	0,08	0,07	0,07	0,03
14/10/10	3.087	2.780	2.540	14.832	0,07	0,06	0,06	0,01

TABELA A4. Concentrações de Sólidos Suspensos Voláteis expressas em mg/L do Sistema de Tratamento Atual da Indústria Petroquímica localizada em Mogi das Cruzes

Data	Reator 1	Reator 2	Reator 3	Membrana	A/M - R1	A/M - R2	A/M - R3	A/M - MBR
21/10/10	2.468	2.298	2.679	12.023	0,08	0,07	0,06	0,02
28/10/10	2.388	2.057	2.151	7.536	0,08	0,08	0,07	0,03
04/11/10	2.154	2.246	2.265	6.865	0,08	0,07	0,07	0,02
11/11/10	3.004	2.616	2.280	6.412	0,06	0,06	0,07	0,02
18/11/10	2.155	2.016	1.997	9.030	0,08	0,08	0,08	0,02
25/11/10	2.308	2.248	2.799	9.043	0,07	0,07	0,06	0,02
02/12/10	2.782	0	2.524	8.404	0,05		0,06	0,02
09/12/10	2.646	2.618	3.029	8.837	0,05	0,06	0,05	0,02
16/12/10	2.215	2.615	3.432	8.735	0,06	0,06	0,05	0,02
23/12/10	2.773	3.443	3.270	7.839	0,05	0,05	0,05	0,02
30/12/10	2.224	3.058	2.436	5.996	0,06	0,05	0,07	0,03
06/01/11	2.006	2.782	2.187	12.107	0,10	0,06	0,07	0,02
13/01/11	1.603	2.464	2.749	10.973	0,12	0,07	0,06	0,02
20/01/11	2.792	2.205	2.408	8.650	0,07	0,07	0,07	0,03
27/01/11	2.388	2.057	2.205	7.018	0,08	0,08	0,07	0,03
03/02/11	1.826	1.575	1.664	6.475	0,10	0,10	0,10	0,03
10/02/11	2.229	1.891	1.947	9.660	0,08	0,08	0,08	0,02
17/02/11	2.773	1.724	2.215	5.535	0,06	0,09	0,07	0,04
24/02/11	2.696	2.195	2.177	5.943	0,07	0,07	0,07	0,03
03/03/11	2.878	2.729	2.403	5.764	0,04	0,06	0,07	0,02
10/03/11	2.474	1.923	2.205	5.439	0,05	0,08	0,07	0,02
17/03/11	2.641	2.356	2.695	7.601	0,04	0,07	0,06	0,02
24/03/11	3.054	2.284	1.898	7.220	0,04	0,07	0,08	0,02
31/03/11	3.035	2.488	2.215	8.229	0,04	0,06	0,07	0,02
07/04/11	3.447	2.438	2.570	6.825	0,04	0,07	0,06	0,03
14/04/11	2.692	2.640	1.352	7.404	0,05	0,06	0,12	0,03

TABELA A4. Concentrações de Sólidos Suspensos Voláteis expressas em mg/L do Sistema de Tratamento Atual da Indústria Petroquímica localizada em Mogi das Cruzes

Data	Reator 1	Reator 2	Reator 3	Membrana	A/M - R1	A/M - R2	A/M - R3	A/M - MBR
28/04/11	2.683	2.729	2.837	4.802	0,05	0,06	0,06	0,04
05/05/11	2.228	1.815	1.730	6.476	0,03	0,09	0,09	0,02
12/05/11	2.974	2.443	2.158	12.165	0,02	0,07	0,07	0,01
19/05/11	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	-	-	-
26/05/11	2.413	2.281	2.166	9.590	0,03	0,07	0,07	0,02
02/06/11	2.349	2.078	1.898	6.716	0,07	0,08	0,08	0,02
09/06/11	2.560	2.103	1.919	11.146	0,07	0,08	0,08	0,01
16/06/11	2.703	1.627	1.582	7.484	0,06	0,10	0,10	0,02
30/06/11	2.085	1.818	1.675	5.268	0,08	0,09	0,10	0,03
07/07/11	1.901	1.810	1.763	4.745	0,06	0,09	0,09	0,03
14/07/11	2.232	1.923	1.972	5.145	0,05	0,08	0,08	0,03
21/07/11	2.600	2.511	2.359	5.993	0,05	0,06	0,07	0,03
28/07/11	2.415	2.406	1.845	7.993	0,05	0,07	0,09	0,02
04/08/11	2.604	2.428	2.063	5.856	0,05	0,07	0,08	0,02
11/08/11	2.458	2.271	2.642	5.567	0,05	0,07	0,06	0,02
18/08/11	2.577	2.500	2.454	5.802	0,05	0,06	0,07	0,02
25/08/11	199	1.988	1.983	6.964	0,67	0,08	0,08	0,02
Média	2.260	1.982	1.988	8.198	0,09	0,09	0,09	0,03
Mínimo	199	506	433	875	0,01	0,05	0,05	0,01
Máximo	10.012	3.443	3.432	20.374	0,67	0,32	0,37	0,34

(*) Reator vazio.

N.D. - Amostra não coletada

A/M - relação alimento/microrganismo

TABELA A5. Concentrações de Sólidos Suspensos Totais expressas em mg/L do Sistema de Tratamento Atual da Indústria Petroquímica localizada em Mogi das Cruzes

Data	Reator 1	Reator 2	Reator 3	Membrana	Saída Membrana	Retorno Lodo	Lodo seco
01/09/08	809	687	682	2.252	2	12.249	-
08/09/08	739	642	580	3.561	6	5.272	-
15/09/08	876	969	948	3.972	5	12.387	-
22/09/08	948	972	955	4.330	4	6.715	-
29/09/08	709	801	1.193	7.746	3	4.514	-
06/10/08	861	801	798	5.475	3	8.736	-
13/10/08	1.226	1.730	1.066	12.417	2	-	-
20/10/08	1.074	936	-	11.761	4	23.305	-
27/10/08	1.234	1.119	*	13.483	3	5.498	-
03/11/08	1.182	850	*	13.520	2	8.838	-
10/11/08	1.476	1.368	*	17.168	2	10.961	-
17/11/08	1.554	1.444	-	16.022	3	7.730	-
24/11/08	1.881	1.575	-	15.161	2	3.619	-
01/12/08	1.957	1.606	-	12.550	2	6.782	-
08/12/08	1.570	1.468	-	16.503	2	7.977	-
15/12/08	2.220	2.097	-	16.505	2	6.933	-
12/01/09	1.373	1.381	-	12.370	2	5.762	-
19/01/09	1.692	1.660	-	9.756	3	7.082	-
26/01/09	2.076	1.910	-	10.383	3	6.899	-
05/02/09	2.352	2.145	-	9.963	4	4.747	-
12/02/09	2.467	2.008	-	3.390	4	8.332	-
19/02/09	2.497	2.355	-	10	3	6.348	-
26/02/09	2.644	2.771	-	9.526	4	3.194	-
05/03/09	2.684	2.625	-	9.634	3	17.020	-
12/03/09	2.383	2.169	-	7.950	3	11.083	-
19/03/09	2.767	2.678	-	9.004	4	10.331	-
26/03/09	2.206	2.255	-	9.463	3	5.294	-
02/04/09	2.651	2.489	-	12.683	3	9.156	-
09/04/09	3.014	2.839	-	14.419	3	12.063	83.385
16/04/09	3.085	3.193	-	12.402	4	11.668	-
23/04/09	3.277	3.189	-	11.190	3	7.593	-
30/04/09	3.796	3.565	-	16.179	2	7.633	76.809
07/05/09	3.434	3.428	-	9.784	2	8.269	60.664
14/05/09	2.881	2.872	-	15.073	2	2	73.341
21/05/09	2.532	2.588	-	13.741	3	6.097	67.305
28/05/09	2.379	3.027	-	13.462	3	7.741	-
04/06/09	2.781	2.342	-	11.665	3	N.D.	10.112
10/06/09	2.764	2.545	2.524	11.693	2	11.688	99.721
18/06/09	2.915	2.404	2.251	10.076	3	14.833	79.201
25/06/09	2.633	2.302	2.293	8.780	2	11.428	-
02/07/09	3.230	2.623	2.514	10.656	3	N.D.	322.172
16/07/09	2.772	2.398	2.609	11.289	3		80
23/07/09	2.315	2.330	2.338	12.868	3	12.761	N.D.

