

Ministério da Saúde  
**Fundação Oswaldo Cruz**  
*Escola Nacional de Saúde Pública*

***“Tratamento de Águas Residuárias por Reator Biológico Aeróbio do  
Tipo Vertical Contínuo”***

*por*

***Darney Teresa Couto de Sá***

*Dissertação apresentada com vistas à obtenção do título de Mestre em  
Ciências na área de Saúde Pública*

*Orientador: Prof. Dr. Odir Clécio da Cruz Roque*

Rio de Janeiro, Julho de 2002

**FICHA CATALOGRÁFICA**

**SÁ, DARNEY TERESA COUTO** *Tratamento de Águas Residuárias por Reator Biológico Aeróbio do Tipo Vertical Contínuo.* [Rio de Janeiro]. 2002 v, 128p. (FIOCRUZ/ENSP, M. S.c., Engenharia Sanitária e Saúde Pública, 2002). Dissertação – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública.

1. FIOCRUZ/ENSP II. Título (série)

**DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha família, principalmente aos seus mais novos membros Raissa, Silvia, Maria Vitória, Sidney Neto e Sabrina.

“Qualquer ato de amor, por menor que seja, é um trabalho pela paz”  
*Madre Teresa de Calcutá*

## AGRADECIMENTOS

A Fundação Oswaldo Cruz e em especial a Escola Nacional de Saúde Pública por tornar possível a realização deste trabalho.

Ao mestre e amigo Prof. Dr. Odir Clécio da Cruz Roque, que acreditou no meu potencial, e com grande orgulho e satisfação tive como meu orientador.

Aos Professores da Escola Nacional de Saúde Pública - Fundação Oswaldo Cruz que muito me auxiliaram no aprimoramento do meu saber.

Aos colegas da turma de mestrado Saneamento Ambiental/2000 pela colaboração em meus estudos, em especial ao colega Luiz Gomes pelo auxílio na busca da estação a ser estudada.

Ao colega da turma de mestrado Saneamento Ambiental/2001, João Marcelo do Nascimento Barbosa pelo auxílio prestado.

A Fundação Rio-Águas nas pessoas dos engenheiros Edson Mendonça e Luiz Felipe Verdolin pela colaboração no estudo da Estação do Recreio dos Bandeirantes.

A Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Estado do Rio de Janeiro pela sua colaboração com o Relatório da Estação de Tratamento da Ilha de Paquetá.

Ao Prof. Dib Gebara pelos importantes artigos enviados.

Aos funcionários do Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental pela preciosa colaboração.

Aos meus familiares pelo apoio que recebi para realizar este trabalho.

A empresa Graunasa Sistemas Ambientais Indústria e Comércio Ltda, atualmente Aqualatina Engenharia Ambiental Ltda, pelo seu auxílio prestado

A todos aqueles que de alguma forma colaboraram para realização deste trabalho.

Resumo da Dissertação de mestrado apresentada à FIOCRUZ/ENSP como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

## **Tratamento de Águas Residuárias por Reator Biológico Aeróbio do Tipo Vertical Contínuo**

A presente Dissertação de Mestrado aborda um tipo de tratamento específico de esgoto. Pode-se classificar tratamento de esgotos em um conjunto de ações maiores, cujo objetivo é proteger a saúde do homem. Tem-se aí uma das faces do Saneamento. Restringindo ainda mais o conceito, chega-se a Saneamento Básico. É onde se encaixa tratamento de esgotos. As estatísticas brasileiras indicam que o Brasil além de carente em redes de esgotos ainda é um país, cuja maior parte dos esgotos produzidos é descartada sem tratamento.

O sistema estudado emprega um Reator Biológico Aeróbio do Tipo Vertical Contínuo, variante do processo de lodos ativados. Existem várias outras propostas de reatores biológicos ascendentes, manta de lodo, UASB, leito fluidizado e leito fixo. No entanto todos estes reatores são anaeróbios. Convém chamar a atenção sobre o Sistema anaeróbio/aeróbio em dutos fechados.

O tratamento do reator estudado é realizado em condições aeróbias, aproveitando efeitos cumulativos das reações bioquímicas unitárias proporcionadas pelo modelo hidráulico do reator de grande profundidade, utilizando propriedades do leito fluidizado.

No Rio de Janeiro pode-se encontrar implantadas e em funcionamento as estações de tratamento da Ilha de Paquetá, do Campus da Fundação Oswaldo Cruz e no Recreio dos Bandeirantes. Tem-se notícia de utilização do processo em algumas outras cidades do país: Palmas e Campinas. A proposta de dissertação justifica-se no próprio objetivo de obtenção de dados reais do funcionamento de um modelo recente de tratamento de efluentes.

Observa-se que as estações funcionam, mas os resultados quando analisados a luz das normas verifica-se que alguns parâmetros cumprem o padrão e outros não.

Recomenda-se que o processo poderá ser utilizado devendo-se porém atender as suas limitações.

**PALAVRAS – CHAVE:** Tratamento de Esgotos Orgânicos, Tratamento Biológico de Águas Residuárias, Reator Biológico Aeróbio Vertical Contínuo.

Abstract of the Dissertation presented to FIOCRUZ/ENSP as part of the necessary requirements for obtaining the Master's Degree in Sciences (M.Sc.)

### **Wastewater Treatment through Vertical Continuous Aerobic Biological Reactor**

This Master's Degree Dissertation presents a specific kind of wastewater treatment. Wastewater treatment can be classified in a set of larger actions, whose goal is to protect the Public Health. This is an important concept part of the sanitation. The Brazilian statistics indicate that Brazil still is a country, whose larger part of the sewage produced is not conducted by sewage systems and mainly disposed without treatment.

The studied system is a form of activated-sludge process. There are several other proposed up flow biological reactors, UASB, fluidized bed and fixed bed. However all of these reactors are anaerobic.

The treatment of the studied reactor is aerobic. It uses cumulative effects of the unitary biochemical reactions provided by the hydraulic model of the great depth reactor, using fluidized bed properties.

In Rio de Janeiro we may find in operation the plants of Paquetá, Campus of the Oswaldo Cruz Foundation and Recreio dos Bandeirantes. There are informations of the utilization of this process in some other cities: Palmas and Campinas. The proposal dissertation justifies it in the obtainment of the operation values of this recent model effluent treatment.

The plant has been seen working, but the results when analyzed it verifies in some parameters accomplish the standard and others not.

As a recommendation the process may be used, if however in accordance with its proper limitations.

**KEY - WORDS:** Organic Sewage Treatment, Biological Wastewater Treatment, Vertical Continuous Aerobic Reactor

## SUMÁRIO

|   |          |
|---|----------|
| FICHA CATALOGRÁFICA .....   | ii       |
| DEDICATÓRIA .....   | iii      |
| EPIGRAFE .....  | iv       |
| AGRADECIMENTOS .....  | v        |
| RESUMO .....  | vi       |
| ABSTRACT .....  | vii      |
| SUMÁRIO .....   | viii     |
| <b>1 – INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>1</b> |
| <b>2 – OBJETIVOS .....</b>  | <b>4</b> |
| <b>3 – REVISÃO DE LITERATURA .....</b>  | <b>5</b> |
| 3.1 – Processos de Tratamento .....   | 5        |
| 3.1.1 – Tratamento Preliminar.....  | 7        |
| 3.1.2 – Tratamento Primário .....   | 9        |
| 3.1.3 – Tratamento Secundário .....   | 10       |
| 3.1.3.1 – Processos Biológicos .....  | 10       |
| 3.1.3.2 – Classificação do Tratamento Secundário .....  | 11       |
| 3.1.3.2.1 – Filtros Anaeróbios Tipo Cynamon.....  | 11       |
| 3.1.3.2.2 – Valo Anaeróbio – Aeróbio .....  | 13       |
| 3.1.3.2.3 – Tratamento Biológico por Lodos Ativados .....   | 16       |
| 3.1.3.2.3.1 – Generalidades .....   | 16       |
| 3.1.4 – Sistema de Tratamento do Lodo (Fase sólida) .....   | 25       |
| 3.2 – Tratamento de Esgotos por Reator Biológico do Tipo Vertical Contínuo<br>ou a Poço Profundo .....              | 27       |
| 3.2.1 – Tratamento Aeróbio sob Pressão .....  | 27       |
| 3.2.2 – Reator de Poço Profundo ou Deep Shaft .....   | 29       |
| 3.2.3 – Variante – Reator Biológico Aeróbio do Tipo Vertical Contínuo ou<br>Sistema Aeróbio Vertical Contínuo ..... | 34       |
| 3.2.3.1 - Reatores de Aeração Profunda .....  | 34       |



|   |            |
|---|------------|
| 3.2.3.2 – Os Microorganismos Importantes no Processo .....      | 39         |
| 3.2.3.3 – Densidade dos Flocos no Sistema em Estudo .....       | 40         |
| 3.2.3.4 – Concentração de Biomassa no Leito Fluidizado .....    | 41         |
| 3.2.3.5 – Floculação no Leito Fluidizado .....                  | 42         |
| 3.2.3.6 – Transferência de Oxigênio no Processo .....           | 44         |
| 3.2.3.7 – Oxigênio Necessário .....                             | 47         |
| 3.2.3.8 – Dissolução do Ar na Água .....                        | 49         |
| 3.2.3.9 – Circuitos Hidráulicos .....                           | 53         |
| 3.2.3.10 – Modelo Cinético de Dimensionamento do Processo ..... | 55         |
| 3.2.3.10.1 – Equações Diferencias Básicas .....                 | 55         |
| 3.3 – Legislação Ambiental .....                                | 63         |
| <b>4 – PROJETOS QUE UTILIZARAM A TECNOLOGIA EM ESTUDO .....</b> | <b>66</b>  |
| 4.1 – Estação de Tratamento da Ilha de Paquetá .....            | 66         |
| 4.2 – Estação de Tratamento do Recreio dos Bandeirantes .....   | 68         |
| <b>5 – METODOLOGIA .....</b>                                    | <b>72</b>  |
| <b>6 – RESULTADOS.....</b>                                      | <b>75</b>  |
| <b>7 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>                     | <b>98</b>  |
| <b>8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                     | <b>101</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 01 – Fluxograma do tratamento preliminar.....                                  | 08 |
| Figura 02 – Fluxograma do tratamento primário.....                                    | 09 |
| Figura 03 – Filtro Anaeróbio Tipo Cynamon.....  | 13 |
| Figura 04 – Unidade do Valo Anaeróbio.....  | 15 |
| Figura 05 – Unidade do Valo Aeróbio.....  | 15 |
| Figura 06 – Esquema das unidades da etapa biológica do sistema de lodos ativados..... | 17 |
| Figura 07 – Algumas Alternativas de Tratamento e Disposição do Lodo.....              | 26 |
| Figura 08 – Esquema da bancada experimental.....                                      | 33 |
| Figura 09 – Esquema do Sistema Aeróbio Vertical Contínuo.....                         | 36 |
| Figura 10 – Detalhamento do Reator Vertical Contínuo.....                             | 37 |
| Figura 11 – Disponibilidade mínima de oxigênio no sistema em estudo.....              | 51 |
| Figura 12 – Diagrama de sentido de recirculação.....                                  | 54 |
| Figura 13 – Esquema do sistema da estação em estudo.....                              | 62 |
| Figura 14 – Localização da ETE da Ilha de Paquetá.....                                | 67 |
| Figura 15 – Localização da ETE do Recreio dos Bandeirantes.....                       | 69 |

## LISTA DE QUADROS

|   |    |
|---|----|
| Quadro 01 – Características dos níveis ou graus de tratamento de esgotos.....   | 07 |
| Quadro 02 – Descrição sucinta das variantes mais comuns em lodos ativados.....  | 18 |
| Quadro 03 – Principais características dos sistemas com idade do lodo convencional e aeração prolongada.....  | 19 |
| Quadro 04 – Duração de cada ciclo, segundo diferentes objetivos de remoção proposto por EPA (1993).....   | 20 |
| Quadro 05 – Comparação entre os sistemas de lodos ativados convencional e aeração prolongada.....   | 21 |
| Quadro 06 – Vantagens e desvantagens mais comuns do sistema de lodos ativados.....  | 22 |
| Quadro 07 – Principais modelos de reatores utilizados no tratamento de esgotos.....   | 23 |
| Quadro 08 – Principais características das variantes do processo de lodos ativados.....   | 30 |
| Quadro 09 – Valores dos coeficientes $a'$ e $b'$ .....  | 48 |
| Quadro 10 – Solubilidade de ar e oxigênio em equilíbrio com ar seco e uma atmosfera de pressão.....   | 50 |
| Quadro 11 – Valores do peso específico do ar.....   | 52 |
| Quadro 12 – Remoção do substrato e o valor do coeficiente $k_{GR}$ para os diversos tipos de despejos no Sistema Aeróbio Vertical Contínuo.....         | 59 |
| Quadro 13 – Quadro Comparativo de Processos de Tratamento de Esgoto.....  | 61 |
| Quadro 14 – Classificação das águas doces em função dos usos preponderantes (Resolução CONAMA nº 20, 18/06/1986).....                                   | 64 |
| Quadro 15 – Padrões de qualidade para corpos d'água das diversas classes (água doce) e padrão de lançamento (Resolução CONAMA nº 20 de 18/06/1986)..... | 65 |

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

|  |    |
|--|----|
| Fotografia 01 – Edificação onde se localiza a estação.....   | 70 |
| Fotografia 02 – Entrada do afluente na estação.....  | 70 |
| Fotografia 03 – Afluente que é encaminhado para tanque de homogeneização.....                          | 70 |
| Fotografia 04 – Pátio no interior da edificação, onde observa-se o tanque de homogeneização.....       | 70 |
| Fotografia 05 – Efluente na calha parshall, sendo encaminhado para o corpo receptor..                  | 71 |
| Fotografia 06 – Efluente sendo despejado no corpo receptor.....  | 71 |
| Fotografia 07 – Laboratório localizado dentro da edificação, onde foram realizados alguns ensaios..... | 71 |
| Fotografia 08 – Maquete do sistema em estudo, localizada no laboratório da estação..                   | 71 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 01 – Coleta de 12/01/1999.....                | 75 |
| Tabela 02 – Coleta de 19/01/1999.....                | 76 |
| Tabela 03 – Coleta de 29/01/1999.....                | 76 |
| Tabela 04 – Média de Janeiro de 1999.....            | 77 |
| Tabela 05 – Coleta de 02/02/1999.....                | 77 |
| Tabela 06 – Coleta de 12/02/1999.....                | 78 |
| Tabela 07 – Coleta de 26/02/1999.....                | 78 |
| Tabela 08 – Média de fevereiro de 1999.....          | 79 |
| Tabela 09 – Coleta de 02/03/1999.....                | 79 |
| Tabela 10 – Coleta de 16/03/1999.....                | 80 |
| Tabela 11 – Coleta de 30/03/1999.....                | 80 |
| Tabela 12 – Média de Março de 1999.....              | 81 |
| Tabela 13 – Coleta de 01/06/1999.....                | 81 |
| Tabela 14 – Coleta de 15/06/1999.....                | 82 |
| Tabela 15 – Coleta de 30/06/1999.....                | 82 |
| Tabela 16 – Média de Junho de 1999.....              | 83 |
| Tabela 17 – Coleta de 01/07/1999.....                | 83 |
| Tabela 18 – Coleta de 15/07/1999.....                | 84 |
| Tabela 19 – Coleta de 30/07/1999.....                | 84 |
| Tabela 20 – Média de Julho de 1999.....              | 85 |
| Tabela 21 – Média do Ano de 1999 da ETE Paquetá..... | 85 |
| Tabela 22 – Coleta de 15/10/2001.....                | 86 |
| Tabela 23 – Coleta de 22/10/2001.....                | 86 |
| Tabela 24 – Coleta de 29/10/2001.....                | 87 |
| Tabela 25 – Coleta de 05/11/2001.....                | 87 |
| Tabela 26 – Média da ETE Recreio.....                | 88 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 01 – DBO ETE Paquetá.....                                      | 89 |
| Gráfico 02 – DQO ETE Paquetá.....                                      | 90 |
| Gráfico 03 – Materiais Sedimentáveis ETE Paquetá.....                  | 91 |
| Gráfico 04 – DBO ETE Recreio dos Bandeirantes.....                     | 92 |
| Gráfico 05 – DQO ETE Recreio dos Bandeirantes.....                     | 93 |
| Gráfico 06 – Materiais Sedimentáveis ETE Recreio dos Bandeirantes..... | 94 |

## LISTA DE ABREVIATURAS

CEDAE – Companhia Estadual de Águas e Esgotos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

ENSP – Escola Nacional de Saúde Pública

ETE – Estação de Tratamento de Esgotos

FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente

FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz

IPLANRIO – Instituto de Planejamento da Cidade do Rio de Janeiro

OD – Oxigênio Dissolvido

OMS – Organização Mundial de Saúde

RALF – Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

UASB – Up-flow Anaerobic Sludged Blanket (Reactor)





## 1 – INTRODUÇÃO

A presente Dissertação de Tese de Mestrado aborda um tipo específico de tratamento de esgotos. Pode-se classificar tratamento de esgotos em um conjunto de ações maiores, cujo objetivo é a proteção ambiental e a saúde do homem. Essa proteção nada mais é que uma das faces do Saneamento.

O conceito de Saneamento vem evoluindo com o tempo. Existem várias definições, será feita referência a uma bem atual.

“Pode-se dizer que Saneamento é: o conjunto de ações sócio-econômicas que tem por objetivo alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental, por meio do abastecimento de água potável, coleta, disposição sanitária de resíduos líquidos, sólidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária do uso e ocupação do solo, drenagem urbana, controle de vetores e reservatório de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural”. (BRASIL - CONGRESSO NACIONAL, 1991).

Pode-se restringir o conceito de Saneamento com o de Saneamento Básico. Este se refere ao conjunto de ações, obras e serviços considerados prioritários em programas de Saúde Pública, definidos como aqueles que envolvam: abastecimento de água; destino adequado dos dejetos - com soluções sanitárias para casos individuais ou coletivos, fossas, redes coletoras e tratamento; destino adequado do lixo; drenagem urbana - com eficiência, sem mistura com esgotos sanitários; controle de vetores e roedores - de maneira a quebrar elos na cadeia de transmissão de doenças.

Como se pode verificar, tratamento de esgotos é Saneamento Básico. As estatísticas do saneamento no Brasil divulgadas recentemente na publicação Diagnósticos dos Serviços de Águas e Esgotos – 1999, como parte do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e também as publicadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS) resultaram em uma série de discussões, confrontando inclusive, a realidade nacional a de com outros países em diversos continentes. O que se pode observar de uma maneira geral é o volume de esgoto tratado/volume de esgoto coletado é de 49,9% e que o volume de esgoto tratado/por volume de água consumida é 24,7%. Deve-se ressaltar que há incertezas com relação aos volumes de esgotos que, em determinadas informações foram reportados como medidos, em outras, como estimados. Neste cenário de dúvidas, verifica-se que, independentemente das estatísticas, a maior

parte dos esgotos produzidos no Brasil é descartada sem tratamento. (VON SPERLING, 1999)

Ainda segundo VON SPERLING (1999), a avaliação global da posição do Brasil no cenário internacional mostra estatísticas mais favoráveis que da média dos continentes em desenvolvimento. No entanto uma análise introspectiva, mostra o grande desafio a ser abraçado nos próximos anos.