TABELA A5. Concentrações de Sólidos Suspensos Totais expressas em mg/L do Sistema de Tratamento Atual da Indústria Petroquímica localizada em Mogi das Cruzes

Data	Reator 1	Reator 2	Reator 3	Membrana	Saída Membrana	Retorno Lodo	Lodo seco
30/07/09	2.867	2.757	2.031	12.389	2	26.776	125.805
06/08/09	3.173	2.728	2.303	23.477	3	9.834	132.676
13/08/09	2.743	2.625	2.313	11.476	4	12.865	86.521
20/08/09	3.353	3.017	2.769	17.334	3	29.516	73.895
27/08/09	2.816	2.941	2.757	14.541	4	7.417	86.406
03/09/09	2.597	2.666	2.392	14.867	6	12.360	55.124
10/09/09	3.107	3.165	3.009	12.637	3	6.467	51.066
17/09/09	2.484	2.573	2.223	15.514	4	10.127	72.038
24/09/09	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
01/10/09	2.122	2.467	2.601	13.055	3	10.057	89.202
08/10/09	2.389	2.146	2.169	12.730	3	8.000	68.910
15/10/09	2.639	1.915	1.975	11.635	4	9.431	73.018
22/10/09	2.426	2.066	1.861	11.159	3	8.205	N.D.
29/10/09	2.486	2.350	2.058	10.487	4	9.845	61.715
05/11/09	2.876	2.367	2.372	7.772	4	7.967	64.497
12/11/09	2.733	2.383	2.194	9.047	5	5.886	66.359
19/11/09	2.644	1.751	2.072	9.441	6	7.990	46.716
26/11/09	3.107	2.534	2.378	5.028	2	107	7.328
03/12/09	2.213	2.213	2.198	1.925	3	8.438	59.327
10/12/09	3.404	2.551	1.988	12.568	4	7.419	70.325
17/12/09	2.504	1.339	1.360	13.559	3	11.453	52.295
30/12/09	2.914	2.154	2.066	19.871	3	6.240	65.522
07/01/10	2.653	2.231	2.012	10.922	4	6.342	53.428
14/01/10	2.703	2.396	2.300	12.438	3	7.725	52.961
21/01/10	3.018	2.518	2.554	12.557	3	6.462	62.877
28/01/10	3.204	2.461	2.144	18.331	3	6.571	50.985
04/02/10	3.129	2.248	2.156	10.078	4	6.942	61.880
11/02/10	2.423	2.074	1.638	10.465	4	6.665	64.797
18/02/10	23.740	2.064	1.783	7.911	3	7.847	83.416
25/02/10	2.618	2.000	1.743	7.272	3	11.543	60.948
04/03/10	3.301	2.665	2.547	9.128	3	9.942	66.464
11/03/10	2.357	1.846	1.983	9.887	3	5.981	75.253
18/03/10	2.515	2.108	2.034	9.236	3	8.242	65.501
25/03/10	2.030	1.962	1.820	11.962	3	10.526	77.158
01/04/10	2.426	2.066	1.861	11.159	3	-	-
08/04/10	2.203	2.079	1.958	10.915	4	7.673	74.612
15/04/10	2.328	2.290	1.140	10.550	3	10.326	69.788
22/04/10	3.627	2.869	2.657	10.542	4	7.890	69.578
29/04/10	2.480	2.046	1.989	10.873	4	8.459	67.082
06/05/10	3.097	2.562	2.495	9.340	4	8.293	113
13/05/10	2.592	2.183	2.158	9.213	3	9.211	59.859
20/05/10	3.053	2.542	2.595	9.442	4	7.378	101.514
27/05/10	3.491	2.957	2.786	10.643	3	7.426	N.D.

TABELA A5. Concentrações de Sólidos Suspensos Totais expressas em mg/L do Sistema de Tratamento Atual da Indústria Petroquímica localizada em Mogi das Cruzes

Data	Reator 1	Reator 2	Reator 3	Membrana	Saída Membrana	Retorno Lodo	Lodo seco
10/06/10	3.311	2.922	2.595	10.154	3	5.846	101.084
17/06/10	3.611	3.087	2.932	10.034	4	6.231	92.945
24/06/10	3.304	3.085	3.431	-	3	10.610	62.584
01/07/10	2.813	2.687	2.836	11.937	3	7.380	61.206
08/07/10	3.395	3.066	2.054	9.381	4	5.915	57.854
15/07/10	2.569	2.375	2.340	2.340	4	4.108	N.D.
22/07/10	2.950	2.065	2.695	11.206	3	9.113	89.092
29/07/10	2.604	2.298	2.182	8.395	4	4.629	47.061
05/08/10	2.715	2.558	2.553	11.982	3	6.611	N.D.
12/08/10	2.905	2.710	2.555	9.154	4	5.508	55.269
19/08/10	3.248	2.822	2.647	15.470	4	7.612	46.215
26/08/10	3.017	2.632	1.980	8.075	4	5.614	46.129
02/09/10	2.510	2.282	2.417	12.492	3	4.992	46.039
09/09/10	2.827	2.760	2.439	9.627	3	7.108	46.998
16/09/10	3.555	3.144	3.208	14.149	3	6.913	63.893
23/09/10	3.158	2.779	3.009	9.530	3	6.338	47.881
30/09/10	3.640	3.180	2.899	10.138	4	6.311	47.827
07/10/10	3.356	2.694	2.837	9.539	4	6.545	45.497
14/10/10	3.765	3.234	3.005	16.866	2	6.315	N.D.
21/10/10	3.064	2.818	3.288	14.302	4	6.174	50.002
28/10/10	3.012	2.520	2.603	9.398	5	6.071	N.D.
04/11/10	3.307	2.741	3.007	8.813	4	5.271	44.188
11/11/10	3.517	2.936	2.735	8.185	3	5.981	41.557
18/11/10	2.687	2.445	2.426	11.007	3	5.313	40.297
25/11/10	2.827	2.705	3.352	11.221	1	5.652	44.961
02/12/10	3.390	2.973	2.979	10.445	3	6.962	43.360
09/12/10	3.152	3.141	3.566	10.657	3	5.423	57.544
16/12/10	2.680	3.139	4.097	10.894	3	7.052	51.536
23/12/10	3.275	4.001	3.784	9.972	5	6.160	N.D.
30/12/10	2.901	4.020	3.225	8.669	2	6.996	N.D.
06/01/11	2.653	3.440	2.745	13.754	3	5.687	41.075
13/01/11	2.184	3.140	3.336	13.197	2	5.631	42.607
20/01/11	3.444	2.771	2.896	10.686	3	6.428	55.057
27/01/11	3.047	2.601	2.707	8.933	3	6.709	49.944
03/02/11	2.405	2.039	2.087	8.187	2	5.800	46.823
10/02/11	2.787	2.383	2.396	11.666	4	10.158	58.355
17/02/11	3.383	2.615	2.644	7.121	3	6.311	59.678
24/02/11	3.338	2.678	2.630	7.615	3	8.900	61.753
03/03/11	3.538	3.306	2.872	7.390	4	6.308	53.337
10/03/11	3.422	2.999	2.819	6.933	4	9.574	52.096
17/03/11	3.893	3.131	3.146	9.704	10	9.852	46.046
24/03/11	3.528	2.807	2.687	8.597	7	6.126	55.270
31/03/11	3.564	2.984	2.798	9.203	5	6.748	48.132