Com a necessidade do aumento da cobertura de redes coletoras de esgoto, várias propostas estão sendo aplicadas, principalmente no que se refere a tratamento. Neste sentido, propostas com reatores biológicos ascendentes, manta de lodo, UASB, leito fluidizado (CHERNICARO,1997) e leito fixo, (CYNAMON,1986) vêm sendo empregadas. Por este motivo foi selecionado para estudos um desses processos. A escolha recaiu sobre o modelo proposto por empresa sediada em São Paulo-SP, de um sistema empregando um Reator Biológico Aeróbio Vertical do Tipo Contínuo, variante do processo de lodos ativados. Trata-se de um conjunto de processos de tratamento de esgoto em reatores de poços profundos, que podem estar ligados em série ou em paralelo. O tratamento é realizado em condições aeróbias, aproveitando efeitos cumulativos das reações bioquímicas unitárias proporcionadas pelo modelo hidráulico do reator biológico de grande profundidade, utilizando as propriedades do leito fluidizado.

É um sistema completo de tratamento de efluentes que, segundo a literatura, dispõe de recursos hidráulicos suficientes para atender as mais diversas solicitações, tanto para cargas poluentes de origem orgânica como para diversos contaminantes de origem química.

No Rio de Janeiro pode-se encontrar implantadas e em funcionamento as estações de tratamento da Ilha de Paquetá, Campus da Fundação Oswaldo Cruz e no Recreio dos Bandeirantes. Tem-se notícia de utilização do processo na cidade de Palmas e Campinas, embora não se conheça na verdade, se os resultados propostos pelas teorias se confirmam na prática, já que os valores do fator de escala, não foram enumerados. Por outro lado não existem informações concretas das dificuldades de operação e manutenção bem como problemas estruturais de engenharia. Neste sentido a proposta de dissertação justifica-se no próprio objetivo de obtenção de dados reais de funcionamento de um modelo recente de processo de tratamento de efluentes.

A seguir apresenta-se de forma mais detalhada os objetivos desta Dissertação e posteriormente tem-se a Revisão de Literatura em que foi feita uma explanação sobre os

principais tipos de tratamento até chegar-se ao tipo de tratamento estudado. Foram realizadas coletas para este trabalho em duas estações já citadas anteriormente: ETE Paquetá e ETE Recreio dos Bandeirantes. A seguir tem-se os Resultados sua Discussão e finalizando, a Conclusão com as Recomendações.

## **2 - OBJETIVOS**

### **1 – Gerais**

O projeto objetiva a avaliação de eficiência de processos de tratamento de águas residuárias por reator aeróbio vertical contínuo, fluxo de manta de lodo fluidizado, suas eficiências e aplicabilidade.

### **2 - Específicos**

Estudo das condições gerais de funcionamento; a verificação de formulas e parâmetros empregados; a avaliação de eficiências na redução de parâmetros constantes nas normas e padrões de tratamento de esgotos, estabelecidos pela legislação brasileira.

## 3 – REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 – Processos de Tratamento

Um sistema qualquer encaminha seus efluentes, direta ou indiretamente, para corpos d'água receptores, formados pelo conjunto de águas superficiais e/ou de subsolo. A capacidade receptora destas águas, em harmonia com sua utilização, estabelece o grau de condicionamento a que deverá ser submetido o efluente sanitário, de modo que o corpo d'água receptor não sofra alterações nos parâmetros de qualidade fixados para a região afetada pelo lançamento. Os condicionamentos aplicados aos esgotos são comumente denominados processos de tratamento (PESSOA e JORDÃO, 1995).

Ainda segundo MELTCALF e EDDY (1991), PESSOA e JORDÃO (1995) e VON SPERLING (1996), os processos de tratamento dividem-se em operações e processos unitários, e a integração destes compõem o sistema de tratamento; operações estas empregadas para remoção de substâncias indesejáveis, ou para transformação destas substâncias em outras de forma aceitável.

O conceito de operação e processo unitário é por vezes utilizado intercambiadamente, em razão dos mesmos poderem ocorrer simultaneamente numa mesma unidade de tratamento. De uma forma geral, pode-se adotar as seguintes definições (MELTCALF e EDDY, 1991)

- Operações físicas unitárias: métodos de tratamento na qual predomina a ação de forças físicas (ex.: gradeamento, mistura, floculação, sedimentação, flotação, filtração);
- Processos químicos unitários: métodos de tratamento nos quais a remoção ou conversão de contaminantes ocorre por adição de produtos químicos ou seja devido a reações químicas (ex.: precipitação, adsorção, desinfecção);
- Processos biológicos unitários: métodos de tratamento nos quais a remoção de contaminantes ocorre por meio de atividade biológica (ex.: remoção da matéria orgânica carbonácea, desnitrificação).

Estes processos não atuam isoladamente; as transformações provocadas por um determinado processo de tratamento influirão indiretamente nos fenômenos inerentes aos demais processos: a simples sedimentação (processo físico) reduzirá também algumas características químicas e biológicas.

Segundo BARROS et al. (1995), usualmente, consideram-se os seguintes níveis para tratamento dos esgotos domésticos:

- Preliminar
- Primário
- Secundário
- Terciário

Os níveis dependem das eficiências que se deseja atingir, as características do corpo receptor, o grau de diluição no lançamento dos efluentes e a solução dada para o lançamento. Sempre há necessidade de estudar o corpo receptor de forma a atender as questões de finalidade estabelecidas nas ligações.

Quadro 01 - Características dos níveis ou graus de tratamento dos esgotos

| Ítem   | Nível <sup>(1)</sup>                                  |  |  |
|--|---|--|--|
|  | Preliminar  | Primário   | Secundário   |
| Poluentes removidos                            | Sólidos grosseiros<br>Partículas discretas            | Sólidos sedimentáveis<br>Matéria orgânica Sedimentável   | Sólidos não sedimentáveis<br>Matéria orgânica não sedimentável<br>Eventualmente nutrientes |
| Eficiência de remoção                          | -   | Sólidos em suspensão: 60-70%<br>Matéria orgânica: 30-40%<br>Patogênicos: 30-40% <sup>(3)</sup> | Matéria orgânica: 60-90%<br>Patogênicos: 60-99% <sup>(3)</sup>                             |
| Tipo de tratamento predominante                | Físico  | Físico   | Biológico  |
| Cumprir o padrão de lançamento? <sup>(2)</sup> | Não   | Não  | Usualmente sim   |
| Aplicação                                      | Montante de elevatória<br>Etapa inicial de tratamento | Tratamento parcial<br>Etapa intermediária de tratamento mais completo                          | Tratamento mais completo (para matéria orgânica)   |

Fonte: Roque, 1997

(1) Uma ETE a nível secundário usualmente tem tratamento preliminar, mas pode ou não ter tratamento primário (depende do processo).

(2) Padrão de lançamento tal como expresso na legislação. O órgão ambiental estadual poderá autorizar outros valores para o lançamento, caso estudos ambientais demonstrem que o corpo receptor continuará enquadrado dentro da sua classe.

(3) A variação é devido a heterogeneidade de patogênicos e a eficiência poderá ser superior, caso haja alguma etapa de remoção específica.

A descrição das principais operações segundo RAMALHO (1977) e MENDONÇA (1987) entre outros, podem ser:

### 3.1.1 - Tratamento Preliminar

O tratamento preliminar destina-se, principalmente, a remoção de sólidos em suspensão grosseiros (materiais de maiores dimensões e areia), com a utilização de mecanismos físicos como método de tratamento.

As características apresentadas por águas residuárias ou esgotos de uma comunidade, com a presença de sólidos grosseiros e partículas abrasivas,

principalmente areia, se faz necessário a utilização em unidades de tratamento preliminar de depósitos de retenção, remoção e/ou trituração, antes do início do tratamento biológico.

O tratamento preliminar se constitui uma das mais importantes etapas de um projeto de estação de tratamento de esgotos. Normalmente é fundamental para a operação, devido à retirada de material flutuante evitando problemas de abrasão, entupimento indesejáveis e danos aos equipamentos.

O tratamento preliminar, conforme Figura 01, se compõe de grades e caixa de areia (desarenadores). Dependendo do tipo de projeto, pode-se utilizar trituradores ou densintegradores para a eliminação de sólidos grosseiros, recursos estes pouco empregados no Brasil devido principalmente a problemas de operação e manutenção.

Além das unidades de remoção dos sólidos grosseiros, inclui-se também uma unidade de medição para vazão. Usualmente esta é constituída por uma calha de dimensões padronizadas (ex.: calha Parshall), onde o valor medido do nível do líquido pode ser correlacionado com a vazão (VON SPERLING, 1996).

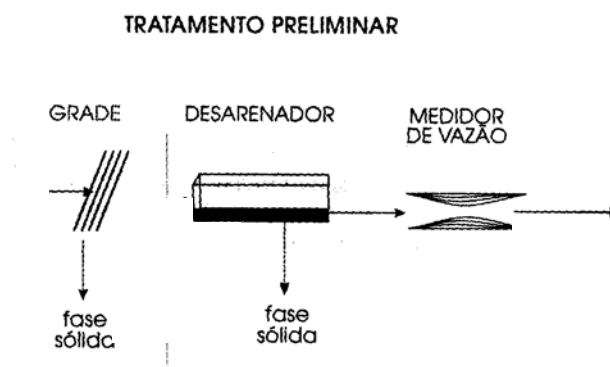


Figura 01 – Fluxograma do tratamento preliminar

(FONTE: VON SPERLING,1996)

### 3.1.2 - Tratamento Primário:



Têm como objetivo a eliminação dos sólidos em suspensão e sólidos flutuantes, facilmente sedimentáveis. Operações tais como, sedimentação, precipitação e flotação (processos físicos) são consideradas como tratamentos primários.

Também são considerados por diversos autores como processos primários a digestão e a secagem do lodo (INHOFF, 1966; MELTCALF e EDDY, 1991; PESSOA e JORDÃO, 1995). Dependendo do ponto de vista (RAMALHO, 1977), ainda seria incluída neste item a lagoa anaeróbia, reatores de fluxo ascendente, tanque Inhoff, o que discorda CHERNICHARO (1997), que considera os processos anaeróbios de tratamento de esgotos com eficiência acentuada e portanto a níveis secundários.

Os esgotos após passarem pelas unidades de tratamento preliminar, são encaminhados ao tratamento primário, conforme Figura 02, contendo ainda os sólidos em suspensão não grosseiros os quais podem ser removidos em unidades de sedimentação. Uma parte significativa destes sólidos em suspensão é compreendida pela matéria orgânica. Assim, a sua remoção por processos simples como a sedimentação implica na remoção da carga orgânica de DBO, dirigida ao tratamento secundário, onde a sua remoção é de certa forma mais custosa.

Os decantadores primários podem ser circulares ou retangulares. Os esgotos fluem vagarosamente através de decantadores, permitindo que sólidos em suspensão, possuindo uma densidade maior do que a do líquido, sedimentem gradualmente no fundo. Essa massa de sólidos é denominada lodo primário bruto (VON SPERLING, 1996).

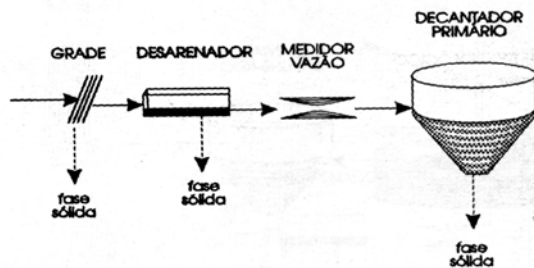


Figura 02 – Fluxograma de tratamento primário

(FONTE: VON SPERLING, 1996)

### 3.1.3 - Tratamento Secundário

Os processos classificados como nível secundário têm como objetivo tratar a fase líquida oriunda do decantador primário ou diretamente do tratamento preliminar, principalmente a matéria orgânica sob forma dissolvida e coloidal, bem como clarificar o efluente de forma a permitir um lançamento de esgoto tratado a fim de diminuir ou evitar impactos importantes no corpo receptor.

Os tratamentos secundários podem ser físico-químicos ou biológicos. A opção brasileira de tratamentos convencionais, utiliza os processos biológicos devido principalmente ao conhecimento de operação e manutenção das estações, da não utilização de produtos químicos especiais (produtos de origem estrangeira) e ainda, a reutilização do resíduo formado (lodo secundário) para fins diversos (VON SPERLING, 1996).

#### **3.1.3.1 – Processos Biológicos**

São considerados como processos biológicos de tratamento de esgotos os processos que dependem da ação de microrganismos presentes nos esgotos; os fenômenos inerentes à alimentação são predominantes na transformação dos componentes complexos em compostos simples, tais como: sais minerais, gás carbônico e outros (PESSOA e JORDÃO, 1995)

Ainda segundo PESSOA e JORDÃO (1995), os processos biológicos de tratamento procuram reproduzir, em dispositivos racionalmente projetados, os fenômenos biológicos observados na natureza, condicionando-os em área e tempo economicamente justificáveis.

Todo processo está baseado no crescimento bacteriano e na utilização do material orgânico como alimento, na presença de oxigênio (processos aeróbios) ou ausência (processos anaeróbios) e nutrientes (principalmente N e P). As necessidades de alimento para o microrganismo, a velocidade de consumo deste próprio alimento e a forma do suporte de microrganismos adotada estabelecem as diferentes características dos diversos processos (MENDONÇA 1987; ECKENFELDER, 1989; VON SPERLING, 1996 e ROQUE, 1997).

#### **3.1.3.2 – Classificação do Tratamento Secundário**

Dentre os tratamentos convencionais biológicos podemos classificar de acordo com o modelo proposto, o tipo de reator, a eficiência e a forma de crescimento de microrganismos os seguintes processos: (VON SPERLING, 1996)

- Filtros biológicos
- Lodos Ativados e suas variações
- Lagoas de Estabilização

Dos processos novos empregados no Brasil pode-se citar como sendo mais relevante os descritos a seguir, selecionados de forma a atender a evolução da tecnologia que ora pretende-se estudar.

Não será comentado o processo de lagoas por se tratar de tecnologia diferente dos processos de filtro biológico e lodo ativado, que operam baseados na teoria de formação da zoogléia e em formação de microrganismos suspensos de mesmas características.

#### **3.1.3.2.1 – Filtros Anaeróbios Tipo Cynamon**

O primeiro deles trata-se de associação de três filtros anaeróbios, seguidos por um filtro de areia proposto por CYNAMON (1986). Nesta associação o fluxo dos filtros é ascendente, descendente e novamente ascendente, com filtro de areia ao término do tratamento, servindo como polimento para o efluente final.

Esta variação do filtro tipo CYNAMON, vem sendo aplicada em Niterói e Cabo Frio, ambos Municípios do Estado do Rio de Janeiro.

Os efluentes deste tipo de processo de tratamento apresentaram-se límpidos, inodoros, levando-se a perspectiva de estar-se diante de um tratamento que poderá ser utilizado para situações próprias às condições encontradas em vários locais no Brasil.(MELLO JUNIOR,1999).

Ainda conforme MELLO JUNIOR (1999), pode-se citar as seguintes vantagens e desvantagens no processo de tratamento.

##### Vantagens

- Baixos requisitos de área;
- Baixos custos de implantação e manutenção;
- Praticamente nenhum consumo de energia;
- Pouca produção de lodo;
- Fácil disposição do lodo;

- Estabilização do lodo no próprio meio suporte;
- Mesmo após limpeza não se verificaram acentuadas quedas de eficiências;
- Fácil adaptação a diferentes tipos de esgotos;
- No caso de efluentes com elevada concentração de cargas orgânicas aceita variação de cargas;
- Atende a legislação ambiental brasileira.

#### Desvantagens

- Quando as fases acidogênicas e metanogênicas do processo anaeróbio não estão completas (casos de tempo de detenção inadequados ou partidas de tratamento sem o devido cuidado), podem surgir odores desagradáveis ou efluentes não clarificados, mesmo com a passagem em filtro de areia;
- Há risco de entupimento quando a limpeza não é realizada em prazos adequados e portanto a eficiência também é prejudicada;
- Eficiência de remoção de N e P abaixo dos padrões de lançamento muito restritivos;
- Necessidade de fossas sépticas para a retirada de sólidos em suspensão antes do processo de tratamento em si.

A avaliação do desempenho realizada em escala real para tratamento de esgotos para filtro anaeróbio com três reatores e filtro de areia final, conforme Figura 03, demonstrou a sua viabilidade como um processo adequado às condições encontradas no Brasil, principalmente, quando se necessita de soluções práticas. É de fácil aplicação para uma população sujeita aos problemas ambientais por demais conhecidos, trazendo uma contribuição no controle de doenças de veiculação hídrica e por sua vez de saúde pública (ROQUE, 1997 e MELLO JUNIOR, 1999).

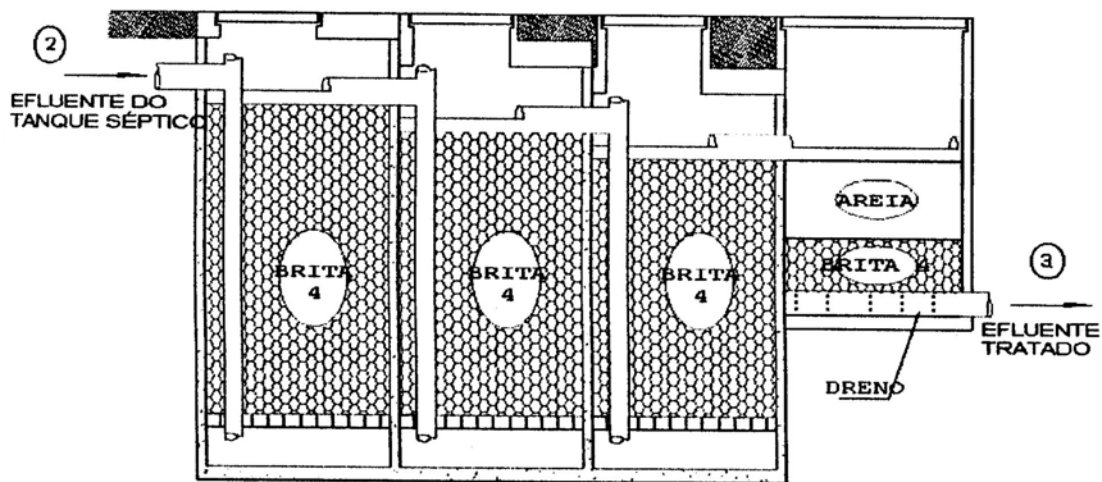


Figura 03 – Filtro Anaeróbio Tipo Cynamon

(FONTE: MELLO JUNIOR, 1999 )

### 3.1.3.2.2 – Valo Anaeróbio – Aeróbio

Resultado de autoria e pesquisa CYNAMON e ROQUE (1996), que compreende duas unidades distintas, uma anaeróbia seguida de outra aeróbia, conforme Figuras 04 e 05. Construídos semelhantes ao valo tradicional, utiliza-se da respiração aeróbia garantindo grande vantagem na economia de espaço, pois possui tempos de detenção reduzidos (aproximadamente 1,5 horas), utilização de bombas centrífugas, baixo consumo de energia e excelentes reduções de nitrogênio e fósforo ( MARCONDES SILVA, 1996). As unidades anaeróbia e aeróbia são fechadas, sendo que no processo aeróbio a aeração se faz por meio da adoção de dispositivos Venturi, como medidor de gás para controlar a entrada de ar. Trata-se de uma variação do processo de lodo ativado, com recirculação constante, cuja energização se faz por meio da adoção de um

par de bombas hidráulicas para cada uma das unidades, com retorno do lodo acionado por manobra de registros, após passar por uma câmara contendo um decantador tubular. O efluente da unidade anaeróbia é encaminhado à unidade aeróbia que completa o processo de tratamento sendo o excesso de lodo produzido descartado para leitos de secagem e poderá ser utilizado como produto condicionador de solos (CYNAMON e ROQUE, 1997).