TABELA A5. Concentrações de Sólidos Suspensos Totais expressas em mg/L do Sistema de Tratamento Atual da Indústria Petroquímica localizada em Mogi das Cruzes

Data	Reator 1	Reator 2	Reator 3	Membrana	Saída Membrana	Retorno Lodo	Lodo seco
07/04/11	3.825	2.923	2.959	8.823	20	6.503	49.716
14/04/11	3.245	3.067	2.533	9.566	7	6.667	53.995
28/04/11	3.259	3.199	3.253	12.832	10	5.772	57.360
05/05/11	2.810	2.272	2.182	7.547	8	11.509	54.214
12/05/11	3.637	2.973	2.698	14.344	9	8.978	52.516
19/05/11	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
26/05/11	2.879	2.709	2.563	11.689	3	12.135	102.798
02/06/11	2.884	2.439	2.341	8.372	3	10.974	55
09/06/11	3.128	2.549	2.345	13.146	3	11.071	54.672
16/06/11	2.794	2.085	2.047	7.485	3	6.806	50.351
30/06/11	2.600	2.299	2.126	6.784	3	6.784	59.728
07/07/11	2.370	2.308	2.176	6.110	3	7.778	53.521
14/07/11	2.749	2.550	2.449	6.687	3	7.405	72.823
21/07/11	3.098	3.036	2.876	7.177	3	7.170	105.805
28/07/11	2.996	2.920	2.550	9.684	3	5.109	56.677
04/08/11	3.189	2.938	2.655	7.340	3	8.654	63.700
11/08/11	3.050	2.750	2.746	7.140	4	6.382	55.640
18/08/11	3.180	2.966	2.746	7.406	4	5.764	43.285
25/08/11	508	2.398	2.472	8.696	4	4.566	47.991
Média	2.842	2.446	2.408	10.559	4	8.095	62.844
Mínimo	508	642	580	10	1	2	55
Máximo	23.740	4.020	4.097	23.477	20	29.516	322.172

(*) Reator vazio.

N.D. - Amostra não coletada

TABELA A6. Vazão Captada e Vazão para Torres de Resfriamento da Indústria Petroquímica localizada em Mogi das Cruzes

Mês	Vazão Captada		Vazão Torres Resfriamento	
	(m ³ /mês)	(m ³ /d)	(m ³ /mês)	(m ³ /d)
jan/08	23.940	798,00	18.325	610,83
fev/08	22.055	735,17	17.070	569,00
mar/08	24.300	810,00	19.010	633,67
abr/08	24.840	828,00	18.762	625,40
mai/08	28.045	934,83	20.258	675,27
jun/08	23.833	794,43	16.414	547,13
jul/08	24.919	830,63	16.726	557,53
ago/08	25.546	851,53	17.172	572,40
set/08	22.919	763,97	14.848	494,93
out/08	2.114	70,47	14.935	497,83
nov/08	19.087	636,23	14.407	480,23
dez/08	12.151	405,03	9.052	301,73
jan/09	16.700	556,67	11.616	387,20
fev/09	24.508	816,93	19.680	656,00
mar/09	19.112	637,07	14.350	478,33
abr/09	21.277	709,23	19.343	644,77
mai/09	23.916	797,20	16.554	551,80
jun/09	21.715	723,83	14.850	495,00
jul/09	20.650	688,33	13.440	448,00
ago/09	20.530	684,33	14.551	485,03
set/09	19.320	644,00	13.320	444,00
out/09	19.640	654,67	13.513	450,43
nov/09	18.568	618,93	14.340	478,00
dez/09	19.201	640,03	14.000	466,67
jan/10	17.107	570,23	12.322	410,73
fev/10	20.147	671,57	14.368	478,93
mar/10	24.290	809,67	17.437	581,23
abr/10	22.700	756,67	17.425	580,83
mai/10	23.940	798,00	16.454	548,47
jun/10	20.207	673,57	12.890	429,67
jul/10	15.157	505,23	9.503	316,77
ago/10	15.925	530,83	11.142	371,40
set/10	18.222	607,40	12.461	415,37
out/10	17.347	578,23	11.092	369,73
nov/10	18.700	623,33	14.480	482,67
dez/10	15.424	514,13	10.298	343,27
jan/11	21.553	718,43	15.499	516,63
fev/11	19.362	645,40	11.596	386,53

TABELA A6. Vazão Captada e Vazão para Torres de Resfriamento da Indústria Petroquímica localizada em Mogi das Cruzes

Mês	Vazão Captada		Vazão Torres Resfriamento	
	(m ³ /mês)	(m ³ /d)	(m ³ /mês)	(m ³ /d)
mar/11	16.698	556,60	12.060	402,00
abr/11	20.830	694,33	14.113	470,43
mai/11	19.335	644,50	11.475	382,50
jun/11	9.745	324,83	5.934	197,80
jul/11	12.250	408,33	8.698	289,93
ago/11	17.830	594,33	8.140	271,33
Média	19.674	655,80	14.180	472,67
Mínimo	2.114	70,47	5.934	197,80
Máximo	28.045	934,83	20.258	675,27

APÊNDICE B

Simulações da Cobrança pelo Uso da Água

TABELA B1. Simulação da Cobrança pelo Uso da Água - Situação 1

INFORME OS DADOS DE ENTRADA: Captação, Consumo e Carga Lançada	
Nome do Usuário:	SITUAÇÃO 1 - SISTEMAS DE TRATAMENTO ANTIGOS
CNPJ ou CPF:	INDÚSTRIA PETROQUÍMICA LOCALIZADA EM MOGI DAS CRUZES

CAPTAÇÕES							CONSUMO		
CAPTAÇÃO, EXTRAÇÃO E DERIVAÇÃO							Fator de Consumo	Consumo m³/ano	
Volume Captado, Extraído ou Derivado m³/h		Regime de Outorga			Coeficientes Ponderadores				
Vazão Captado, Extraído, ou Derivado	Vazão (m³/h)	Horas/dia	Dias/mês	Volume m3/ano	X1*X2*...X13	Calculo da média Ponderada			
Captação ou Derivação: Vazão Outorgada = Vazão Captada ou Derivada									
Poço P1	23,37	20	20	112.180	0,00	-	0,846	94.872	
Poço P2				-	0,00	-		-	
Captações Superficiais									
CS1=> Rio:	23,37	20	20	112.180	0,80	89.744		94.872	
CS2=> Rio:				-	0,00	-		-	
Vazão ou Outorga a Regularizar ^[1]									
Poço P3				-	0,00	-		-	
Poço P4				-	0,00	-		-	
CS3=> Rio:				-	0,00	-		-	
Total				224.359	0,40	89.744		189.744	

[1] Outorga nova ou alteração na outorga existente

OBS: Incluir linhas se houver mais captações ou extrações

Coeficientes Ponderadores de Captação	Classe	X ₁ , X ₃ , X ₅ , X ₆ e X ₁₃	X ₂	X ₇ (finalidades do uso) ^[2]	Coeficiente Ponderador
Poço P1		1,0	1,0		0,00
Poço P2		1,0	1,0		0,00
CS1=> Rio:	3	1,0	0,8	1	0,80
CS2=> Rio:	x	1,0	0,0		0,00
Poço P3		1,0	1,0		0,00
Poço P4		1,0	1,0		0,00
CS3=> Rio:	x	1,0	0,0		0,00

[2] ver Tabela de Coef. Ponderadores

x Preencher com a Classe do Rio na captação correspondente.