As seguintes vantagens e desvantagens podem ser descritas (MARCONDES SILVA, 1996).

#### Vantagens

- Elevada eficiência na remoção de carga orgânica;
- Dependendo da operação, muito boa possibilidade de nitrificação do efluente;
- Dependendo de modificações no processo, tem a possibilidade de remoção significativa de nitrogênio (N) e fósforo (P);
- Baixos requisitos de área;
- Se bem operado e supervisionado adequadamente apresenta grande confiabilidade;
- Não apresenta maus odores ou presença de insetos;
- A estabilização do lodo é realizada no próprio reator;
- Tem flexibilidade operacional (através de ajustes e manobras);
- Possui resistência a variações de carga;
- Apesar de utilizar equipamentos, estes são simples e fáceis de operar e manter;
- Não apresenta problemas de ruídos e aerossóis;
- Sem limitação de aplicação para número de habitantes.

#### Desvantagens

- Dados de utilização de área/hab, ainda em fase de estudos;
- Valores de custos de operação ainda necessitando de consistência, pois dependem de aplicação em larga escala;

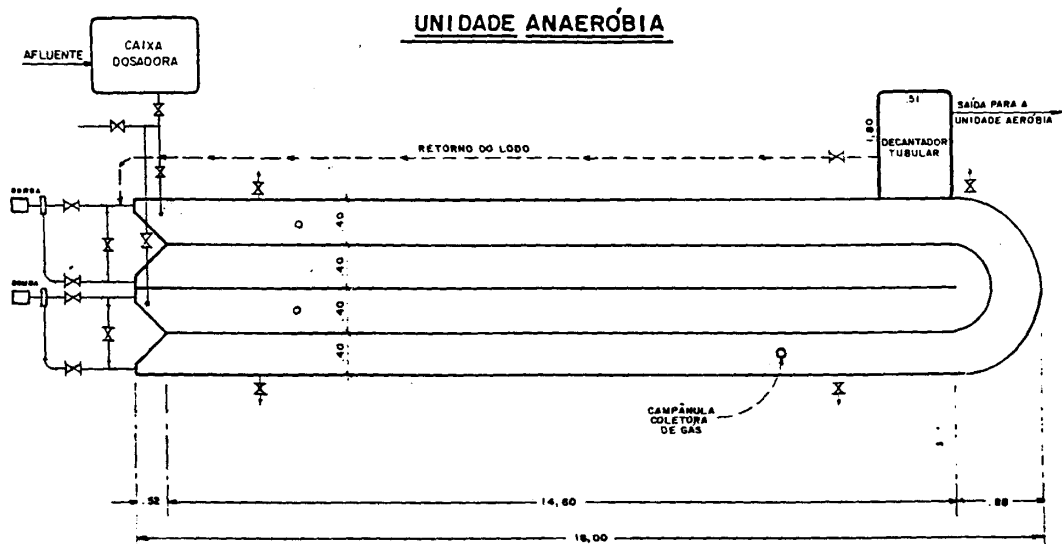
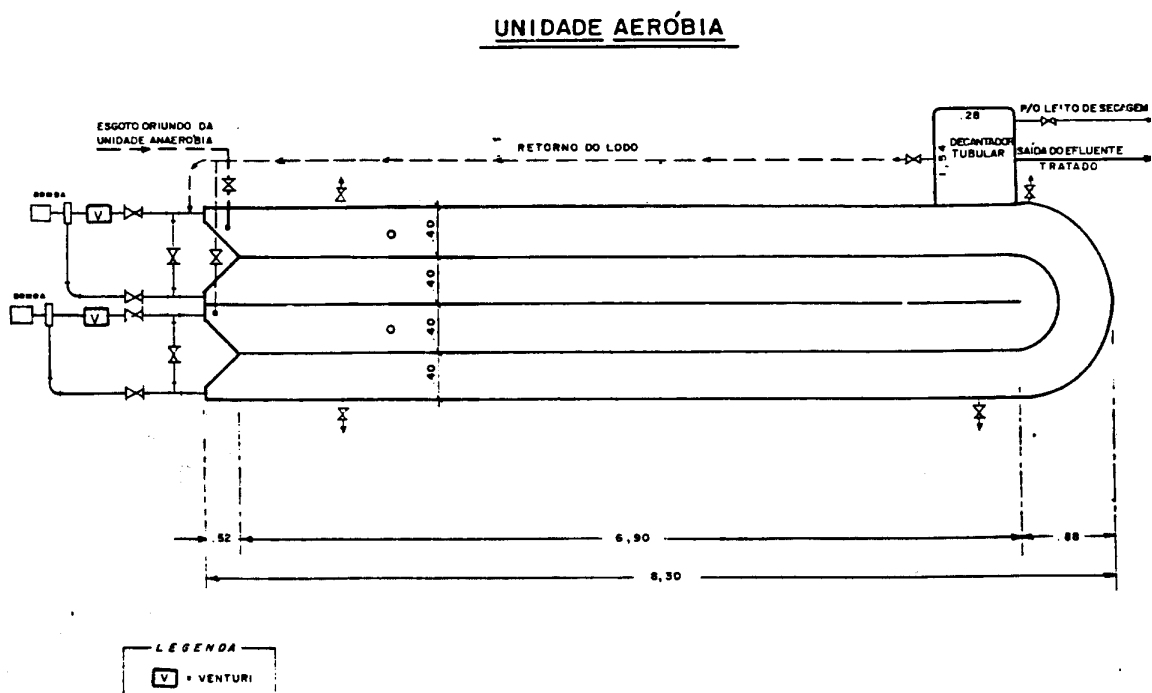


Figura 04 – Unidade do Valo Anaeróbio

(FONTE: CYNAMON E ROQUE, 1997)

Figura 05 – Unidade do Valo Aeróbio



(FONTE: CYNAMON E ROQUE, 1997)



### **3.1.3.2.3 – Tratamento Biológico por Lodos Ativados**

Embora outros processos secundários sejam normalmente aplicados, especial atenção será dada ao lodo ativado devido, principalmente, por ser o estudo uma variante do processo, com modificações nos cálculos e considerações cinéticas.

#### **3.1.3.2.3.1 – Generalidades**

O processo de lodos ativados foi desenvolvido em 1914 em Manchester, Inglaterra. Está baseado na seguinte constatação: uma água de esgoto aerada permite o desenvolvimento rápido de uma flora bacteriana em detrimento com consumo de matérias orgânicas poluentes (PESSOA e JORDÃO, 1995).

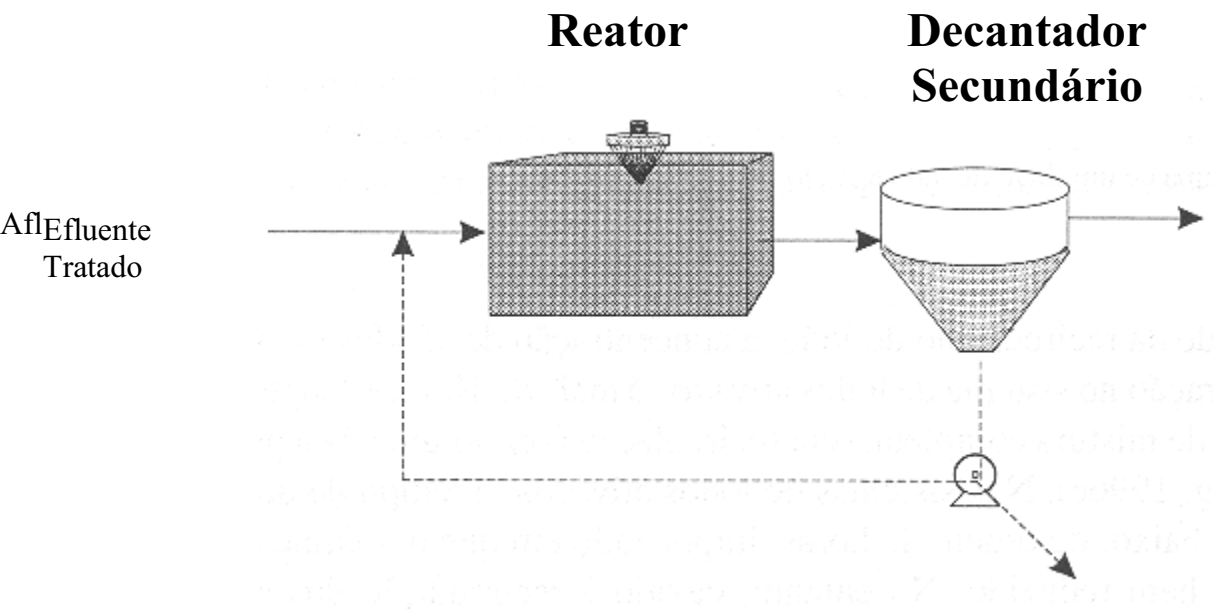
Segundo VON SPERLING (1996), nas condições ideais de funcionamento, os microrganismos se multiplicam e se aglomeram em flocos e se depositam logo que cessa a aeração. A massa sólida assim constituída é chamada de floco bacteriano.

O processo consiste então, em transferir a poluição dissolvida em um meio líquido para uma fase sólida (microrganismos), a qual será tratada posteriormente.

A reciclagem dos lodos em tratamento contínuo tem a finalidade de manter uma concentração suficiente de material ativo de forma a acelerar a depuração da água.

O princípio do processo lodos ativados, conforme Figura 06, consiste portanto, em provocar o desenvolvimento de um floco bacteriano em um tanque alimentado de esgotos em mistura suficiente para evitar a decantação dos flocos e o fornecimento de oxigênio necessário para a proliferação de bactérias em meio aeróbio.

O tanque de aeração (reator) pode ser precedido de um decantador primário, de maneira a eliminar uma parte dos resíduos em suspensão. A seguir ao tanque de aeração os esgotos tratados são encaminhados a um clarificador, denominado decantador secundário, que assegura a separação do efluente tratado dos lodos produzidos. Os lodos serão, em parte, retornados ao tanque de aeração de forma a assegurar a manutenção de uma concentração permanente de sólidos e, em parte, encaminhados ao processo de tratamento de lodos.



Reciclo

Excesso de Lodo

Figura 06 – Esquema das unidades da etapa biológica do sistema de lodos ativados  
(FONTE: VON SPERLING, 1996, COM ADAPTAÇÕES)

Segundo PESSOA e JORDÃO (1995) e VON SPERLING (1996), o processo de lodos ativados admite, além do sistema convencional, uma série de variações. Permitindo a utilização conforme as necessidades de área, implantação, manutenção e operação. Muitos como os de alta capacidade, aeração decrescente, aeração escalonada, valo de oxidação comum, caíram em desuso, sendo atualmente a aeração prolongada, seqüencial em batelada e oxigênio puro, muito utilizados.

As variantes mais comuns aplicadas no Brasil, podem ser consideradas no Quadro 02, onde estão descritas as fases mais importantes dos processos até o momento utilizados. No Quadro 03 podem ser avaliados os principais parâmetros de funcionamento e eficiência das variantes de lodos ativados. Cabe uma observação quanto ao método de lodos ativados de fluxo intermitente/seqüencial em batelada e oxigênio puro: ambos serão avaliados através de alguns parâmetros diferentes dos

parâmetros dos lodos ativados convencional e lodos ativados de aeração prolongada. Por isso não estarão em todos os quadros, suas análises serão em separado.

Quadro 02 – Descrição sucinta das variantes mais comuns de lodos ativados

| Variante   | Descrição   |
|--|---|
| Lodos ativados convencional                                  | A concentração de biomassa no reator é bastante elevada, devido à recirculação dos sólidos (bactérias) sedimentadas no fundo do decantador secundário. A biomassa permanece mais tempo no sistema de que o líquido, o que garante uma elevada eficiência na remoção de DBO. Há a necessidade da remoção de uma quantidade de lodo (bactérias) equivalente à que é produzida. Este lodo removido necessita uma estabilização na etapa de tratamento do lodo. O fornecimento de oxigênio é feito por aeradores mecânicos ou por ar difuso. A montante do reator há uma unidade de decantação primária, de forma a remover os sólidos sedimentáveis do esgoto bruto. |
| Lodos ativados por aeração prolongada                        | Similar ao sistema anterior, com a diferença de que a biomassa permanece mais tempo no sistema (os tanques de aeração são maiores). Com isso, há menos DBO disponível para as bactérias, o que faz com que elas utilizem da matéria orgânica do próprio material celular para a sua manutenção. Em decorrência, o lodo excedente retirado (bactérias) já sai estabilizado. Não se incluem usualmente unidades de decantação.  |
| Lodos ativados de fluxo Intermitente/ Sequencial em batelada | A operação do sistema é intermitente. Assim, no mesmo tanque ocorrem, em fases diferentes, as etapas de reação (aeradores ligados) e sedimentação (aeradores desligados). Quando os aeradores estão desligados, os sólidos sedimentam, ocasião em que se retira o efluente (sobrenadante). Ao se religar os aeradores, os sólidos sedimentados retornam à massa líquida, o que dispensa as elevatórias de recirculação. Não há decantadores secundários. Pode ser na modalidade convencional ou aeração prolongada.   |
| Lodos ativados por Oxigênio puro                             | O sistema usa tanques de aeração do tipo mistura completa, fechados e colocados em série, equipamentos mecânicos de agitação e introdução de oxigênio puro nos tanques de aeração. O processo de oxigênio puro é indicado para despejos que apresentam grande variação de carga orgânica e para despejos industriais de alta concentração de matéria orgânica.  |

FONTE: VON SPERLING (1996) COM ADAPTAÇÕES.

Quadro 03 – Principais características dos sistemas com idade do lodo convencional e aeração prolongada

| Item Geral                  | Item Específico                  | Idade do lodo |                    |
|-----------------------------|----------------------------------|---------------|--------------------|
|                             |                                  | Convencional  | Aeração Prolongada |
| Eficiência                  | DBO (%)                          | 85 – 93       | 93 – 98            |
|                             | Nitrogênio (%)                   | 30 – 40       | 15 – 30            |
|                             | Fósforo (%)                      | 30 – 45       | 10 – 20            |
|                             | Coliformes (%)                   | 60 – 90       | 65 – 90            |
| Requisitos                  | Área (m <sup>2</sup> /hab)       | 0,2 – 0,3     | 0,25 – 0,35        |
|                             | Potência (W/hab)                 | 1,5 – 2,8     | 2,5 – 4,0          |
| Quantidade de lodo a tratar | Volume (m <sup>3</sup> /hab.ano) | 1,1 – 1,5     | 0,7 – 1,2          |
| Custos                      | Implantação (US\$/hab)           | 60 – 120      | 40 – 80            |

FONTE: VON SPERLING, 1996

Nota: Pode-se alcançar eficiências maiores na remoção de N e P através de etapas específicas

No caso do processo do Oxigênio Puro a concentração de SSTA é de 6 a 8 kg/m<sup>3</sup>, a taxa volumétrica de retorno do lodo é de 25 a 50% em relação à vazão afluyente no sistema, e a eficiência, em relação à remoção de DBO, é de 85 a 95%. Devido às elevadas concentrações de sólidos no tanque de aeração, os seus volumes são relativamente pequenos, o que indica este processo para o caso com pouca disponibilidade de área ( ALÉM SOBRINHO, 1983 ).

Com relação ao Sistema de Operação Intermitente/ Seqüencial Batelada, como já foi citado no Quadro 02, ocorre a incorporação de todas as unidades de processos e operação, a decantação primária, a oxidação biológica e decantação secundária em um único tanque. Isto é estabelecido através de ciclos com durações definidas. A massa biológica permanece no reator durante todos os ciclos, eliminando dessa forma a necessidade de decantadores separados e elevatórias de recirculação de lodo. Os ciclos normais de tratamento são: (VON SPERLING, 1996)

1. Enchimento (entrada de esgoto bruto ou decantado no reator);
2. Reação (aeração/mistura da massa líquida contida no reator);
3. Sedimentação (sedimentação e separação dos sólidos em suspensão do esgoto tratado);
4. Esvaziamento (retirada do esgoto tratado do reator);
5. Repouso (ajuste de ciclos e remoção do lodo excedente).

No Quadro 04, abaixo, tem-se informações específicas sobre o processo.

Quadro 04 – Duração de cada ciclo, segundo diferentes objetivos de remoção proposto por EPA (1993)

| Etapa                  | Aeração Prolongada |            | Aeração Prolongada |              |
|------------------------|--------------------|------------|--------------------|--------------|
|                        | Remoção de DBO     |            | Remoção de DBO e N |              |
|                        | Duração (h)        | % do total | Duração (h)        | % do total   |
| Enchimento             | 1,0                | 23,8       | 1,0                | 21,3         |
| Enchimento com mistura | 0,5                | 11,9       | 0,5                | 10,6         |
| Enchimento com aeração | 0,5                | 11,9       | 0,5                | 10,6         |
| Reação aeróbia/anóxica | 0,5                | 11,9       | 1,0                | 21,3         |
| Sedimentação           | 0,7                | 16,7       | 0,7                | 14,8         |
| Esvaziamento           | 0,5                | 11,9       | 0,5                | 10,6         |
| Repouso                | 0,5                | 11,9       | 0,5                | 10,6         |
| <b>Total</b>           | <b>4,2</b>         | <b>100</b> | <b>4,7</b>         | <b>100,0</b> |

No Quadro 05 tem-se a comparação do processo convencional e aeração prolongada em função de determinados parâmetros. Já no Quadro 06 a comparação é feita em termos de vantagens e desvantagens, incluindo o tratamento seqüencial em batelada.