LANÇAMENTOS								
CARGA LANÇADA EM CORPOS D'ÁGUA								
Volume Lançado m³/h		Regime de Outorga e/ou Licença			Carga		Coeficientes Ponderadores	
Lançamentos em Corpos d'Águas	Vazão (m³/h)	Horas/dia	Dias/mês	m3/ano	Carga DBO5,20 (mg/L) ^[5]	kg DBO5,20/ ano	Y1*Y3*Y4	Calculo da média Ponderada
Lançamento Outorgado								
LA1=> Rio:	5,23	24	20	30.096	646	19.442	0,90	17.498
LA1=> Rio:	0,78	24	20	4.519,2	59	267	0,90	240
Lançamento: a Regularizar ou alterar à Outorga								
LA3=> Rio:				0		-	0,00	-
LA4=> Rio:				0		-	0,00	-
LA5=> Rio:				0		-	0,00	-
Sub Total				34.615,2	569	19.709	0,90	17.738

Coeficientes Ponderadores de Carga Lançada (ver Tabela de Coef. Ponderadores)	Classe	Y ₁	Y ₃	Eficiência da Remoção (%)	Y ₄	Coeficiente Ponderador
LA1=> Rio:	3	0,9	1,00	56,77	1,00	0,90
LA2=> Rio:	3	0,9	1,00	58,16	1,00	0,90
LA3=> Rio:	x	0,0	1,00		1,00	0,00
LA4=> Rio:	x	0,0	1,00		1,00	0,00
LA5=> Rio:	x	0,0	1,00		1,00	0,00

[5]	Carga Afluente (mg/L)	Carga Efluente (mg/L)
		0
		0
		0
		0
		0

x Preencher com a Classe do Rio no lançamento correspondente

CARGA LANÇADA NO SOLO				
Lançamentos no Solo	Vazão (m³/h)	Horas/dia	Dias/mês	m³/ano
Lançamento Licenciado				
LS1				-
LS2				-
LS3				-
Lançamento a Regularizar ou Dispensa de Licença				
LS4				-
LS5				-
LS6				-
Sub Total				-

CARGA LANÇADA NA REDE				
Lançamentos na Rede	Vazão (m³/h)	Horas/dia	Dias/mês	m³/ano
LR1				-
LR2				-
Sub Total				-

CONSUMO

Fator de Consumo (m³/ano)	USO RH	Lançam.	Consumo
Volume Captado m³/ano	224.359		
Volume Fornecido Rede Publica ou Particular m3/ano ³			
Volume Fornecido Outras Fontes m3/ano ⁴			
Sub Total	224.359		
Lançamento em corpos d'água		34.615	
Lançamento na rede		-	
Lançamento no solo		-	
Sub Total		34.615	
Consumo (V_{CAP}+V_{REDE}+V_{OUTROS}-L_{CA}-L_{REDE})			189.744
Fator de Consumo			0,846

^{|3|} Volume fornecido pelo Operador de Saneamento

^{|4|} Volume fornecido por Caminhões Pipa

Coeficientes Ponderadores de Consumo (ver Tabela de Coef. Ponderadores)	X ₁ , X ₂ ..., X _n	Coeficiente Ponderador
Poço P1	1,00	1,00
Poço P2	1,00	1,00
CS1=> Rio:	1,00	1,00
CS2=> Rio:	1,00	1,00
Poço P3	1,00	1,00
Poço P4	1,00	1,00
CS3=> Rio:	1,00	1,00

SIMULAÇÃO DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA BACIA ALTO TIETÊ

Nome do Usuário: **SITUAÇÃO 1 - SISTEMAS DE TRATAMENTO ANTIGOS**

CNPJ ou CPF: **INDÚSTRIA PETROQUÍMICA LOCALIZADA EM MOGI DAS CRUZES**

CAPTAÇÃO, EXTRAÇÃO E DERIVAÇÃO

VALOR DA CAPTAÇÃO = Σ PUF_{CAP} . V_{CAP}

Σ PUF_{CAP} = PUB_{CAP} . (Coeficientes Ponderadores)

Σ PUF_{CAP} = PUB_{CAP} . (X₁ . X₂ . X₃ . X₅ . X₆ . X₇ . X₁₃)

PUB_{CAP} = R\$ 0,01/m³

Σ PUF _{CAP} =	PUB _{CAP} .	Coeficientes
Σ PUF _{CAP} =	0,01	0,40
Σ PUF _{CAP} =	R\$ 0,0040 / m ³	

Volume Captado, Extraído ou Derivado

V_{CAP} =

V _{CAP} =	224.359 m ³ / ano
--------------------	------------------------------

VALOR DA CAPTAÇÃO = Σ PUF_{CAP} . V_{CAP} = R\$ 897,44 / ano

CONSUMO

VALOR DO CONSUMO = Σ PUF_{CONS} . V_{CONS}

Σ PUF_{CONS} = PUB_{CONS} . (Coeficientes Ponderadores)

Σ PUF_{CONS} = PUB_{CONS} . (X₁ . X₂ . X₃ . X₅ . X₇ . X₁₃)

PUB_{CONS} = R\$ 0,02/m³

Σ PUF _{CONS} =	PUB _{CONS} .	Fator de Consumo
Σ PUF _{CONS} =	0,02	0,846
Σ PUF _{CONS} =	R\$ 0,0200 / m ³	

V_{CONS} = V_{CAP} + V_{OPER.} + V_{OUTROS} - LCA - LREDE

V _{CONS} =	189.744 m ³ / ano
---------------------	------------------------------

VALOR DO CONSUMO = Σ PUF_{CONS} . V_{CONS} = R\$ 3.794,88 / ano

SIMULAÇÃO DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA BACIA ALTO TIETÊ

Nome do Usuário: **SITUAÇÃO 1 - SISTEMAS DE TRATAMENTO ANTIGOS**

CNPJ ou CPF: **INDÚSTRIA PETROQUÍMICA LOCALIZADA EM MOGI DAS CRUZES**

CARGA LANÇADA

VALOR DA CARGA LANÇADA = $\Sigma \text{PUF}_{\text{PARÂMETRO}(x)} \cdot \text{Q}_{\text{PARÂMETRO}(x)}$

$\Sigma \text{PUF}_{\text{PARÂMETRO}(x)} = \text{PUB}_{\text{PARÂMETRO}(x)} \cdot (\text{Coeficientes Ponderadores})$

$\Sigma \text{PUF}_{\text{PARÂMETRO}(x)} = \text{PUB}_{\text{PARÂMETRO}(x)} \cdot (Y_1 \cdot Y_3 \cdot Y_4)$

$\text{PUB}_{\text{PARÂMETRO}(x)} = \text{R\$ } 0,10/\text{KgDBO}$

$\text{Q}_{\text{PARÂMETRO}} = \text{Concentração média do Parâmetro (x), em Kg, vezes o}$

volume de efluente lançado, no período (no ano).