Posteriormente tem-se o Quadro 07 em que se encontram os principais modelos de reatores usados em tratamento de esgoto (MELCALF E EDDY, 1991 e VON SPERLING, 1996).

Quadro 05 – Comparação entre os sistemas de lodos ativados convencional e aeração prolongada.

| Item                                 | Lodos Ativados Convencional  | Aeração Prolongada   |
|--------------------------------------|--|--|
| Idade do lodo                        | ↓ 4 a 10 Dias  | ↑ 18 a 30 dias   |
| Decantação Primária                  | • Presente   | • Ausente  |
| DBO solúvel do efluente              | ↓ • Baixa<br>• Praticamente desprezível  | ↓ • Bastante baixa<br>• Desprezível  |
| DBO em suspensão efluente            | ⇕ • Dependência da decantabilidade do lodo e do desempenho do decantador secundário<br>• Como a nitrificação deverá ocorrer, caso não haja desnitrificação no reator, a mesma pode ocorrer no decantador secundário, causando a ascensão e perda do lodo | ⇕ • Depende da decantabilidade do lodo e do desempenho do decantador secundário.<br>• A maior carga de sólidos afluente ao decantador secundário exige dimensionamentos mais conservadores destas unidades.<br>• Caso não haja desnitrificação no reator, a mesma pode ocorrer no decantador secundário causando ascensão e perda do lodo. |
| Nitrificação                         | ⇕ • bastante provável, mas sujeita a instabilidade na faixa inferior da idade do lodo.<br>• Totalmente consistente na faixa superior, a menos de algum problema ambiental (ex.: tóxicos, falta de OD)  | ↑ • Totalmente consistente, a menos de algum problema ambiental (ex.: tóxicos, falta de OD)  |
| Volume do reator                     | ↓ • Reduzido   | ↑ • Elevado  |
| Área dos decantadores secundários    | ↓ • Reduzido   | ↑ • Elevada, devido a maior carga de sólidos   |
| Requisitos de Oxigênio               | ↓ • Reduzido, devido a menor respiração pela biomassa e à remoção de DBO na decantação primária  | ↑ • Elevado, por incluir o consumo de oxigênio pela respiração da grande quantidade de biomassa presente e pela inexistência de decantação primária  |
| Requisitos energéticos               | ↓ • Reduzido, devido ao baixo consumo de oxigênio  | ↑ • Elevado, devido ao elevado consumo de oxigênio   |
| Produção de lodo                     | ↑ • Elevada  | ↓ • Baixa  |
| Estabilização do lodo no reator      | ↓ • Baixa e insuficiente para encaminhamento à secagem natural (geração de maus odores)  | ↑ • Suficiente e comparável a processos de digestão separada, como a digestão anaeróbia  |
| Digestão separado do lodo secundário | • Necessária   | • Desnecessária  |
| Estabilidade do processo             | ↓ • Reduzida<br>• Maior susceptibilidade a descargas tóxicas   | ↑ • Elevada  |
| Simplicidade Operacional             | ↓ • Reduzida   | ↑ • Maior por não incluir as unidades de decantação primária e digestão, e por ser um sistema mais robusto e estável.  |

FONTE: VON SPERLING 1996

Nota: ↑ = alta ou elevada

⇕ = variável

↓ = baixa ou reduzida

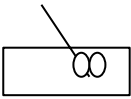
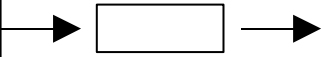
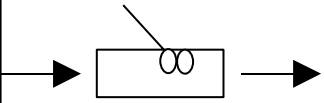
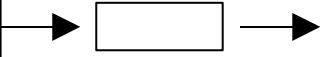
Quadro 06 – Vantagens e desvantagens mais comuns do sistema de Lodos Ativados

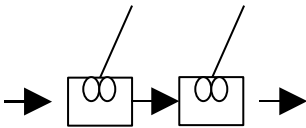
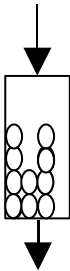
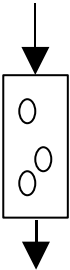
| Variante   | Vantagens   | Desvantagens  |
|--|---|---|
| Lodos ativados convencional                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevada eficiência na remoção de DBO.</li> <li>• Nitrificação usualmente obtida.</li> <li>• Possibilidade de remoção biológica de N e P.</li> <li>• Baixos requisitos de Área.</li> <li>• Processo confiável, desde de que supervisionado.</li> <li>• Reduzida as possibilidades de maus odores, insetos e vermes</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevados custos de Implantação</li> <li>• Elevado consumo de energia</li> <li>• Necessidade de operação sofisticada.</li> <li>• Elevado índice de mecanização</li> <li>• Relativamente sensíveis a descargas tóxicas</li> <li>• Necessidade de tratamento completo do lodo e de sua disposição final</li> <li>• Possíveis problemas ambientais com ruídos e aerossóis</li> </ul> |
| Aeração Prolongada                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Idem lodos ativados convencional</li> <li>• Sistema com maior eficiência na remoção de DBO.</li> <li>• Nitrificação consistente</li> <li>• Mais simples conceitualmente que lodos ativados convencional (operação mais simples)</li> <li>• Menor geração de lodo que lodos ativados convencional</li> <li>• Estabilização do lodo no próprio reator.</li> <li>• Elevada resistência a variação de cargas e a cargas tóxicas.</li> <li>• Satisfatória independência das condições atmosféricas</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevados custos de Implantação e operação</li> <li>• Sistema com maior consumo de energia.</li> <li>• Elevado índice de mecanização (embora inferior a lodos ativados convencional)</li> <li>• Necessidade de remoção da umidade do lodo e de sua disposição final (embora mais simples que lodos ativados convencional)</li> </ul>  |
| Sistema de fluxo intermitente/seqüencial em batelada | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevada eficiência na remoção de DBO.</li> <li>• Satisfatória na remoção de N e P.</li> <li>• Baixos requisitos de área</li> <li>• Mais simples conceitualmente que os demais sistemas de lodos ativados.</li> <li>• Menos equipamento que os demais sistemas de lodos ativados</li> <li>• Flexibilidade operacional</li> <li>• Decantador secundário e elevatórias de recirculação não são necessários</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevados custos de implantação e operação</li> <li>• Maior potência instalada que os demais sistemas de lodos ativados</li> <li>• Necessidade do tratamento da disposição do lodo (variável com a modalidade convencional ou prolongada)</li> <li>• Usualmente competitivo economicamente para populações menores.</li> </ul>  |

FONTE: VON SPERLING (1996)



Quadro 07 – Principais modelos de reatores utilizados no tratamento de esgotos.

| Tipo do reator                   | Esquema   | Descrição e/ou aplicação   |
|----------------------------------|---|--|
| Batelada                         |    | <p>Não há fluxo entrando e nem saindo do reator. O conteúdo do reator é misturado completamente.</p>   |
| Fluxo em pistão ou fluxo tubular |    | <p>As partículas de fluido entram continuamente em uma extremidade do tanque, passam através do mesmo e são descarregadas na outra extremidade. O fluxo se processa como um embolo, sem misturas longitudinais. As partículas mantêm sua identidade e permanecem no tanque por um período igual ao tempo de detenção hidráulica. Este tipo de fluxo é reproduzido em tanques longos, com uma elevada relação comprimento-largura, na qual a dispersão longitudinal é mínima.</p> |
| Mistura completa                 |  | <p>As partículas que entram no tanque são imediatamente dispersas em todo o corpo do reator. O fluxo de entrada e saída é contínuo. As partículas deixam o tanque em proporção a sua distribuição estatística. A mistura completa pode ser obtida em tanques circulares ou quadrados se o conteúdo do tanque for contínua e uniformemente distribuído.</p>   |
| Fluxo disperso ou arbitrário     |  | <p>Fluxo disperso ou arbitrário é obtido em um sistema qualquer com grau de mistura intermediário entre os dois extremos idealizados de fluxo de pistão e mistura completa.</p>  |

|                                |  |  |
|--------------------------------|--|--|
| Mistura completa em série      |                               | <p>Os reatores de mistura completa em série são usados para modelar o regime hidráulico que existe entre os regimes ideais de fluxo em pistão e mistura completa . Se a série for composta por uma unidade apenas, o sistema reproduz um reator de mistura completa. Se o sistema apresentar um número infinito de reatores em série, o fluxo pistão é reproduzido. O fluxo de entrada e saída é contínuo.</p> |
| Reator com leito de enchimento | <p>Leito de enchimento</p>  | <p>Estes reatores possuem um meio de enchimento, como pedra, plástico, cerâmica e outros Com relação ao fluxo e à saturação, estes reatores podem ser submersos com volume de poros saturados (filtro anaeróbio e biofiltro aerado) ou com dosagem intermitente, com os poros não saturados (filtro biológico). O fluxo pode ser ascendente ou descendente..</p>   |
| Reator com leito fluidizado    | <p>Leito Fluidizado</p>     | <p>O reator de leito fluidizado é similar ao de leito com enchimento em muitos aspectos, sendo que o meio de enchimento é fluido (ar ou água). A viscosidade do meio é variável e controlada pela vazão do fluido.</p>   |

### 3.1.4 – Sistemas de Tratamento do Lodo (Fase Sólida)

O tratamento dos subprodutos sólidos gerados nas diversas unidades é uma etapa essencial do tratamento de esgotos. Ainda que o lodo possa na maior parte das etapas de seu manuseio ser constituído de mais de 95% de água, apenas por convenção é designado por fase sólida, visando fazer uma distinção do fluxo líquido tratado (VON SPERLING, 1996).

Ainda segundo VON SPERLING (1996), de maneira geral, são os seguintes os subprodutos sólidos gerados no tratamento biológico dos esgotos:

- Material gradeado
- Areia
- Escuma
- Lodo Primário
- Lodo Secundário

Destes subprodutos, o principal em termos de volume e importância é representado pelo lodo. Determinados sistemas de tratamento têm a retirada do lodo apenas eventual. Nestes casos, o lodo já sai estabilizado, requerendo apenas a sua disposição final.

Os sistemas de tratamento de lodo possibilitam diversas combinações de operações e processos unitários, compondo distintas seqüências. As principais etapas do tratamento, com os respectivos objetivos são:

- Adensamento: remoção de umidade (redução de volume)
- Estabilização: remoção da matéria orgânica (redução de sólidos voláteis)
- Condicionamento: preparação para desidratação (principalmente mecânica)
- Desidratação: remoção de umidade (redução de volume)
- Disposição final: destinação final dos subprodutos

Abaixo, conforme a Figura 07, há algumas alternativas para disposição do lodo.

# TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DO LODO

## ALGUMAS ALTERNATIVAS

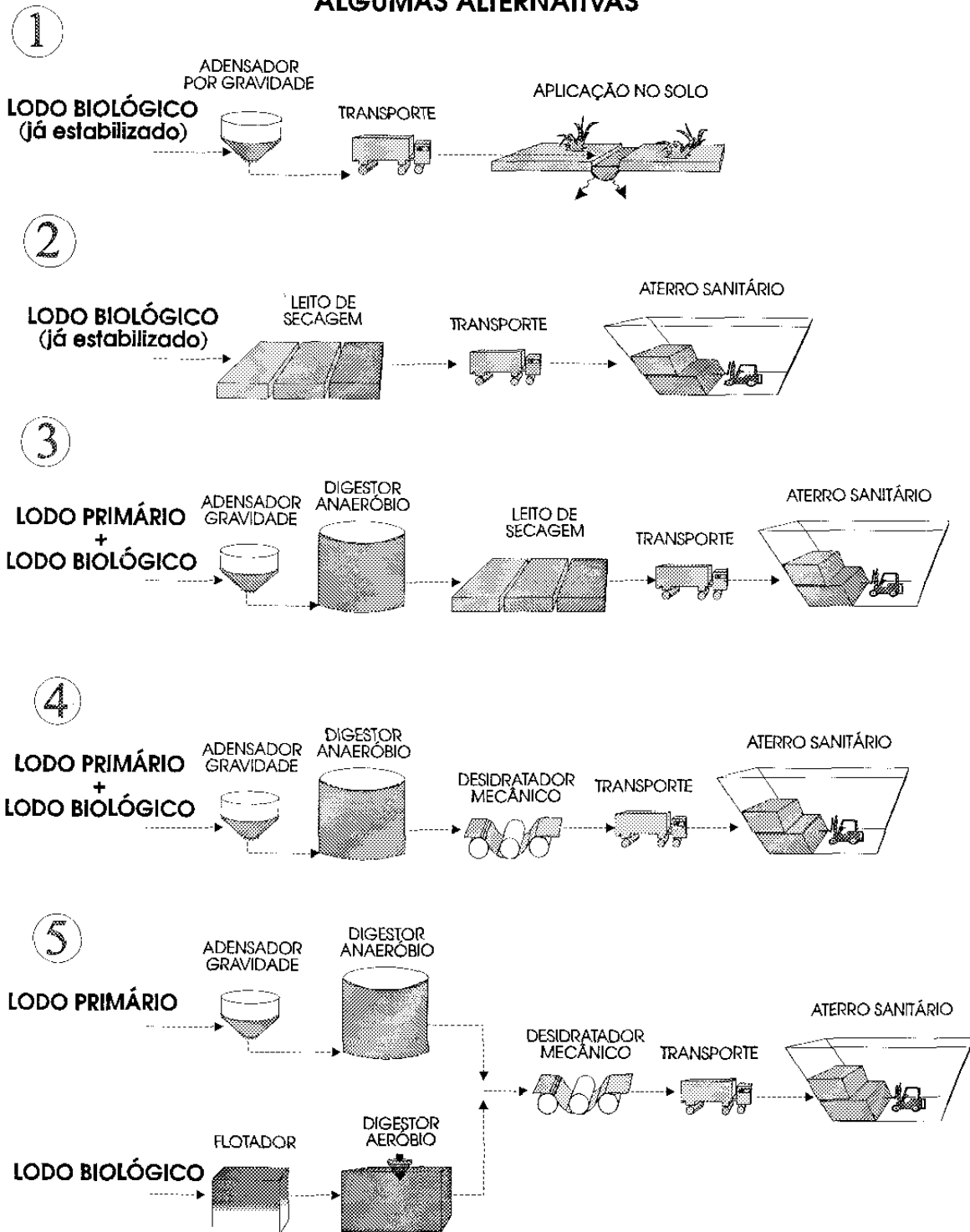


Figura 07 – Algumas Alternativas de Tratamento e Disposição do Lodo.

(FONTE: VON SPERLING, 1996)

### **3.2 - Tratamento de Esgoto por Reator Biológico Aeróbio do Tipo Vertical Contínuo ou a Poço Profundo**

A variante, o objeto do estudo realizado, é de concepção nova, ainda não aplicada em grande escala e pouco citada na literatura e trabalhos e congressos específicos. Trata-se de tratamento aeróbio, com reator biológico semelhante a qualquer processo de lodo ativado, porém com fluxo e formato diferente. O sistema que está começando a ser aplicado no Brasil, é constituído de uma tubulação enterrada de 0,30 a 0,80m de diâmetro e profundidade variando de 60 a 80m. Segundo informações comerciais, o processo caracteriza-se pela formação de leito fluidizado, a partir de difusores e compressores de ar, acarretando uma eficiência elevada de redução de carga orgânica, levando o efluente tratado potencialmente a uma alta qualidade para lançamento. Por ser contínuo e ocupando pequenas áreas pode vir a ser uma solução adequada para regiões urbanas de grande concentração ou para efluentes industriais com elevada concentração orgânica.

#### **3.2.1 - Tratamento Aeróbio Sob Pressão**

Como ponto de partida, no Brasil, estudos de BRANCO (1981), para tratamento aeróbio sob pressão (leito fluidizado) a partir de um resíduo orgânico sintético, na presença de cultura mista de microrganismos obtida dos esgotos domésticos, observou vários aspectos de floculação e estabilização biológica.

Nos ensaios, sob pressões superiores a pressão atmosférica (2-3 Kg/m<sup>3</sup>) trabalhou com diversas concentrações iniciais de substratos, sendo feitas determinações de: Demanda Química de Oxigênio; Demanda Bioquímica de Oxigênio; pH; Sólidos Sedimentáveis, Totais, Fixos e Voláteis; Oxigênio Dissolvido; N° Total de Colônias de Bactérias e Exames Microscópicos.

A idéia de realizar uma pesquisa sobre a influência da pressão de ar em um sistema de tratamento biológico de esgotos nasceu por volta de 1970 tendo como fundamento, a preocupação de BRANCO (1981), de estudar a possibilidade de um

aumento de eficiência ou velocidade do processo de estabilização mediante a presença de oxigênio.

As fontes de informações bibliográficas utilizadas têm duas origens fundamentalmente distintas. Uma, relaciona-se com as pesquisas oceanográficas, visando o conhecimento da biologia dos organismos que habitam as profundidades, achando-se, pois sujeitos a pressões hidrostáticas muito elevadas; outra é a que se dedica ao conhecimento dos processos de tratamento de águas residuárias denominados “Deep Shaft” (poço profundo).

O objetivo do trabalho de BRANCO (1981), nesta primeira fase, não era de testar um tipo de aparelho ou estrutura física mais adequada ao processo de tratamento sob pressão, nem a obtenção de parâmetros que refletissem as melhores condições de operacionalidade do sistema. Os dados quantitativos de rendimento, em termos de remoção de DBO e DQO tiveram como finalidade apenas demonstrar a aceleração ou retardamento de processos metabólicos.

Entretanto, tendo em vista a metodologia empregada, melhores resultados poderiam ser obtidos, com observações mais coerentes e precisas dos fenômenos através da utilização de “equipamentos mais sofisticados” que permitissem o controle das condições de operação:

- Controle da temperatura do reator;
- Esterilização do ar de alimentação do reator;
- Reator com visor, para observação macroscópica da floculação;
- Utilização do reator em um sistema de funcionamento contínuo;
- Análises de DBO e DQO solúveis;
- Determinação de parâmetros bioquímicos.

### 3.2.2 – Reator de Poço Profundo ou Deep Shaft

Na década de setenta quando as atitudes em relação ao meio ambiente começaram a mudar, uma maior atenção passou a ser dada no tratamento de águas residuárias. Reconhecendo as limitações dos já convencionais processos de tratamento, como por exemplo necessidade de grandes áreas e baixas taxas de transferência de oxigênio, e eficiência de energia, iniciou-se desenvolvimento de tecnologia para maximizar o crescimento de biomassa com o intuito de utilizar esse crescimento no tratamento de efluentes. O método melhoraria o fornecimento de oxigênio e conseqüentemente aumentaria a concentração de microrganismos. Surgiu então o método denominado Deep shaft desenvolvido em 1975 (JONES, 1995).

Ainda segundo JONES (1995), o processo convencional de lodos ativados geralmente compreende um tanque de aeração no qual a DBO é reduzida. Deep Shaft é um processo de intensa aeração no qual o tanque de aeração convencional é substituído por um poço dividido em duas seções.

O efluente a ser tratado entra no poço de profundidade que pode variar de 40 a 100m aproximadamente, e cujo diâmetro é da ordem de 1 a 6 m. O ar é introduzido por aeradores distribuídos ao longo do poço. O efluente ao receber intensa aeração quando vai entrando no tanque forma um leito fluidizado, meio no qual se desenvolverão os microrganismos que tratarão o esgoto. Ao sair do reator o efluente é encaminhado para um decantador secundário para posteriormente para o corpo receptor. No reator são gerados gases. Estes são encaminhados para um desgaseificador. Em alguns casos substitui-se o desgaseificador e o decantador secundário por um decantador flotador.;

Ainda segundo o autor, há atualmente 50 estações que utilizam esse processo de tratamento. Esse processo pode ser usado tanto para esgoto doméstico como para o industrial.

Há uma estação que utiliza essa tecnologia em Tilbury na Inglaterra outra no Hotel Hilton no Japão e na Alemanha na cidade de Leer.

Segundo SHIEH e LI (1989), HEIJNEN (1990, 1991, 1993, 1999 e 2000), SAFFERMEN e BISHOP (1996), e GEBARA (1999) o estudo de reatores de leitos fluidizados como tratamento de esgotos vem sendo desenvolvido em escala piloto e sendo observado. Constitui-se uma tecnologia recente, que permite tratar um grande volume de esgoto em reatores compactos e de grande altura, com baixa produção de lodo. Entretanto, não existem referências à aplicação dessa técnica como tratamento

único de esgotos sanitários. Os trabalhos ainda não são conclusivos, é necessário ainda trabalhos de investigação para elucidar a questão.

Segundo MELTCALF e EDDY (1991), processo Deep Shaft é uma variação do processo de lodo ativado que é descrito como um reator vertical de aproximadamente 120 a 150m de profundidade que substitui a decantador primário e o tanque de aeração. O esgoto entra pela borda do reator aonde é aerado e sai pelo centro, onde existe uma tubulação.

Ainda segundo os mesmos autores citados no parágrafo acima, o fluxo hidráulico é do tipo fluxo em pistão, a aeração é feita por ar difuso e a eficiência na remoção de DBO varia de 85 a 95%. Seu uso é recomendado para esgotos com alta carga orgânica.

Abaixo se têm no Quadro 08 as principais variantes do processo de lodos ativados. (MELTCALF e EDDY, 1991).

Quadro 08 – Principais características das variantes do processo de lodos ativados

| Variante do processo                  | Modelo Hidráulico | Sistema de Aeração             | Eficiência na remoção da DBO (%) | Observação  |
|---------------------------------------|-------------------|--------------------------------|----------------------------------|---|
| Convencional                          | Fluxo em pistão   | Ar difuso, aeradores mecânicos | 85-95                            | Utilizado para esgoto doméstico de baixa carga orgânica. Processo susceptível a carga de choques.                 |
| Mistura completa                      | Mistura completa  | Ar difuso, aeradores mecânicos | 85-95                            | Aplicação de uso generalizado. Processo resistente a choques, mas susceptível a crescimento de seres filamentosos |
| Alimentação - Escalonada (Step- Feed) | Fluxo em pistão   | Ar difuso                      | 85-95                            | Aplicação de uso generalizado para uma grande variedade de águas residuárias                                      |
| Aeração Modificada                    | Fluxo em pistão   | Ar difuso                      | 60-75                            | Usado para um tratamento de graus   |



|                                       |                                       |  |       |   |
|---------------------------------------|---------------------------------------|--|-------|---|
|                                       |                                       |  |       | intermediário..<br>Usado para a expansão onde existe processos que utilizam estações compactas.   |
| Estabilização por contato             | Fluxo em pistão                       | Ar difuso, aeradores mecânicos                   | 80-90 |   |
| Aeração prolongada                    | Fluxo em pistão                       | Ar difuso, aeradores mecânicos                   | 75-95 | Usado para pequenas comunidades, estações de tratamento compactas, onde a nitrificação é um processo requerido. O processo é flexível     |
| Aeração de alta taxa                  | Mistura Completa                      | Aeradores mecânicos                              | 75-90 | Usado geralmente com aeradores - turbina para transferir oxigênio e controlar o tamanho do floco.   |
| Processo de Krauss                    | Fluxo em pistão                       | Ar difuso  | 85-95 | Usado para resíduos de alta carga, baixo nitrogênio.  |
| Oxigênio puro de alta carga           | Reatores de mistura completa em série | Aeradores mecânicos (difusores de ar – turbinas) | 85-95 | Geralmente utilizado em resíduos para altas cargas orgânicas e onde existe limitação de espaço. Processo é resistente para cargas lentas. |
| Valo de oxidação                      | Fluxo em pistão                       | Aeradores mecânicos (tipo eixo horizontal)       | 75-95 | Usado em pequenas comunidades onde há espaço disponível. O processo é flexível  |
| Reator Sequencial em batelada         | Mistura completa                      | Ar difuso  | 85-95 | Usado em pequenas comunidades quando a área é limitada. O processo é flexível e pode remover nitrogênio e fósforo                         |
| Reator de poço profundo ou deep shaft | Fluxo em pistão                       | Ar difuso  | 85-95 | Usado em geral, para aplicações em resíduos de alta carga. O processo é resistente para cargas  |

|                                    |                                     |                                |       |   |
|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------|---|
|                                    |                                     |                                |       | lentas  |
| Nitrificação de estágio únicos     | Mistura completa ou fluxo em pistão | Aeradores mecânicos, ar difuso | 85-95 | Usado para controle de nitrogênio onde resíduos industriais não estão presentes.  |
| Nitrificação de estágios distintos | Mistura completa ou fluxo em pistão | Aeradores mecânicos, ar difuso | 85-95 | Usado para nivelar sistemas quando os padrões de nitrogênio são restritos; ou onde resíduos industriais estão presentes e podem ser removidos nos primeiros estágios. |

Tem-se um esquema do reator, conforme Figura 08, que foi utilizado para experimentos por GEBARA (1999), aqui no Brasil.

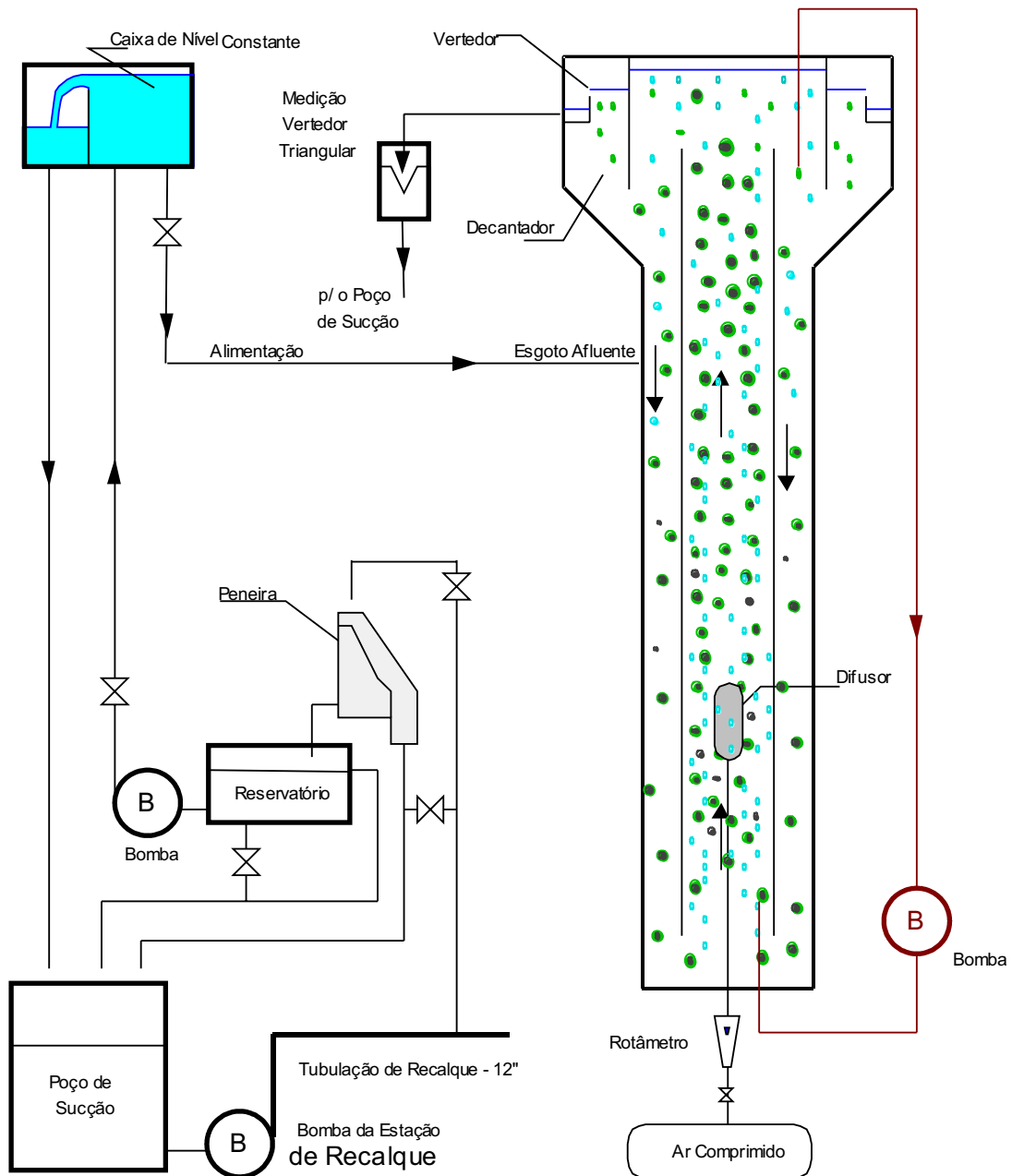


Figura 08 – Esquema da bancada experimental

(FONTE: GEBARA, 1999)

### **3.2.3 - Variante - Reator Biológico Aeróbio do Tipo Vertical Contínuo ou Sistema Aeróbio Vertical Contínuo**

Este sistema vem sendo aplicado por empresas privadas no Brasil. Trata-se de análises de observações feitas nas experiências realizadas em laboratório da própria empresa, montado para a demonstração de efeitos unitários e para avaliação do comportamento de um Sistema Aeróbio Vertical Contínuo. A consultora utiliza a cinética proposta no modelo de tratamento de efluentes de forma aeróbia, realizada em reatores verticais com coluna superior a 50 m. Avaliaram-se parâmetros preliminares de dimensionamento, consolidando-os em modelos matemáticos cuja semelhança de desempenho seja aplicável. Considerou-se um sistema de tratamento viável para esgotos residenciais e industriais adotando princípios da dissolução de gases em líquidos com grandes pressões hidrostáticas para tratar os poluentes no meio líquido através de reações químicas e biológicas para floculação. O descarte do efluente tratado foi disposto após a separação por flotação e sedimentação. A seguir se encontra uma descrição detalhada de todo o processo (RICHTER e LAUCEVICIUS, 1998).

#### **3.2.3.1 - Reatores de Aeração Profunda**

Adern e Lockett verificaram em 1913 que fazendo a decantação do esgoto e repondo-o com esgoto fresco a intervalos determinados, o lodo retido no recipiente gradualmente se transforma em uma cultura capaz de oxidar a matéria orgânica em poucas horas, desde que haja disponibilidade de oxigênio (decomposição aeróbia). O lodo assim formado foi chamado de lodo ativado, podendo ser facilmente removido por sedimentação ou ser mantido em suspensão em um leito fluidizado por equilíbrio hidráulico (fluxo ascendente e fluxo descendente no sistema aeróbio vertical contínuo) ou por flotação (fluxo descendente no reator) (WHITE, 1970).

O processo de lodos ativados com suas variações subseqüentes foi considerado o mais importante desenvolvimento no tratamento de esgotos do século, segundo ARCEIVALA (1981). Atualmente uma nova geração de reatores, baseada na detenção da biomassa em leitos fluidizados, promete vantagens em redução de tempo de

oxidação, eficiência e custo. Entre estes reatores, tem-se o RALF (reator anaeróbio de leito fluidizado) (CHERNICHARO, 1995, LETINGA, 1996).

Em um reator aeróbio de leito fluidizado, o processo de depuração dos esgotos se dá da mesma forma que no sistema de lodos ativados, com estes retidos em um único aerador-decantador, no qual são introduzidos volumes de esgotos (RICHTER e LAUCEVICIUS, 1998).

Comparando o sistema com outros conclui-se que o tratamento biológico em leitos fluidizados gás-líquido é atrativo devido à habilidade de desenvolver uma grande área de reação; a eficiência na remoção orgânica é conseqüentemente comparável com aquela dos leitos fixos, mas com tempo de retenção reduzido dez vezes. Além disso, a unidade pode ser usada através de um longo período sem qualquer obstrução (CHATIB et al., 1981).

Há uma semelhança entre o sistema usual de leitos fluidizados e a clarificação em mantas de lodos utilizada no tratamento de água potável: o esgoto escoar no sentido ascendente através do leito com uma velocidade suficiente para expandir o meio até o ponto em que a força de arrasto equilibra as forças gravitacionais que tendem a decantar os flocos.

No Sistema Aeróbio Vertical Contínuo, o fluxo é descendente, no sentido da decantação e, esta se realiza rapidamente, não fosse a incorporação de micro bolha de ar aos flocos, fazendo com que estes tendam a flutuar (flotar). O equilíbrio, neste caso, se estabelece quando as forças de arrasto, para baixo, igualam as forças de flutuação para cima.

Em ambos os casos o meio fluidizado fornece uma grande superfície favorável ao crescimento biológico, levando ao desenvolvimento de uma concentração de biomassa da ordem de dez vezes ou mais que normalmente obtida em um reator convencional de lodos ativados. Podendo atingir 30.000 mg/l SSVTA (sólidos em suspensão voláteis no tanque de aeração) ou mais. Conseqüentemente, o volume do reator pode ser 1/10 ou menos do que o volume de uma estação convencional de lodos ativados de mesma capacidade, o que significa menor área de terreno necessária e reduzido custo capital.

A justificativa do processo baseia-se nas necessidades atuais de maior eficiência no tratamento de esgotos, juntamente com o problema de custo e carência de terrenos para a instalação de um tratamento convencional ou de lagoas de estabilização. Dessa forma procurou-se desenvolver reatores biológicos de grande profundidade conforme pode ser verificada na Figura 09 onde está demonstrada a formação do leito fluidizado e

a presença de aeradores a grandes profundidades  
também a Figura 10 onde observa-se um detalhamento maior.

O sistema anaeróbico e aeróbico em valor gasta menos  
execução.

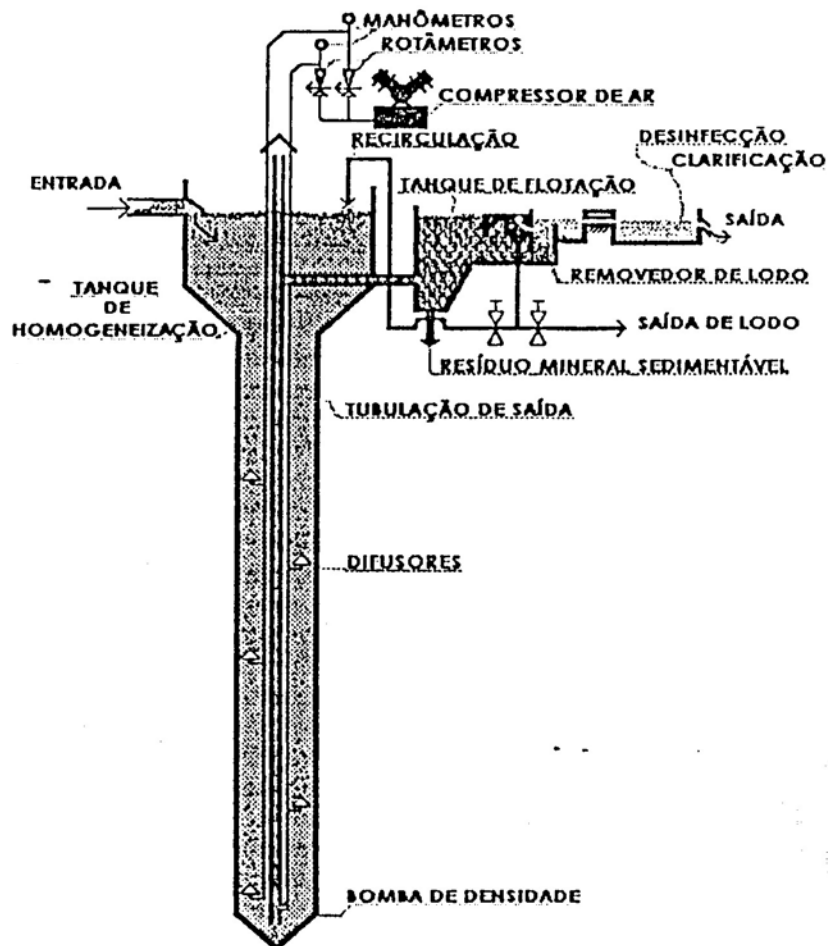


Figura 09 – Esquema do Sistema Aeróbio Vertical Contínuo

(FONTE: PROJETO ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DO RECREIO DOS BANDEIRANTES - FUNDAÇÃO RIO ÁGUAS, 1998)

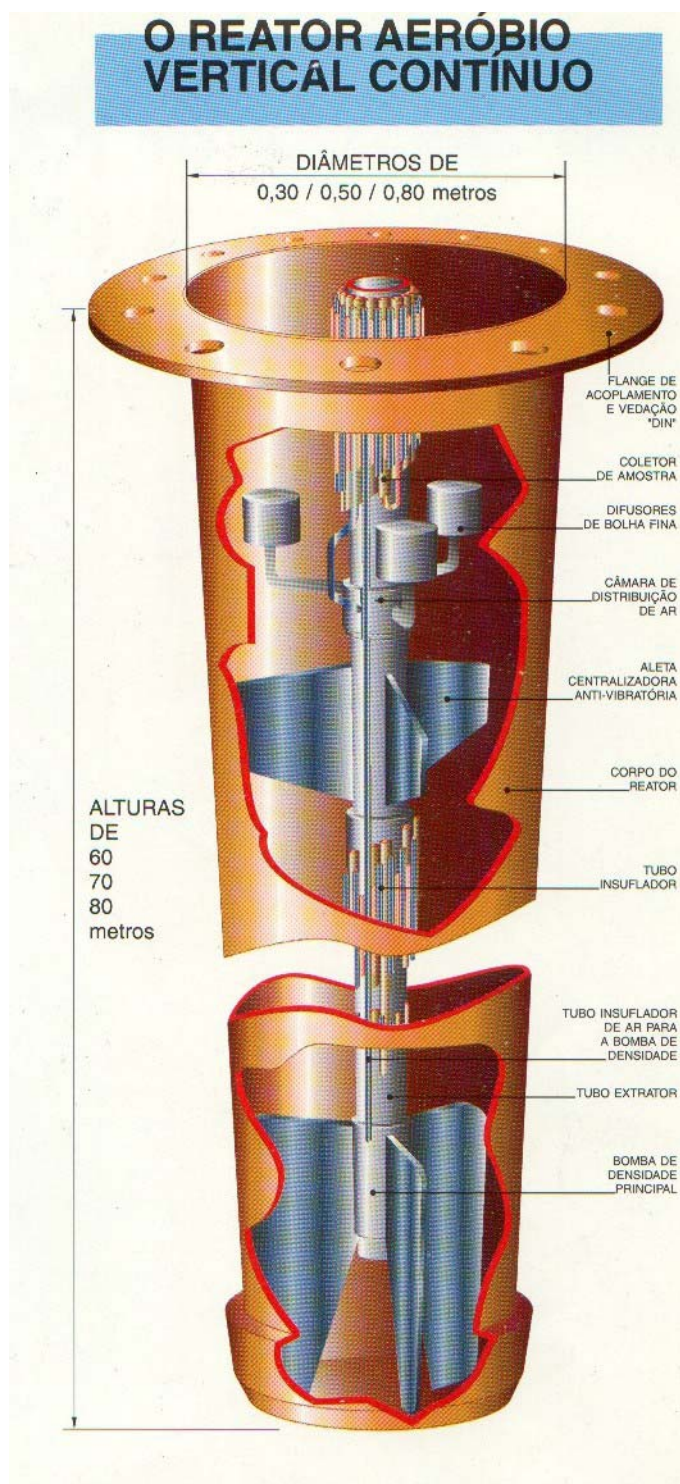


Figura 10 – Detalhamento do Reator Aeróbio Vertical Contínuo

(FONTE: EMPRESA CONSULTORA, 1998)



Pode-se definir, segundo JACKSON e SHEN (1978), reatores de aeração profunda como aqueles de 8m ou mais de profundidade, mais profundos que tanques convencionais, cujas profundidades estão entre 3 e 5 m.