$\Sigma \text{PUF}_{\text{PARÂM}} =$	$\text{PUB}_{\text{PARÂM}} \cdot$	Coeficientes
--	---	---------------------

$\Sigma \text{PUF}_{\text{PARÂM}} =$	0,10	0,90
--	-------------	-------------

$\Sigma \text{PUF}_{\text{PARÂM}} =$	R\$ 0,0900 / KgDBO
--	---------------------------

$\text{Q}_{\text{PARÂM}(x)} =$	Concentr. (x)	$\cdot \text{V}_{\text{LANÇ}}$
--	----------------------	--

$\text{Q}_{\text{PARÂM}(x)} =$	569	34.615,20
--	------------	------------------

$\text{Q}_{\text{PARÂM}(x)} =$	19.709 KgDBO / ano
--	---------------------------

VALOR DA CARGA LANÇADA = $\Sigma \text{PUF}_{\text{PARÂM}(x)} \cdot \text{Q}_{\text{PARÂM}(x)} = \text{R\$ } 1.773,78 / \text{ano}$

VALOR ESTIMADO DA COBRANÇA ESTADUAL	Total Anual	Mensal
Valor da Captação, Extração e Derivação =	R\$ 897,44	
Valor do Consumo =	R\$ 3.794,88	
Valor da Carga Lançada =	R\$ 1.773,78	
VALOR TOTAL ANUAL =	R\$ 6.466,10	R\$ 538,84
Progressividade = 1° ao 12° mês => 60% do Valor Total =	R\$ 3.879,66	R\$ 323,30
Progressividade = 13° ao 24° mês => 80% do Valor Total =	R\$ 5.172,88	R\$ 431,07
Progressividade => 25° mês em diante 100% do Valor Total =	R\$ 6.466,10	R\$ 538,84

OBS: 1°mês se refere ao início da cobrança

TABELA B2. Simulação da Cobrança pelo Uso da Água - Situação 2

INFORME OS DADOS DE ENTRADA: Captação, Consumo e Carga Lançada	
Nome do Usuário:	SITUAÇÃO 2 - SISTEMA ATUAL SEM REÚSO DE EFLUENTES
CNPJ ou CPF:	INDÚSTRIA PETROQUÍMICA LOCALIZADA EM MOGI DAS CRUZES

CAPTAÇÕES							CONSUMO		
CAPTAÇÃO, EXTRAÇÃO E DERIVAÇÃO							Fator de Consumo	Consumo m³/ano	
Volume Captado, Extraído ou Derivado m³/h		Regime de Outorga			Coeficientes Ponderadores				
Vazão Captado, Extraído, ou Derivado	Vazão (m³/h)	Horas/dia	Dias/mês	Volume m3/ano	X1*X2*...X13	Calculo da média Ponderada			
Captção ou Derivação: Vazão Outorgada = Vazão Captada ou Derivada									
Poço P1	20,42	20	20	98.032	0,00	-	0,851	83.407	
Poço P2				-	0,00	-		-	
Captações Superficiais									
CS1=> Rio:	20,42	20	20	98.032	0,80	78.425		83.407	
CS2=> Rio:				-	0,00	-		-	
Vazão ou Outorga a Regularizar ^[1]									
Poço P3				-	0,00	-		-	
Poço P4				-	0,00	-		-	
CS3=> Rio:				-	0,00	-		-	
Total					196.063	0,40			166.814

[1] Outorga nova ou alteração na outorga existente

OBS: Incluir linhas se houver mais captações ou extrações

Coeficientes Ponderadores de Captação	Classe	X ₁ , X ₃ , X ₅ , X ₆ e X ₁₃	X ₂	X ₇ (finalidades do uso) ^[2]	Coeficiente Ponderador
Poço P1		1,0	1,0		0,00
Poço P2		1,0	1,0		0,00
CS1=> Rio:	3	1,0	0,80	1	0,80
CS2=> Rio:	x	1,0	0,0		0,00
Poço P3		1,0	1,0		0,00
Poço P4		1,0	1,0		0,00
CS3=> Rio:	x	1,0	0,0		0,00

[2] ver Tabela de Coef. Ponderadores

x Preencher com a Classe do Rio na captação correspondente.

LANÇAMENTOS								
CARGA LANÇADA EM CORPOS D'ÁGUA								
Volume Lançado m³/h		Regime de Outorga e/ou Licença			Carga		Coeficientes Ponderadores	
Lançamentos em Corpos d'Águas	Vazão (m³/h)	Horas/dia	Dias/mês	m3/ano	Carga DBO5,20 (mg/L) ^[5]	kg DBO5,20/ ano	Y1*Y3*Y4	Calculo da média Ponderada
Lançamento Outorgado								
LA1=> Rio:	5,08	24	20	29.248,8	24	702	0,20	142
LA1=> Rio:				0		-	0,00	-
Lançamento: a Regularizar ou alterar à Outorga								
LA3=> Rio:				0		-	0,00	-
LA4=> Rio:				0		-	0,00	-
LA5=> Rio:				0		-	0,00	-
Sub Total				29.248,8	24	702	0,20	142

Coeficientes Ponderadores de Carga Lançada (ver Tabela de Coef. Ponderadores)	Classe	Y ₁	Y ₃	Eficiência da Remoção (%)	Y ₄	Coeficiente Ponderador
LA1=> Rio:	3	0,9	0,22	98,60	1,00	0,20
LA2=> Rio:	x	0,0	1,00		1,00	0,00
LA3=> Rio:	x	0,0	1,00		1,00	0,00
LA4=> Rio:	x	0,0	1,00		1,00	0,00
LA5=> Rio:	x	0,0	1,00		1,00	0,00

[5]	Carga Afluente (mg/L)	Carga Efluente (mg/L)
		0
		0
		0
		0
		0

x Preencher com a Classe do Rio no lançamento correspondente

CARGA LANÇADA NO SOLO				
Lançamentos no Solo	Vazão (m³/h)	Horas/dia	Dias/mês	m³/ano
Lançamento Licenciado				
LS1				-
LS2				-
LS3				-
Lançamento a Regularizar ou Dispensa de Licença				
LS4				-
LS5				-
LS6				-
Sub Total				-

CARGA LANÇADA NA REDE				
Lançamentos na Rede	Vazão (m³/h)	Horas/dia	Dias/mês	m³/ano
LR1				-
LR2				-
Sub Total				-

CONSUMO

Fator de Consumo (m³/ano)	USO RH	Lançam.	Consumo
Volume Captado m³/ano	196.063		
Volume Fornecido Rede Publica ou Particular m3/ano ³			
Volume Fornecido Outras Fontes m3/ano ⁴			
Sub Total	196.063		
Lançamento em corpos d'água		29.249	
Lançamento na rede		-	
Lançamento no solo		-	
Sub Total		29.249	
Consumo (V_{CAP}+V_{REDE}+V_{OUTROS}-L_{CA}-L_{REDE})			166.814
Fator de Consumo			0,851