De acordo com as experiências também de JACKSON e SHEN (1978) um reator de aeração profunda oferece uma série de vantagens. Entre elas: alta capacidade de oxigenação, menor consumo de energia, baixo custo e pequena necessidade de manutenção. A elevada pressão parcial e a alta solubilidade do oxigênio desenvolvida no fundo de um reator de alta profundidade oferecem a vantagem adicional de resistir a flutuações de carga orgânica e hidráulica, sem prejuízo da eficiência.

O Sistema Aeróbio vertical contínuo consta de um ou mais poços verticais, com profundidade superior a 50 m, onde o esgoto é conduzido lentamente da superfície para o fundo. Do fundo, esse esgoto, é levado rapidamente a superfície por uma bomba de densidade. Dispositivos de aplicação de ar são dispostos ao longo do reator permitindo um fornecimento contínuo e controlado de oxigênio em diversas profundidades.

As bactérias aeróbias em suspensão estão dispersas no meio líquido, alimentando-se dos produtos e subprodutos oriundos dos processos de introdução de alimentos e metabolismo de nutrientes, onde a multiplicação da biomassa é estimulada pela disponibilidade de oxigênio, insumos alimentares, ambiente e temperatura adequados.

Antes que os organismos comecem sua principal tarefa que é a oxidação, a matéria orgânica do esgoto é adsorvida pela “matriz gelatinosa” que aglutina o floco de lodo. Esse estágio de “floculação” dura de 15 a 20 minutos de contato entre o esgoto e o lodo, em uma notável coincidência com o mesmo fenômeno no tratamento de água potável. Os organismos começam então a extrair seus nutrientes do esgoto, convertendo-os parte em novas células e parte em produtos oxidados (RICHTER e LAUCEVICIUS, 1998)

Deste modo, a massa de lodo ativado cresce durante o processo, acompanhando o fluxo descendente do líquido, e como há uma disponibilidade crescente de oxigênio, pode-se admitir que a taxa de crescimento da biomassa é proporcional à profundidade, diminuindo apenas quando acaba a disponibilidade de alimento (nesse caso o principal fator limitante da atividade biológica), ou seja, com a remoção de DBO (ECKENFELDER 1992).

### 3.2.3.2 – Os Microrganismos Importantes no Processo

Os organismos vivos no lodo ativado são de diversas espécies. As menores formas de vida são as bactérias que se alimentam absorvendo matéria orgânica dissolvida na água. Várias espécies de protozoários também são encontrados no lodo ativado. Alguns podem degradar partículas sólidas de alimento e alimentar-se de formas inferiores de vida.

A constituição e o equilíbrio da população de diferentes organismos depende da natureza do esgoto, temperatura e pH. Durante o tratamento tem-se a variação das grandezas anteriores, cujo conhecimento é importante para o projeto ou operação de um sistema de digestão aeróbia.

As bactérias se reproduzem por fissiparidade, uma célula dividindo-se em duas, duas em quatro e assim sucessivamente. Enquanto há alimento suficiente, a taxa de crescimento é exponencial.

Nesta fase os microrganismos se mantêm dispersos. A matéria orgânica pode ser decomposta completamente em  $\text{CO}_2$  e água ou metabólitos de menor estrutura molecular, que eventualmente podem se completados ou digeridos em  $\text{CO}_2$ .

À medida que cresce a população bacteriana a redução de alimentos pelo incremento da nutrição de microrganismos limita o crescimento destes, fazendo a curva que representa o número da população entrar em declínio. Nesta fase, as colônias de bactérias começam a formar flocos de lodo biológico. A presença, em grande número de protozoários no floco como vorticella (ciliados pendunculares), paramécio e blepharisma (ciliados nadadores), constituem um importante indício de condições satisfatórias do lodo.(BRANCO, 1986; ALSHAWANI, 1991).

Na região mais profunda do reator, se dá a fase endógena do crescimento, quando a população bacteriana passa a diminuir e, por falta de alimento, alguns organismos se alimentam de outros e de matéria celular morta. Aqui o leito de lodos passa a se tornar disperso e verifica-se a presença de rotíferos, indicando que a oxidação orgânica já está concluída.

O floco de lodo ativado é composto por uma matriz sintética gelatinosa, similar à de certas algas, na qual estão embebidas bactérias filamentosas e unicelulares, onde pululam protozoários e alguns metazoários. O tamanho do floco na região de maior concentração varia geralmente entre 0,5mm e 5mm e sua densidade varia com a integridade da mistura, características orgânicas do afluente, temperatura e pH. Tem um

valor equivalente à densidade dos flocos resultantes da coagulação da água com compostos fêrmicos, ou seja da ordem de 1,02 a 1,06g/cm<sup>3</sup>. É portanto, uma densidade muito próxima a da água e ,portanto de fácil flotação, quando reduzida a cerca de 0,97g/cm<sup>3</sup> pela incorporação de micro bolhas de ar ao floco. Pelo fato do processo de tratamento não sofrer influência com o tamanho do floco, conforme observado em laboratório, pode-se considerar como sendo um único organismo unicelular envolto pela película do biofilme, mesmo que este conjunto não seja retido por filtros (BABBITT e BAUMANN, 1958; DAMMEL e SCHROEDER, 1991).

### 3.2.3.3 – Densidade dos Flocos no Sistema em Estudo

Com a adesão de micro bolhas de ar ao floco, a densidade aparente da nova entidade assim formada (floco lastrado de ar) torna-se inferior à da água e o movimento relativo do floco em relação à água toma-se ascendente (CORNET e MOISE, 1982).

Pode-se representar matematicamente que na condição de flotabilidade dinâmica o floco fica em equilíbrio quando:

$$S = V_0$$

Onde:

S = velocidade ascensional do floco lastrado de ar, (m/s)

V<sub>0</sub> = velocidade descendente da água, (m/s)

Como a lei de Stokes não é mais válida (número de Reynolds para o floco > 2), a velocidade ascensional do floco pode ser calculada então pela Equação 01 empírica devida a Alien:

$$\text{Equação 01} \quad S = \frac{0,78 \delta^{1,14} (\rho_a/\rho_f)^{0,174}}{\nu^{0,143}}$$

onde  $\delta$  = diâmetro dos flocos, m

$\nu$  = viscosidade cinemática da água, m<sup>2</sup>/s

$\rho_a, \rho_f$  = velocidade de flotação, m/s

### 3.2.3.4 – Concentração da Biomassa no leito Fluidizado

CHO et al., (1993), partindo da equação de Carman-Kozeny desenvolveu um novo modelo de sedimentação do leito fluidizado, incorporando o termo de concentração de flocos na Equação 02:

$$\text{Equação 02} \quad S = \frac{k e^{-nx}}{X}$$

Onde: S= velocidade de sedimentação (ou de floculação) do leito fluidizado, m/h

X = Concentração de sólidos, Kg/m<sup>3</sup>

n e k = constantes cujos valores médios resultaram:

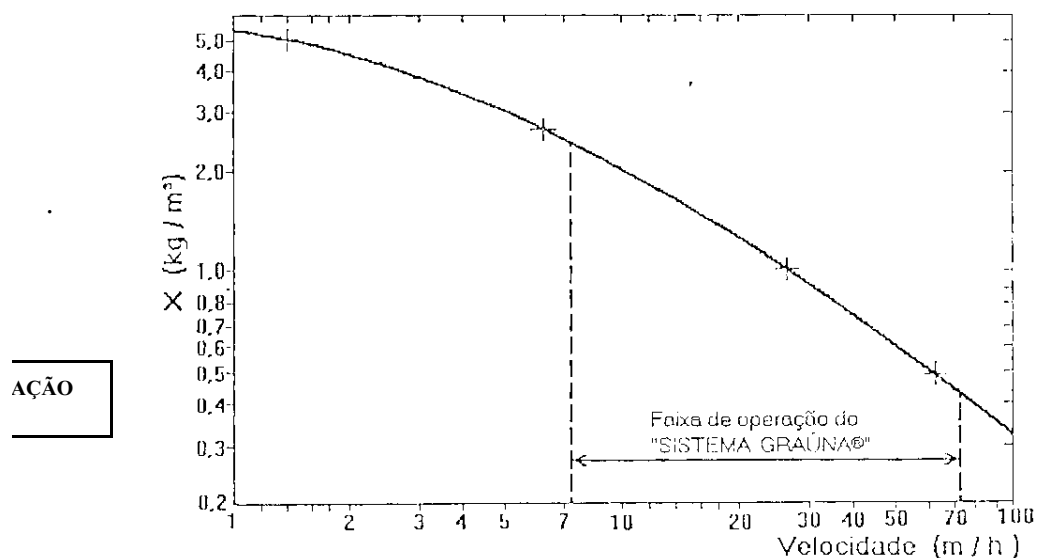
$$n = 0,33 \text{ (0,289 a 0,360)}$$

$$k = 36 \text{ (28,2 a 50,6)}$$

O leito estará em equilíbrio quando:

$$\text{Equação 03} \quad S=V_0$$

Aplicando-se a Equação 02 obtém-se a Curva 01 abaixo. De onde se deduz que para as condições limites de operação do sistema em estudo a concentração da biomassa estaria compreendida entre 430 a 2500mg/l



Curva

01 – Relação entre a taxa de escoamento superficial,  $V_0 = Q/A$  e a concentração de lodo  $X$  no leito fluidizado.

(FONTE: PROJETO ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DO RECREIO DOS BANDEIRANTES – FUNDAÇÃO RIO ÀGUAS)

Porém, com o sentido descendente do fluxo e com o rompimento dos flocos por opção de gradientes de velocidades elevados (conseqüência do fluxo de ar) a concentração tende a aumentar com a profundidade, de modo que na região correspondente à fase de declínio e início da fase endógena, a concentração tende a aumentar significativamente, podendo chegar a valores como 15.000 a 30.000 mg/l.

### 3.2.3.5 – Flocculação no leito fluidizado – Gradiente de Velocidade

Em trabalho recente de COMA et al., (1989), verificou-se uma extraordinária semelhança entre autofloculação do esgoto doméstico e a coagulação química dos sistemas de tratamento para água potável. A autofloculação pode ser realizada em leito fluidizado em um tempo inferior a 15 minutos a um gradiente de velocidade  $G = 25 \text{ s}^{-1}$  e número de campo  $GT = 4 \times 10^4$ .

Os gradientes de velocidade em um leito fluidizado podem ser calculados pela Equação 04 devido a Coma, (1989).

$$\text{Equação 04} \quad G = \frac{g(\rho_a/\rho_f - 1) C \cdot d}{1,37\mu}$$

Onde:

$G$  = gradiente de velocidade ( $s^{-1}$ )

$g$  = aceleração da gravidade ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )

$\mu$  = viscosidade dinâmica da água ( $\text{kgs/m}^2$ )

$C$  = concentração de sólidos no leito fluidizado ( $\text{kg/m}^3$ )

$\rho_a/\rho_f$  = densidade da água e do floco lastrado

$d$  = diâmetro do floco (mm)

A aplicação da Equação 04 às condições normais de operação do sistema aeróbio vertical contínuo revela gradientes de velocidade inferiores a  $15 \text{ s}^{-1}$ , portanto inferiores aos valores ótimos. Isso porque não é desejada a floculação no estágio inicial do processo de tratamento, ou seja, nas partes superiores dos reatores. A floculação forma uma massa muito densa e de difícil digestão além de diminuir a superfície total. No início é necessário o ataque das bactérias, procurando-se obter mistura completa. Nas áreas mais profundas torna-se necessário a floculação para a formação dos leitos fluidizados. Nesta etapa ocorre a introdução controlada de ar.

No entanto a floculação é rápida e auxiliada por gradientes de velocidade geradas pelo fluxo ascendente do ar. Esses gradientes são calculados pela Equação 05 abaixo:

$$\text{Equação 05} \quad G = \{p_a \cdot q_{ar} \cdot \ln(H+10/10) / \mu v\}^{1/2}$$

Onde:  $G$  = gradiente de velocidade,  $s^{-1}$

$p_a$  = pressão atmosférica,  $\text{kg/m}^2$

$q_{ar}$  = vazão de ar,  $\text{m}^3/\text{s}$

$H$  = altura da zona de floculação, m

$\mu$  = viscosidade dinâmica da água,  $\text{kgs/m}^2$

$v$  = volume da zona de floculação,  $\text{m}^3$

Com aplicação de uma vazão de ar, controlável,  $q_{ar}$ , obtém-se qualquer valor de gradiente que se deseje, otimizando assim a fase de floculação.

O floco tende a crescer com a profundidade e, assim, após um período de queda do tanque de reação, terá um diâmetro e densidade tais que o fazem flotar, conformidade com a Equação 01.

Por outro lado, a flotação de um grande número de flocos fará com que, através do aumento excessivo dos gradientes de velocidade, devido às elevadas concentrações existentes (Equação 04), gerando grandes tensões de cisalhamento, como mostrado na Equação 06.

$$\text{Equação 06} \quad \tau = \mu G$$

Onde:  $\tau$  = tensão cisalhante,  $\text{kg/m}^2$

$\mu$  = viscosidade dinâmica da água,  $\text{kgs/m}^2$

$G$  = gradiente de velocidade,  $\text{s}^{-1}$

Voltando a crescer e/ou diminuir sua densidade pela adesão de mais micro bolhas de ar e gases remanescentes das reações biológicas, voltam a flotar aumentando consideravelmente o tempo de detenção médio dos sólidos a idade do lodo, razão pela qual o tamanho dos flocos não é fator importante a considerar, devido à capacidade de auto ajuste inerente ao sistema.

### 3.2.3.6 – Transferência de Oxigênio no Processo

A injeção de ar comprimido é direta, utilizando difusores micro-porosos para produzir pequenas bolhas de ar, que subirão lentamente no meio líquido. Como as bolhas são minúsculas é grande a área da superfície total que entra em contato com o líquido

Considerando-se também o longo tempo de ascensão combinado com elevadas pressões manométricas, superiores as encontradas na superfície, o resultado final é uma alta taxa de transferência de oxigênio.

Os sais insolúveis produzidos pela digestão cristalizam e sedimentam. Os composto solúveis acompanham o fluxo do fluido de suporte até seu destino final, que pode ser o descarte e ou então sua incorporação a um processo metabólico.

O conjunto flóculo (biomassa, gases absorvidos, particulado fino, colóides e água) e microrganismos agregados pode ser considerado um sólido, ainda que em não consolidado. Este sólido tem densidade e superfície características. Quanto menor for o flóculo maior será a área de exposição da biomassa aos processos aeróbios.

O flóculo é mantido em permanente presença com os nutrientes e as bolhas (ar, oxigênio, gás carbônico, óxidos de nitrogênio e enxofre, fósforo e outros), cujo tempo de contato não se pode determinar de antemão. A falta de conhecimento deste modelo não permite estabelecer fórmulas ideais de conversão do comportamento, mas a verificação em laboratório, consolidada com referenciais teóricos, mostra o seguinte: (RICHTER e LAUCEVICIUS,1998)

a) o gás permanece próximo da bolha, formando urna espécie de nuvem que penetra e se imiscui com o líquido, favorecendo sua transferência e sua dissolução no meio.

b) o gás migra por difusão molecular através das películas de interface entre a bolha e o fluido de suporte e também pelas películas biológicas. Essa transferência aumenta na proporção das áreas de interface, do tempo de contato proporcionado pela velocidade de ascensão, pelo percurso através dos diversos níveis de leitos fluidizados e pela pressão hidrostática.

c) os efeitos de difusão e absorção de gases são função do tamanho das bolhas, dos núcleos dos particulados e da profundidade. Como a pressão hidrostática aumenta linearmente com a profundidade, a composição das curvas das áreas de interface em relação ao tempo de ascensão das bolhas faz com que a eficiência de transferência de oxigênio possa ser representada por uma curva de configuração exponencial, crescente com a profundidade.

d) as bolhas têm tamanho semelhante em cada condição de profundidade e, quando o gás é injetado uniformemente distribuído ao longo do reator, a eficiência do conjunto é melhor.

e) a difusão de ar a grandes profundidades requer maiores esforços (elevadas pressões, mais atritos e distâncias), o que provoca perdas de energia com valor crescente com a profundidade, limitando as profundidades sob o ponto de vista do balanço energético.



f) cada bolha carrega consigo um rastro de sólidos, criando uma circulação de particulados no leito, com escoamentos ascendentes atrás das bolhas e descendentes no resto da emulsão.

g) os leitos fluidizados permanecem estáveis nas suas diversas profundidades, pois as velocidades relativas do gás, do fluido de suporte e dos particulados são constantes para cada estrato.

h) os leitos fluidizados são mais densos e homogêneos conforme maior seja a profundidade.

i) a quebra do equilíbrio dos leitos fluidizados é possível pela alteração das condições de bombeamento, volumes e pressões de gases injetados. O controle externo desses parâmetros permite um domínio adequado das reações químicas e biológicas.

j) a determinação da altura da coluna de cada leito fluidizado é específica para cada tipo de esgoto. Devido a complexidade do balanço material; dos reagentes estarem em constante movimento e a maioria das reações serem biológicas; a tarefa deste dimensionamento é realizada pelas observações em laboratório.

k) as reações do fluxo e contra-fluxo dos particulados no interior do reator promovem a elutriação do fluido de suporte dos leitos fluidizados, de forma que, no fundo do reator, observa-se grande concentração de cinzas, particulado compactado, sais insolúveis e líquido filtrado.

l) as espessuras dos biofilmes ao redor dos núcleos são constantes para cada condição nos diversos estratos, variando de forma diretamente proporcional à profundidade.

m) as dimensões dos particulados são semelhantes para cada estrato pois o crescimento do biofilme que envolve o núcleo é limitado pelo atrito gerado pela movimentação das massa no interior de cada leito fluidizado.