^{|3|} Volume fornecido pelo Operador de Saneamento

^{|4|} Volume fornecido por Caminhões Pipa

Coeficientes Ponderadores de Consumo (ver Tabela de Coef. Ponderadores)	X ₁ ,X ₂ ...,X _n	Coeficiente Ponderador
Poço P1	1,00	1,00
Poço P2	1,00	1,00
CS1=> Rio:	1,00	1,00
CS2=> Rio:	1,00	1,00
Poço P3	1,00	1,00
Poço P4	1,00	1,00
CS3=> Rio:	1,00	1,00

SIMULAÇÃO DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA BACIA ALTO TIETÊ

Nome do Usuário: **SITUAÇÃO 2 - SISTEMA ATUAL SEM REÚSO DE EFLUENTES**

CNPJ ou CPF: **INDÚSTRIA PETROQUÍMICA LOCALIZADA EM MOGI DAS CRUZES**

CAPTAÇÃO, EXTRAÇÃO E DERIVAÇÃO

VALOR DA CAPTAÇÃO = $\Sigma\text{PUF}_{\text{CAP}} \cdot V_{\text{CAP}}$

$\Sigma\text{PUF}_{\text{CAP}} = \text{PUB}_{\text{CAP}} \cdot (\text{Coeficientes Ponderadores})$

$\Sigma\text{PUF}_{\text{CAP}} = \text{PUB}_{\text{CAP}} \cdot (X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_5 \cdot X_6 \cdot X_7 \cdot X_{13})$

$\text{PUB}_{\text{CAP}} = \text{R\$ } 0,01/\text{m}^3$

$\Sigma\text{PUF}_{\text{CAP}} =$	$\text{PUB}_{\text{CAP}} \cdot$	Coeficientes
$\Sigma\text{PUF}_{\text{CAP}} =$	0,01	0,40
$\Sigma\text{PUF}_{\text{CAP}} =$	R\$ 0,0040 / m³	

Volume Captado, Extraído ou Derivado

$V_{\text{CAP}} =$

$V_{\text{CAP}} =$	196.063 m³ / ano
--------------------	------------------------------------

VALOR DA CAPTAÇÃO = $\Sigma\text{PUF}_{\text{CAP}} \cdot V_{\text{CAP}} = \text{R\$ } 784,25 / \text{ano}$

CONSUMO

VALOR DO CONSUMO = $\Sigma\text{PUF}_{\text{CONS}} \cdot V_{\text{CONS}}$

$\Sigma\text{PUF}_{\text{CONS}} = \text{PUB}_{\text{CONS}} \cdot (\text{Coeficientes Ponderadores})$

$\Sigma\text{PUF}_{\text{CONS}} = \text{PUB}_{\text{CONS}} \cdot (X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_5 \cdot X_7 \cdot X_{13})$

$\text{PUB}_{\text{CONS}} = \text{R\$ } 0,02/\text{m}^3$

$\Sigma\text{PUF}_{\text{CONS}} =$	$\text{PUB}_{\text{CONS}} \cdot$	Fator de Consumo
$\Sigma\text{PUF}_{\text{CONS}} =$	0,02	0,851
$\Sigma\text{PUF}_{\text{CONS}} =$	R\$ 0,0200 / m³	

$V_{\text{CONS}} = V_{\text{CAP}} + V_{\text{OPER.}} + V_{\text{OUTROS}} - L_{\text{CA}} - L_{\text{REDE}}$

$V_{\text{CONS}} =$	166.814 m³ / ano
---------------------	------------------------------------

VALOR DO CONSUMO = $\Sigma\text{PUF}_{\text{CONS}} \cdot V_{\text{CONS}} = \text{R\$ } 3.336,29 / \text{ano}$

SIMULAÇÃO DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA BACIA ALTO TIETÊ

Nome do Usuário: **SITUAÇÃO 2 - SISTEMA ATUAL SEM REÚSO DE EFLUENTES**

CNPJ ou CPF: **INDÚSTRIA PETROQUÍMICA LOCALIZADA EM MOGI DAS CRUZES**

CARGA LANÇADA

VALOR DA CARGA LANÇADA = $\Sigma \text{PUF}_{\text{PARÂM}(x)} \cdot \text{Q}_{\text{PARÂM}(x)}$

$\Sigma \text{PUF}_{\text{PARÂM}(x)} = \text{PUB}_{\text{PARÂM}(x)} \cdot (\text{Coeficientes Ponderadores})$

$\Sigma \text{PUF}_{\text{PARÂM}(x)} = \text{PUB}_{\text{PARÂM}(x)} \cdot (Y_1 \cdot Y_3 \cdot Y_4)$

$\text{PUB}_{\text{PARÂM}(x)} = \text{R\$ } 0,10/\text{KgDBO}$

$\text{Q}_{\text{PARÂM}(x)}$ = Concentração média do Parâmetro (x), em Kg, vezes o volume de efluente lançado, no período (no ano).

$\Sigma \text{PUF}_{\text{PARÂM}} =$	$\text{PUB}_{\text{PARÂM}} \cdot$	Coeficientes
$\Sigma \text{PUF}_{\text{PARÂM}} =$	0,10	0,20
$\Sigma \text{PUF}_{\text{PARÂM}} =$	R\$ 0,0202 / KgDBO	

$\text{Q}_{\text{PARÂM}(x)} =$	Concentr. (x)	$\cdot \text{V}_{\text{LANÇ}}$
$\text{Q}_{\text{PARÂM}(x)} =$	24	29.248,80
$\text{Q}_{\text{PARÂM}(x)} =$	702 KgDBO / ano	

VALOR DA CARGA LANÇADA = $\Sigma \text{PUF}_{\text{PARÂM}(x)} \cdot \text{Q}_{\text{PARÂM}(x)}$ = **R\$ 14,15 / ano**

VALOR ESTIMADO DA COBRANÇA ESTADUAL	Total Anual	Mensal
Valor da Captação, Extração e Derivação =	R\$ 784,25	
Valor do Consumo =	R\$ 3.336,29	
Valor da Carga Lançada =	R\$ 14,15	
VALOR TOTAL ANUAL =	R\$ 4.134,69	R\$ 344,56
Progressividade = 1° ao 12° mês => 60% do Valor Total =	R\$ 2.480,82	R\$ 206,73
Progressividade = 13° ao 24° mês => 80% do Valor Total =	R\$ 3.307,75	R\$ 275,65
Progressividade => 25° mês em diante 100% do Valor Total =	R\$ 4.134,69	R\$ 344,56

OBS: 1° mês se refere ao início da cobrança

TABELA B3. Simulação da Cobrança pelo Uso da Água - Situação 3

INFORME OS DADOS DE ENTRADA: Captação, Consumo e Carga Lançada	
Nome do Usuário:	SITUAÇÃO 3 - - SISTEMA ATUAL COM REÚSO DE EFLUENTES
CNPJ ou CPF:	INDÚSTRIA PETROQUÍMICA LOCALIZADA EM MOGI DAS CRUZES