### 3.2.3.7 – Oxigênio Necessário

A quantidade de oxigênio fornecido deve ser suficiente para efetuar as seguintes reações:

- Oxidação da matéria orgânica (remoção de substrato) de modo a fornecer a energia necessária para a síntese;
- Respiração endógena dos microrganismos;
- Nitrificação (se desejado).

A demanda de oxigênio é igual à soma das parcelas: (RAMALHO, 1977)

1. Oxidação da matéria orgânica;
2. À respiração de novas células produzidas podendo-se, então, formular a seguinte Equação 07

$$\text{Equação 07} \quad \text{Demanda de O}_2 = a' \cdot (S_0 - S_e) \cdot Q + b' \cdot X \cdot V, \text{ em g/dia}$$

Onde :

$a'$  = fração do substrato removido utilizado para a produção de energia, KgO<sub>2</sub> para energia/KgDBO<sub>5</sub>

$b'$  = taxa de oxigênio utilizado para o processo de respiração endógena, KgO<sub>2</sub>/KgSSVTA dia

$Q$  = vazão, m<sup>3</sup>/dia

$S_0$  = concentração do afluente, mg/l

$S_e$  = concentração do efluente, mg/l

$X$  = concentração de SSVTA, mg/l

$V$  = volume da zona da reação, m<sup>3</sup>

Valores típicos dos coeficientes  $a'$  e  $b'$  são apresentados no Quadro 09 abaixo:

Quadro 09 – valores dos coeficientes a' e b'

| Despejo                | a'        | b'          |
|------------------------|-----------|-------------|
| Doméstico              | 0,36-0,63 | 0,05-0,28   |
| Refinarias             | 0,40-0,77 | 0,142-0,227 |
| Química e Petroquímica | 0,31-0,76 | 0,071-0,255 |
| Cervejaria             | 0,48      | 0,142       |
| Farmacêutico           | 0,46      | -           |
| Papel Kraft            | 0,65-0,80 | 0,114       |

(FONTE: PROJETO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DO RECREIO DOS BANDEIRANTES – FUNDAÇÃO RIO ÁGUAS)

A vazão de ar pode ser determinada considerando -se que a proporção em peso do oxigênio na massa de ar é cerca de 23% e que a densidade do ar em condições normais a 25°C é de 1,2 kg/m<sup>3</sup>:

$$\text{Equação 08} \quad q_{\text{ar}} = \frac{\text{Demanda de O}_2}{0,23 \times 1,2 \times \eta}$$

Onde:  $q_{\text{ar}}$  = vazão de ar

$\eta$  = rendimento do sistema

Sendo  $\eta$  o rendimento do sistema de transferência ( $\eta = 40$  a 70%, utilizando-se difusores de micro bolhas a grandes profundidades).

A eficiência de um reator aeróbio depende inteiramente da oferta de oxigênio dissolvido. Nos sistemas convencionais de pouca profundidade, a transferência de oxigênio tem uma eficiência muito baixa, geralmente inferior a 10%. A maior parte da energia necessária a oxidação e somente 10% para agitação. Na ausência da agitação, os sólidos sedimentariam facilmente e acumular-se-iam no fundo, rapidamente tornando-se anaeróbios, se não retornassem logo à zona de aeração, por agitação do fluido.

Nos sistemas de aeração profunda, como o Sistema Aeróbio Vertical Contínuo, as pressões hidrostáticas elevadas provocam a absorção do ar pelos sólidos e líquidos, a qual é maior no fundo do que nas camadas mais superficiais, com o que a flotação pode ser realizada com pequena ou nenhuma aplicação suplementar de ar. A tendência de flotação dos sólidos contra o fluxo da água mantém o leito fluidizado em equilíbrio dinâmico com uma alta concentração de sólidos, e a oferta de oxigênio crescente no

sentido do fluxo, constituem os dois fatores principais que garantem a alta eficiência do processo (RICHTER E LAUCEVICIUS, 1998).

### 3.2.3.8 - Dissolução do Ar na Água

A solubilidade do ar na água é, de acordo com a lei de Henry, proporcional à pressão hidrostática ou, em reatores de aeração profunda, proporcional à profundidade, ou seja

$$\text{Equação 09} \quad C_s = k H$$

onde  $C_s$  = a concentração de ar saturado na água, mg/l

$H$  = profundidade, m

Para se avaliar a taxa de transferência de oxigênio, a concentração deste gás pode ser determinado pela Equação 10 abaixo:

$$\text{Equação 10} \quad C_s = k C_0 \frac{H + 10}{10}$$

onde:  $C_s$  = concentração do gás dissolvido na água, mg/l

$k$  = coeficiente que depende da concentração de cloretos na água, (água pura  $k = 1,0$ , esgoto doméstico  $k = 0,95$ )

$H$  = profundidade de aplicação do gás, m

$C_0$  = solubilidade do gás à pressão atmosférica, mg/l.

O Quadro 10 dá a solubilidade do ar e do oxigênio na água pura em função da temperatura e da pressão normal. Para esgotos domésticos, os valores dados devem ser multiplicados por um coeficiente  $k$  igual ou próximo a 0,95.

Quadro 10 – Solubilidade de Ar e do Oxigênio em equilíbrio com ar seco e uma atmosfera de pressão

| Temperatura<br>°C | Concentração (mg/l) |          |
|-------------------|---------------------|----------|
|                   | Ar                  | Oxigênio |
| 0                 | 37,0                | 14,54    |
| 5                 | 32,7                | 12,71    |
| 10                | 29,0                | 11,27    |
| 15                | 26,9                | 10,08    |
| 20                | 23,7                | 9,07     |
| 25                | 21,7                | 8,25     |
| 30                | 20,0                | 7,52     |
| 35                | 18,5                | 6,95     |
| 40                | 17,2                | 6,46     |
| 45                | 16,0                | 6,00     |
| 50                | 15,0                | 5,57     |
| 60                | 12,8                | 4,76     |
| 70                | 10,6                | 3,90     |

(FONTE: PERRY ET AL, 1963)

Segundo RICHTER e LAUCEVICIUS (1998), na prática, o grau de saturação de ar varia com a técnica usada para aplica-lo, com profundidade do ponto de aplicação (ou pressão) etc, de modo que a eficiência, em sistemas de aeração profunda, pode variar entre 40 a 70%.

Deve ser levado em consideração ao longo do tempo de ascensão das bolhas que estão em grandes profundidades. A taxa de transferência deve levar em conta, além do coeficiente de dissolução, as quantidades adsorvidas pelos flocos pelo diferencial das tensões superficiais, a expansão do tamanho da bolha em função do decréscimo da pressão hidrostática, a avidéz dos microrganismos pelo oxigênio, ou aumento da salinidade nas profundezas etc. Não se deve imaginar o fenômeno da dissolução como um modelo simples e linear, pois as distorções observadas são grandes.

A figura 11, abaixo mostra a concentração de oxigênio dissolvido disponível para a oxidação biológica em um reator de aeração profunda, em função da profundidade, à temperatura de 15°C, para esgotos domésticos ( $k=0,95$ ). A oferta de oxigênio  $m_o$  (Equação 11), no processo de aeração profunda, pode, então ser calculado pela área do trapézio ABCD multiplicado pela área A da seção transversal do reator:

$$[ \quad ]$$

$$\text{Equação 11} \quad m_o = \eta \frac{K A C_o}{2} \frac{H+20}{20}$$

Onde H, em gramas e os outros símbolos já foram definidos anteriormente e  $C_o$  = concentração de oxigênio à pressão atmosférica, dada no Quadro 10 e  $\eta$  o rendimento na transferência ar/água.

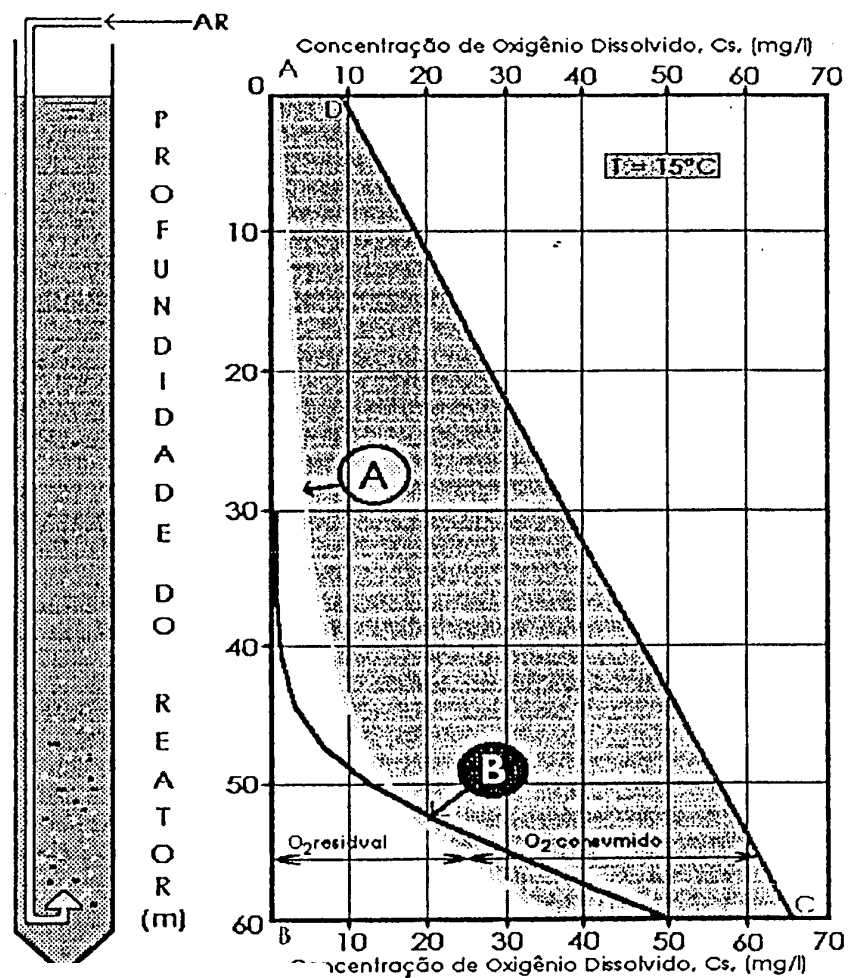


Figura 11 - Disponibilidade mínima de oxigênio no sistema em estudo

Sabendo que o ar contém 23% de oxigênio em peso, a pressão normal (sendo 76 mm de Hg ao nível do mar), e sendo  $\delta$  o peso específico do ar dado no Quadro 11 a

seguir e Q a vazão do esgoto no reator, a vazão de ar mínima necessária será (Equação 12):

$$\text{Equação 12} \quad q_{\text{ar}} = \frac{C_0 (H+10) Q}{10 \cdot \eta \cdot \delta}$$

Como  $C_0$  e  $\delta$  são dados na mesma unidade (mg/l), as unidades da vazão para o ar e água serão as mesmas.

Quadro – 11 – Valores do Peso Específico do Ar

| Temperatura<br>°C | $\delta$<br>(mg/l) |
|-------------------|--------------------|
| 0                 | 1293               |
| 5                 | 1270               |
| 10                | 1247               |
| 15                | 1224               |
| 20                | 1204               |
| 25                | 1184               |
| 30                | 1164               |

(FONTE: PROJETO ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DO RECREIO DOS BANDEIRANTES – FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS,1998)

Como o oxigênio dissolvido é consumido na respiração endógena na oxidação a concentração de oxigênio residual deverá seguir uma curva semelhante as linhas tracejadas da Figura 11, provavelmente, parábolas do 2º grau.

Para se obter estas curvas úteis para a otimização operacional do sistema, basta determinar o teor de oxigênio dissolvido em três ou quatro pontos; na superfície, no fundo em um ou dois pontos intermediários. A área hachureada representa o consumo total de oxigênio no processo.

Se a oferta de OD é maior que a demanda resulta numa curva como da linha A. Isso pode acontecer com despejos de pequena carga orgânica, como esgotos domésticos.

Se o consumo de  $O_2$  apresenta uma curva como a linha B, com OD nulo até um ponto qualquer abaixo da superfície, a demanda de oxigênio é maior que a oferta por simples dissolução e o sistema deverá fornecer uma quantidade de ar suplementar, principalmente se o afluente é de grande carga orgânica.

### 3.2.3.9 – Circuitos Hidráulicos

Como o sistema em estudo trabalha em circuito fechado, pode-se iniciar, descrição do circuito hidráulico partindo-se de qualquer ponto. Torna-se fácil explicar que, pelo fato da circulação ser reversa, nenhum sedimento fica depositado no fundo do tanque de reação, vertical. (RICHTER e LAUCEVICIUS, 1998)

Ainda segundo os autores os sedimentos que chegam ao fundo do reator vertical são bombeados por um condutor com seção dezenas de vezes inferior ao da coluna externa. Isto provoca um movimento descendente no fluido lento no anel externo e um rápido movimento ascendente no condutor interno.

O movimento descendente lento no anel externo permite o assentamento de leitos fluidizados em sua posição ideal, mantendo constantes as condições ambientais em cada estrato, onde a biomassa pode completar o ciclo de digestão e mineralização. A velocidade descendente é função do diâmetro do tanque de reação e do tipo de esgoto a ser tratado e seu parâmetro ideal está situado na faixa entre 0,002 a 0,200 m/s. Pode-se notar que esta ampla faixa operacional permite adoção de gradientes de velocidade apropriados para cada tipo de partícula que se deseje aglutinar.

O movimento ascendente no condutor interno, aqui denominado tubo de saída, tem uma velocidade compatível para carrear os particulados pesados ao flutador sedimentador rápido, instalado na superfície. Esta elevada velocidade promove uma descompressão rápida da emulsão que está no fundo do tanque de reação. Os efeitos provocados são a desgaseificação do fluido de suporte, a destruição dos flocos e a expansão volumétrica das células. Assim a matéria orgânica fica com densidade menor que o líquido, na superfície, ocorrendo a flotação.

A velocidade de ascensão na tubulação de saída é suficientemente elevada para arrastar os sólidos de diversas dimensões e densidades, que se depositam na parte inferior do tanque de reação. Esta velocidade é determinada pela característica mecânica da tubulação utilizada e é freqüentemente superior a 4,0m/s.

Instalam-se flutadores sedimentadores em série a esta tubulação de saída para classificar os materiais que surgem na superfície, retornando-se a matéria orgânica que flota para um novo ciclo no tanque de homogeneização e daí para o tanque de reação,



descartando-se o fluido de suporte tratado e recolhendo-se os materiais de sólidos adensados.

Para equalizar o volume de esgoto afluyente e de recirculação é reservado volume suficiente no tanque de homogeneização que está conectado a um ou mais tanques de reação verticais, ligados entre si, conforme a necessidade.

As dimensões dos tanques de homogeneização, dos tanques e reação e dos flotadores sedimentadores de saída, conforma Figura 12, são determinados em ensaios de digestibilidade e contemplam volumes suficientes para abrigar todas as reações durante o tempo de retenção dos sólidos, necessário para atingir a mineralização desejada dos esgotos, em função das vazões afluentes.

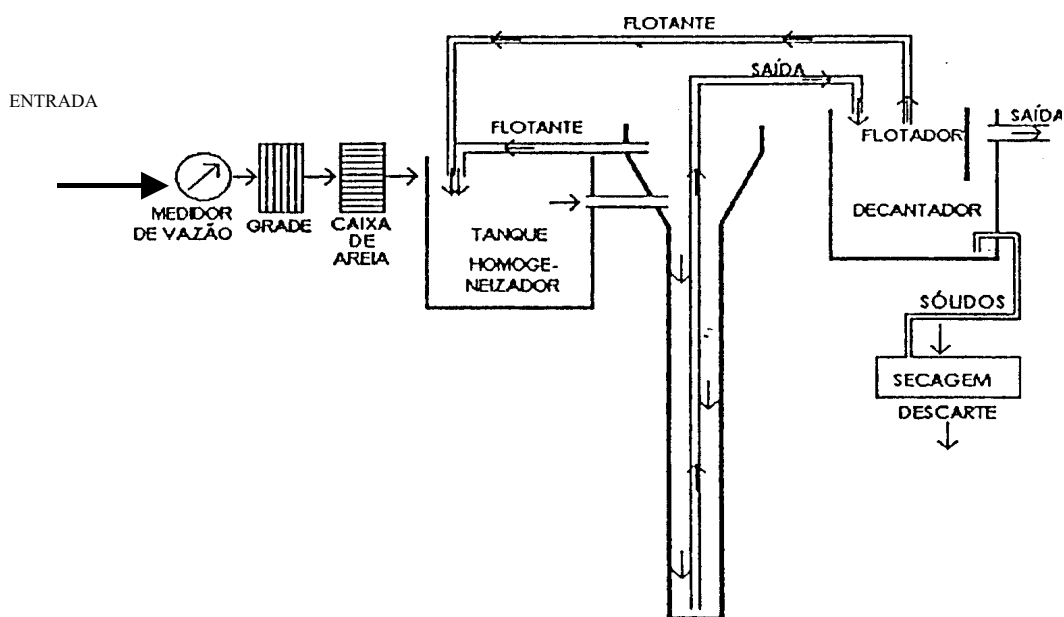


Figura 12 - Diagrama de sentido de recirculação

(FONTE:PROJETO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DO RECREIO DOS BANDEIRANTES – FUNDAÇÃO RIO ÁGUAS)

### 3.2.3.10 – Modelo Cinético de Dimensionamento do Processo

O desenvolvimento da tecnologia de tratamento biológico em leito fluidizados está apenas começando e a formulação matemática do processo existe apenas para uns poucos modelos, principalmente anaeróbios e de pouca profundidade.

Dados experimentais tem sido coletados em unidades piloto que operam em regime permanente, porém os reatores de leito fluidizado, como o que incorpora o Sistema Aeróbio Vertical Contínuo, estão sujeitos a limitações de carga orgânica e hidráulica, quando em

operação real. Muito pouca informação é disponível na literatura sobre reatores operando em regime não permanente, no entanto os dados disponíveis indicam que parece não haver efeitos prejudiciais na eficiência do processo sob tais condições.