CAPTAÇÕES							CONSUMO	
CAPTAÇÃO, EXTRAÇÃO E DERIVAÇÃO							Fator de Consumo	Consumo m³/ano
Volume Captado, Extraído ou Derivado m³/h		Regime de Outorga			Coeficientes Ponderadores			
Vazão Captado, Extraído, ou Derivado	Vazão (m³/h)	Horas/dia	Dias/mês	Volume m3/ano	X1*X2*...X13	Calculo da média Ponderada		
Captção ou Derivação: Vazão Outorgada = Vazão Captada ou Derivada								
Poço P1	20,24	20	20	97.160	0,00	-		78.853
Poço P2								-
Captações Superficiais								
CS1=> Rio:	20,24	20	20	97.160	0,64	62.183		78.853
CS2=> Rio:				-	0,00	-		-
Vazão ou Outorga a Regularizar ^[1]								
Poço P3				-	0,00	-		-
Poço P4				-	0,00	-		-
CS3=> Rio:				-	0,00	-		-
				Total		194.321	0,32	0,822
								159.706

[1] Outorga nova ou alteração na outorga existente

OBS: Incluir linhas se houver mais captações ou extrações

Coeficientes Ponderadores de Captação	Classe	X ₁ , X ₃ , X ₅ , X ₆ e X ₁₃	X ₂	X ₇ (finalidades do uso) ^[2]	Coeficiente Ponderador
Poço P1		1,0	1,0		0,00
Poço P2		1,0	1,0		0,00
CS1=> Rio:	3	1,0	0,8	0,8	0,64
CS2=> Rio:	x	1,0	0,0		0,00
Poço P3		1,0	1,0		0,00
Poço P4		1,0	1,0		0,00
CS3=> Rio:	x	1,0	0,0		0,00

[2] ver Tabela de Coef. Ponderadores

x Preencher com a Classe do Rio na captação correspondente.

LANÇAMENTOS								
CARGA LANÇADA EM CORPOS D'ÁGUA								
Volume Lançado m³/h		Regime de Outorga e/ou Licença			Carga		Coeficientes Ponderadores	
Lançamentos em Corpos d'Águas	Vazão (m³/h)	Horas/dia	Dias/mês	m3/ano	Carga DBO5,20 (mg/L) ^[5]	kg DBO5,20/ ano	Y1*Y3*Y4	Calculo da média Ponderada
Lançamento Outorgado								
LA1=> Rio:	6,01	24	20	34.615,2	26	900	0,30	266
LA1=> Rio:				0		-	0,00	-
Lançamento: a Regularizar ou alterar à Outorga								
LA3=> Rio:				0		-	0,00	-
LA4=> Rio:				0		-	0,00	-
LA5=> Rio:				0		-	0,00	-
Sub Total				34.615,2	26	900	0,30	266

Coeficientes Ponderadores de Carga Lançada (ver Tabela de Coef. Ponderadores)	Classe	Y ₁	Y ₃	Eficiência da Remoção (%)	Y ₄	Coeficiente Ponderador
LA1=> Rio:	3	0,9	0,33	97,95	1,00	0,30
LA2=> Rio:	x	0,0	1,00		1,00	0,00
LA3=> Rio:	x	0,0	1,00		1,00	0,00
LA4=> Rio:	x	0,0	1,00		1,00	0,00
LA5=> Rio:	x	0,0	1,00		1,00	0,00

[5]	Carga Afluente (mg/L)	Carga Efluente (mg/L)
		0
		0
		0
		0
		0

x Preencher com a Classe do Rio no lançamento correspondente

CARGA LANÇADA NO SOLO				
Lançamentos no Solo	Vazão (m³/h)	Horas/dia	Dias/mês	m³/ano
Lançamento Licenciado				
LS1				-
LS2				-
LS3				-
Lançamento a Regularizar ou Dispensa de Licença				
LS4				-
LS5				-
LS6				-
Sub Total				-

CARGA LANÇADA NA REDE				
Lançamentos na Rede	Vazão (m³/h)	Horas/dia	Dias/mês	m³/ano
LR1				-
LR2				-
Sub Total				-

CONSUMO

Fator de Consumo (m³/ano)	USO RH	Lançam.	Consumo
Volume Captado m³/ano	194.321		
Volume Fornecido Rede Publica ou Particular m3/ano ³			
Volume Fornecido Outras Fontes m3/ano ⁴			
Sub Total	194.321		
Lançamento em corpos d'água		34.615	
Lançamento na rede		-	
Lançamento no solo		-	
Sub Total		34.615	
Consumo (V_{CAP}+V_{REDE}+V_{OUTROS}-L_{CA}-L_{REDE})			159.706
Fator de Consumo			0,822

^{|3|} Volume fornecido pelo Operador de Saneamento

^{|4|} Volume fornecido por Caminhões Pipa

Coeficientes Ponderadores de Consumo (ver Tabela de Coef. Ponderadores)	X ₁ ,X ₂ ...,X _n	Coeficiente Ponderador
Poço P1	1,00	1,00
Poço P2	1,00	1,00
CS1=> Rio:	1,00	1,00
CS2=> Rio:	1,00	1,00
Poço P3	1,00	1,00
Poço P4	1,00	1,00
CS3=> Rio:	1,00	1,00

SIMULAÇÃO DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA BACIA ALTO TIETÊ

Nome do Usuário: **SITUAÇÃO 3 - SISTEMA ATUAL COM REÚSO DE EFLUENTES**

CNPJ ou CPF: **INDÚSTRIA PETROQUÍMICA LOCALIZADA EM MOGI DAS CRUZES**

CAPTAÇÃO, EXTRAÇÃO E DERIVAÇÃO

VALOR DA CAPTAÇÃO = $\Sigma\text{PUF}_{\text{CAP}} \cdot V_{\text{CAP}}$

$\Sigma\text{PUF}_{\text{CAP}} = \text{PUB}_{\text{CAP}} \cdot (\text{Coeficientes Ponderadores})$

$\Sigma\text{PUF}_{\text{CAP}} = \text{PUB}_{\text{CAP}} \cdot (X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_5 \cdot X_6 \cdot X_7 \cdot X_{13})$

$\text{PUB}_{\text{CAP}} = \text{R\$ } 0,01/\text{m}^3$

$\Sigma\text{PUF}_{\text{CAP}} =$	$\text{PUB}_{\text{CAP}} \cdot$	Coeficientes
$\Sigma\text{PUF}_{\text{CAP}} =$	0,01	0,32
$\Sigma\text{PUF}_{\text{CAP}} =$	R\$ 0,0032 / m³	

Volume Captado, Extraído ou Derivado

$V_{\text{CAP}} =$

$V_{\text{CAP}} =$	194.321 m³ / ano
--------------------	------------------------------------

VALOR DA CAPTAÇÃO = $\Sigma\text{PUF}_{\text{CAP}} \cdot V_{\text{CAP}} = \text{R\$ } 621,83 / \text{ano}$

CONSUMO

VALOR DO CONSUMO = $\Sigma\text{PUF}_{\text{CONS}} \cdot V_{\text{CONS}}$

$\Sigma\text{PUF}_{\text{CONS}} = \text{PUB}_{\text{CONS}} \cdot (\text{Coeficientes Ponderadores})$

$\Sigma\text{PUF}_{\text{CONS}} = \text{PUB}_{\text{CONS}} \cdot (X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_5 \cdot X_7 \cdot X_{13})$

$\text{PUB}_{\text{CONS}} = \text{R\$ } 0,02/\text{m}^3$

$\Sigma\text{PUF}_{\text{CONS}} =$	$\text{PUB}_{\text{CONS}} \cdot$	Fator de Consumo
$\Sigma\text{PUF}_{\text{CONS}} =$	0,02	0,822
$\Sigma\text{PUF}_{\text{CONS}} =$	R\$ 0,0200 / m³	

$V_{\text{CONS}} = V_{\text{CAP}} + V_{\text{OPER.}} + V_{\text{OUTROS}} - L_{\text{CA}} - L_{\text{REDE}}$

$V_{\text{CONS}} =$	159.706 m³ / ano
---------------------	------------------------------------

VALOR DO CONSUMO = $\Sigma\text{PUF}_{\text{CONS}} \cdot V_{\text{CONS}} = \text{R\$ } 3.194,11 / \text{ano}$

SIMULAÇÃO DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA BACIA ALTO TIETÊ

Nome do Usuário: **SITUAÇÃO 3 - SISTEMA ATUAL COM REÚSO DE EFLUENTES**

CNPJ ou CPF: **INDÚSTRIA PETROQUÍMICA LOCALIZADA EM MOGI DAS CRUZES**

CARGA LANÇADA

VALOR DA CARGA LANÇADA = $\Sigma \text{PUF}_{\text{PARÂM}(x)} \cdot \text{Q}_{\text{PARÂM}(x)}$

$\Sigma \text{PUF}_{\text{PARÂM}(x)} = \text{PUB}_{\text{PARÂM}(x)} \cdot (\text{Coeficientes Ponderadores})$

$\Sigma \text{PUF}_{\text{PARÂM}(x)} = \text{PUB}_{\text{PARÂM}(x)} \cdot (Y_1 \cdot Y_3 \cdot Y_4)$

$\text{PUB}_{\text{PARÂM}(x)} = \text{R\$ } 0,10/\text{KgDBO}$

$\text{Q}_{\text{PARÂM}(x)}$ = Concentração média do Parâmetro (x), em Kg, vezes o volume de efluente lançado, no período (no ano).

$\Sigma \text{PUF}_{\text{PARÂM}} =$	$\text{PUB}_{\text{PARÂM}} \cdot$	Coeficientes
$\Sigma \text{PUF}_{\text{PARÂM}} =$	0,10	0,30
$\Sigma \text{PUF}_{\text{PARÂM}} =$	R\$ 0,0295 / KgDBO	

$\text{Q}_{\text{PARÂM}(x)} =$	Concentr. (x)	$\cdot \text{V}_{\text{LANÇ}}$
$\text{Q}_{\text{PARÂM}(x)} =$	26	34.615,20
$\text{Q}_{\text{PARÂM}(x)} =$	900 KgDBO / ano	

VALOR DA CARGA LANÇADA = $\Sigma \text{PUF}_{\text{PARÂM}(x)} \cdot \text{Q}_{\text{PARÂM}(x)}$ = **R\$ 26,57 / ano**

VALOR ESTIMADO DA COBRANÇA ESTADUAL	Total Anual	Mensal
Valor da Captação, Extração e Derivação =	R\$ 621,83	
Valor do Consumo =	R\$ 3.194,11	
Valor da Carga Lançada =	R\$ 26,57	
VALOR TOTAL ANUAL =	R\$ 3.842,51	R\$ 320,21
Progressividade = 1° ao 12° mês => 60% do Valor Total =	R\$ 2.305,50	R\$ 192,13
Progressividade = 13° ao 24° mês => 80% do Valor Total =	R\$ 3.074,01	R\$ 256,17
Progressividade => 25° mês em diante 100% do Valor Total =	R\$ 3.842,51	R\$ 320,21

OBS: 1° mês se refere ao início da cobrança

ANEXO A

Relatório Fotográfico do Sistema de Tratamento de Efluentes



Foto1. Vista da Estação de Tratamento de Efluentes. (INDÚSTRIA PETROQUÍMICA, 2008)



Foto 2. Vista da Estação de Tratamento de Efluentes. (INDÚSTRIA PETROQUÍMICA, 2008)



Foto 3. Tanque de Equalização - U8-TQ-002. (INDÚSTRIA PETROQUÍMICA, 2008)



Foto 4. Flotador - U8-FD-001. (INDÚSTRIA PETROQUÍMICA, 2008)



Foto 5. Tanque de Aeração - U8-RE-001/002/003. (INDÚSTRIA PETROQUÍMICA, 2008)



Foto 6. Flotador - FLO-002. (INDÚSTRIA PETROQUÍMICA, 2008)



Foto 7. Tanque de Aeração por Membranas - TAM-001. (INDÚSTRIA PETROQUÍMICA, 2008)



Foto 8. Tanque de Aeração por Membranas - TAM-001. (INDÚSTRIA PETROQUÍMICA, 2008)

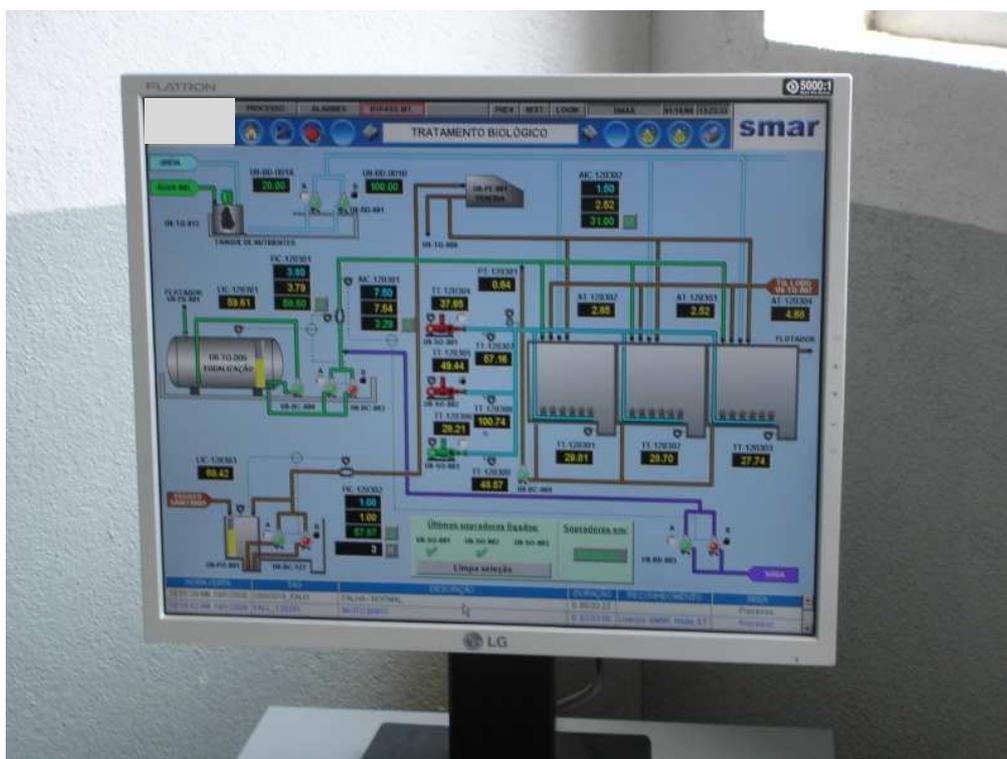


Foto 9. Controle operacional da estação. (INDÚSTRIA PETROQUÍMICA, 2008)



Foto 10. Efluente tratado. (INDÚSTRIA PETROQUÍMICA, 2008)



Foto 11. Tanque de Acúmulo de Lodo. (INDÚSTRIA PETROQUÍMICA, 2008)



Foto 12. Centrífuga de desidratação do lodo biológico. (INDÚSTRIA PETROQUÍMICA, 2008)