Deste modo é válido admitir a existência de um regime permanente no leito fluidizado, apesar de que em operação real sempre deverá haver variações, e aplicar os princípios da engenharia das reações químicas ao sistema, a fim de se obter equações que permitam prever o seu comportamento sob diferentes condições de trabalho, úteis para o projeto e operação racional deste tipo de reator. (RICHTER e LAUCEVICIUS, 1998)

### 3.2.3.10.1 – Equações Diferenciais Básicas

De acordo com ARGMAN (1991), os princípios de engenharia das reações químicas são aplicáveis no projeto e na modelação matemática de reatores aeróbios.

O termo substrato será usado a seguir substituindo uma variedade de termos tais como DBO, DQO, pH etc. É difícil ligar estes termos em uma descrição geral do processo. Em uma conceituação simples, substrato é o alimento que os microrganismos consomem, e a taxa a que esse alimento está disponível para as bactérias, determina a taxa de decomposição do sistema ou taxa de remoção do substrato.

A degradação de um substrato (DBO, DQO, N etc), em um sistema de cultura pura, segue a cinética de Monod (ECKENFELDER, 1970)

$$\text{Equação 13} \quad \frac{dS}{dt} = \frac{-k X}{K_s + S}$$

Onde S = concentração de substrato, mg/l

X = concentração da biomassa ativa, mg/l

K = constante de Monod, kg/kg.dia

K<sub>s</sub> = constante de meia saturação de Monod, mg/l

Como na prática K<sub>s</sub> é muito pequena em relação a S, a equação 14 se reduz a

$$\text{Equação 14} \quad \frac{dS}{dt} = -k X$$

Após certa redução inicial do substrato a taxa de remoção torna-se dependente da concentração remanescente do substrato  $S/S_0$  e a equação 14 torna-se:

$$\text{Equação 15} \quad \frac{dS}{S} = -k \frac{X}{S_0} S$$

Integrando a equação 15 acima em um intervalo de tempo de  $\{0, T\}$ , resulta na seguinte forma:

$$\text{Equação 16} \quad S = e^{-(k/S_0) \cdot X \cdot T}$$

Tem-se ainda a seguinte Equação 17: (RICHTER e LEUCEVICIUS,1998)

$$\text{Equação 17} \quad \frac{dX}{dH} = k_1 H$$

Onde  $X$  = concentração de biomassa, mg/l

$H$  = profundidade do reator, m

$k_1$  = constante

Integrando chega-se a Equação 18

$$\text{Equação 18} \quad X = k_1' \cdot H^2$$

E a equação 16 com base na equação 17 e equação 18 torna-se equação 19

$$\text{Equação 19} \quad S_e = S_0 e^{-(k_{GR}/S_0) \cdot H^2 \cdot T}$$

Onde  $S_0$  = concentração do substrato no afluente (DBO, DQO, N), mg/l

$S_e$  = concentração do substrato no efluente, mg/l

$H$  = profundidade da zona de aeração, m

$T$  = tempo de detenção hidráulico ( $T = Q/V$ ), h

$k_{GR}$  = coeficiente que depende das características do afluente tratado no sistema em estudo, onde  $k_{GR} = f(k_1, k'_1, k)$

A equação acima demonstra a sensível influencia da profundidade na taxa de remoção de substrato, o que ao lado de outros fatores já discutidos explica a extraordinária eficiência do Sistema Aeróbio Vertical Contínuo.

É de se notar a semelhança da Equação 19 com a Equação 20 que define a remoção de substrato em um leito percolador (ou filtro biológico)

$$\text{Equação 20} \quad S_e = S_0 \cdot e^{-kXT}$$

E com a Equação 21 de HUDSON (1965)

$$\text{Equação 21} \quad N_e = N_0 e^{-KCGT}$$

A Equação 21 de HUDSON é utilizada na floculação em mantas de lodos para o tratamento de água potável, na qual  $N_0$  e  $N_e$  significam turbidez da água bruta e da água decantada, respectivamente,  $k$  é uma contante,  $C$  é a concentração em volume de flocos,  $G$  é o gradiente de velocidade e  $T$  o tempo de detenção no floculador.

Pode-se obter o valor da constante  $k_{GR}$  a partir de testes em instalações piloto, onde se determina os valores de  $S_0$  e  $S_e$  para valores de  $H$  e  $T$  dados para diversos tipos de despejos, aplicando a Equação 22 abaixo:

$$\text{Equação 22} \quad k_{GR} = \frac{S_0}{H^2 \cdot T} \ln \frac{S_0}{S_e}$$

Nos laboratórios com os dados de entrada característicos de ensaios e com vazões e volumes disponível no reator, determina-se os tempos de detenção, sendo obtidas valores confiáveis de  $k_{GR}$  para dimensionamento da implantação definitiva.

Estudos de escala piloto fornecidos pela empresa consultora (GRAUNASA, SP, 1998) apresentam resultados como no Quadro 12. No cálculo do coeficiente  $k_{GR}$  admitiu-se uma zona de reação ocupando a extensão de 40m do poço, descontando assim cerca de 10m iniciais necessários à floculação e os 10m finais à clarificação e parte de nitrificação.

Quadro 12 – Remoção do Substrato e o valor do coeficiente  $k_{GR}$  para as diversos tipos de despejos no sistema Aeróbio Vertical Contínuo.

| Tipo de despejo | Parâmetro do Substrato | Concentração (mg/l) |     | % de Remoção do (substrato) | Tempo de Reação (h) | $k_{GR}$ | Observações    |
|-----------------|------------------------|---------------------|-----|-----------------------------|---------------------|----------|----------------|
|                 |                        | S0                  | Se  |                             |                     |          |                |
| Doméstico       | DBO                    | 476                 | 83  | 83                          | 4,0                 | 0,130    | -              |
| Doméstico       | DBO                    | 220                 | 26  | 88                          | 4,0                 | 0,073    | -              |
| Doméstico       | DBO                    | 195                 | 34  | 83                          | 2,7                 | 0,079    | -              |
| Doméstico       | DBO                    | 360                 | 30  | 92                          | 2,0                 | 0,280    | -              |
| Doméstico       | DBO                    | 320                 | 30  | 91                          | 2,0                 | 0,237    | -              |
| Industrial      | DBO                    | 1800                | 240 | 87                          | 2,7                 | 0,840    | Matadouro      |
| Industrial      | DBO                    | 1350                | 92  | 93                          | 4,0                 | 0,567    | Ind. Textil    |
| Industrial      | DBO                    | 1450                | 40  | 97                          | 4,0                 | 0,814    | Chorume        |
| Industrial      | DBO                    | 1200                | 60  | 95                          | 2,7                 | 0,832    | Peixaria       |
| Industrial      | DBO                    | 230                 | 15  | 93                          | 2,7                 | 0,087    | Refrigerantes  |
| Industrial      | DBO                    | 100                 | 12  | 88                          | 2,0                 | 0,132    | Refrigerantes  |
| Industrial      | DBO                    | 334                 | 46  | 86                          | 2,0                 | 0,207    | Ind. Textil    |
| Industrial      | DQO                    | 1016                | 355 | 65                          | 2,9                 | 0,228    | Ind. Plásticos |
| Industrial      | DQO                    | 650                 | 150 | 77                          | 2,9                 | 0,205    | Ind. Plásticos |
| Industrial      | DQO                    | 840                 | 274 | 67                          | 2,9                 | 0,203    | Ind. Plásticos |
| Industrial      | DQO                    | 815                 | 355 | 56                          | 2,9                 | 0,205    | Ind. Plásticos |

(FONTE: PROJETO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DO RECREIO DOS BANDEIRANTES – FUNDAÇÃO RIO ÁGUAS)

A tecnologia de tratamento biológico em leitos fluidizados vem ganhando considerável interesse, principalmente no tratamento anaeróbio (CHERNICHARO, 1995). Relativamente pouco trabalho se tem desenvolvido no tratamento aeróbio em leitos fluidizados, apesar deste processo estar demonstrado ser plenamente viável para a oxidação carbonácea de esgotos domésticos e industriais para nitrificação e desnitrificação (VON SPERLING, 1997). Uma das principais vantagens do processo biológico em leitos, é a possível não utilização de clarificação secundária como ocorre no processo convencional de lodos ativados.

Segundo RAMALHO (1977), MELTCALF E EDDY (1991), PESSOA e JORDÃO (1995) e VON SPERLING (1996) entre outros, o sistema de lodos ativados nesta variante é considerado uma solução eficaz quando uma das seguintes condições está presente:

- A eficiência da remoção dos poluentes – a eficiência normal de projeto é de 90% permitindo a descarga dos efluentes em córregos ou galerias de águas pluviais, sem problemas sanitários.
- A descentralização do tratamento – esta possibilidade permite um planejamento em longo prazo, atendendo imediatamente às situações mais críticas.
- A taxa de ocupação de terrenos – a implantação do sistema em terrenos de pequenas dimensões proporciona economia de tal forma significativa que, somente a diferença dos valores para a aquisição da área, torna-se o fator determinante para a definição da escolha.

Uma das vantagens é também para o tratamento de pequenas e médias demandas, de funcionamento descontínuo ou sazonal, onde normalmente existem problemas de tratamento de efluentes. Além das opções de equipamentos para tratamento de esgotos para pequenas comunidades, loteamento e indústrias serem poucas, as soluções clássicas requerem grandes áreas, impedindo o uso de tecnologias convencionais de tratamento (IMHOFF 1966).

Os Reatores Biológicos Aeróbios do Tipo Vertical Contínuo apresentam-se como uma alternativa possível e viável para muito desses casos

A experimentação com vários tipos de esgoto é a ferramenta mais conveniente para parametrizar os desvios. As estações de tratamento são dimensionadas utilizando os princípios de fluidização nesta concepção de sistema. Estes experimentos consolidados com fundamentos de hidrodinâmica, permitem estabelecer curvas de comportamento das mais diversas solicitações.

No sistema proposto, o residual de lodo formado é muito mineralizado, reduzindo o volume do lodo previsto para descarte a cerca de 10% dos volumes produzidos em sistemas de tratamento aeróbios convencionais, representando a grande vantagem no manuseio do excesso para disposição final.

QUADRO 13 - Quadro Comparativo de Processos de Tratamento de Esgoto

| COMPARAÇÕES ENTRE SISTEMAS COM A MESMA CAPACIDADE | EMPRESA CONSULTORA | FLUXO ANAERÓBIO | CONVENC.     | LAGOAS      |
|---|--------------------|-----------------|--------------|-------------|
| <b>Aspectos de Impacto Ambiental</b>              |                    |                 |              |             |
| odores  | não há             | algum           | algum        | há          |
| mosquitos, baratas e pragas                       | não há             | algum           | não há       | há          |
| possível tratamento paisagístico                  | sim                | não             | não          | sim         |
| possível uso da superfície                        | sim                | não             | não          | não         |
| infiltração / percolação no solo                  | não há             | não há          | alguma       | grande      |
| contaminação do lençol freático                   | não há             | não há          | não há       | há          |
| porte mínimo (habitantes equivalentes)            | 1.000              | 300             | 40.000       | n/a         |
| <b>Aspectos Técnicos</b>                          |                    |                 |              |             |
| tipo de tratamento                                | aeróbio            | anaeróbio       | misto        | estabiliz.  |
| administra metais pesados                         | sim                | não             | sim          | sim         |
| trata metais pesados                              | sim                | não             | sim          | contam.     |
| fenóis  | não                | não             | não          | contam.     |
| operação  | informatizado      | manual          | manual       | não há      |
| aerossóis   | não                | não             | algum        | não         |
| vantagem da descentralização                      | sim                | não             | não          | não         |
| tempo de detenção, líquidos, em horas             | 2                  | 6               | 12           | 72          |
| tempo de retenção, sólidos, em horas              | 60                 | 6-10            | 12           | indefinido  |
| ajuste de variação de volume afluente             | automático         | manual          | manual       | não há      |
| ajuste de variação carga química/orgânica         | automático         | sensível        | precário     | não há      |
| controle paramétrico                              | permanente         | inexistente     | intermitente | inexistente |
| multiplicação de patogênicos                      | não há             | alguma          | não há       | alto risco  |
| eficiência em operação normal                     | 95 %               | 70 %            | 60-90 %      | 70 %        |
| geração de lodos (% equivalente)                  | 5 %                | 80 %            | 100%         | 1 %         |
| resutibilidade                                    | 95 %               | 80 %            | 50 %         | 5 %         |
| <b>Aspectos Econômicos</b>                        |                    |                 |              |             |
| terreno ocupado                                   | 10                 | 50              | 100          | 500         |
| custo implant. s/terreno, s/rede coletora         | 60                 | 60              | 100          | 5           |
| custo implant. c/terreno, s/rede coletora         | 50                 | 70              | 100          | 80          |
| custo implant. c/terreno, c/rede coletora         | 30                 | 50              | 100          | 90          |
| custo operacional (% equivalente)                 | 80                 | 80              | 100          | 10          |
| manutenção (% equivalente)                        | 30                 | 35              | 100          | 5           |
| energia elétrica consumida                        | 40                 | 35              | 100          | 0           |
| operação intermitente                             | programável        | difícil         | programado   | indiferente |
| prazo de implantação, em meses                    | 2 a 10             | 12 a 15         | 18 a 60      | 3 a 6       |
| possível a ampliação após implantação             | simples            | difícil         | não          | não         |
| atuação da iniciativa privada na operação         | possível           | possível        | não          | não         |
| possibilidade de financiamento externo            | sim                | sim             | sim          | não         |

(FONTE: EMPRESA CONSULTORA, 2000)

Abaixo na figura 13 tem-se o esquema da estação de tratamento de esgoto em estudo



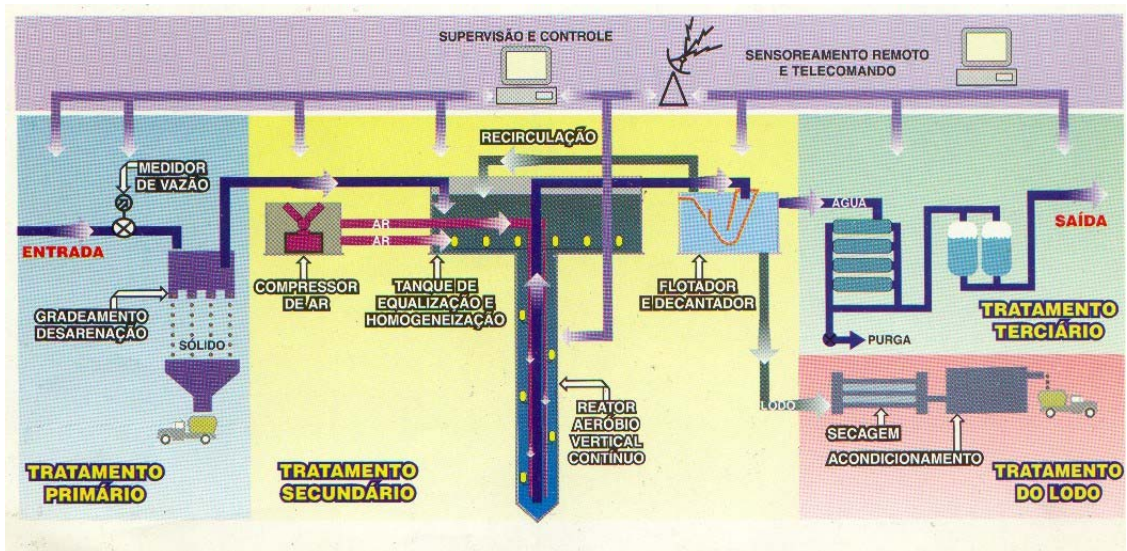


Figura 13 – Esquema do sistema da estação de tratamento em estudo

(FONTE – EMPRESA CONSULTORA, 1998)

### 3.3 - LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

A qualidade dos esgotos tratados que se deve alcançar através do tratamento deve satisfazer à legislação ambiental vigente. Para compreensão desta legislação é necessário conhecer os seguintes conceitos: (BARROS et al.,1995 )

- Classificação dos corpos d'água;
- Padrão de lançamento;
- Padrão do corpo receptor.

A Resolução CONAMA nº 20, de 18/06/86, dividiu as águas do território nacional em águas doces (salinidade 0,05%), salobras (salinidade entre 0,05% e 0,3%) e salinas (salinidade 0,3%). Em função do uso previsto foram criadas nove classes. O Quadro 14 a seguir apresenta um resumo preponderante das classes relativas a água doce. Nesta estrutura, Classe Especial pressupõe os usos mais nobres e a Classe 4 os menos nobres.

Quadro 14 - Classificação das águas doces em função dos usos preponderantes  
(Resolução CONAMA nº 20,18/06/86)

| Usos  | Classes  |          |          |          |   |
|---|----------|----------|----------|----------|---|
|   | Especial | 1        | 2        | 3        | 4 |
| Abastecimento doméstico                                     | X        | X<br>(a) | X<br>(b) | X<br>(b) |   |
| Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas | X        |          |          |          |   |
| Recreação de contato primário                               |          | X        | X        |          |   |
| Proteção das comunidades aquáticas                          |          | X        | X        |          |   |
| Irrigação   |          | X<br>(c) | X<br>(d) | X<br>(e) |   |
| Criação de espécies(aqüicultura)                            |          | X        | X        |          |   |
| Dessedentação de animais                                    |          |          |          | X        |   |
| Navegação   |          |          |          |          | X |
| Harmonia paisagística                                       |          |          |          |          | X |
| Uso menos exigente  |          |          |          |          | X |

(FONTE:BARROS et al., 1995)

Notas:

- (a) Após tratamento simples
- (b) Após tratamento Convencional
- (c) Hortaliças e frutas rentes ao solo
- (d) Hortaliças e plantas frutíferas
- (e) Culturas arbóreas, cerelíferas e forrageiras

A cada uma das classes listadas acima corresponde uma determinada qualidade a ser mantida no corpo d'água. Esta qualidade é expressa na forma de padrões, através da referida Resolução CONAMA (a nível nacional), da Norma DZ-215.R-01 e NT-202.R-10 da FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente a nível do Rio de Janeiro.

Os principais padrões de qualidade associados às diversas classes dos corpos d'água encontram-se no Quadro 15, conjuntamente com os padrões de lançamento.

Quadro 15 – Padrões de qualidade para corpos d'água das diversas classes (água doce) e padrão de lançamento (Resolução Conama N° 20 de 18/06/86)

| Parâmetro                 | Unidade   | Padrão para o corpo d'água<br>Classe |                     |                   |       | Padrão de<br>lançamento |
|---------------------------|-----------|--------------------------------------|---------------------|-------------------|-------|-------------------------|
|                           |           | 1                                    | 2                   | 3                 | 4     |                         |
| Cor                       | uH        | 30                                   | 75                  | 75                | -     | -                       |
| Turbidez                  | uTJ       | 40                                   | 100                 | 100               | -     | -                       |
| Sabor e odor              | -         | VA                                   | VA                  | VA                | -     | -                       |
| Temperatura               | °C        | -                                    | -                   | -                 | -     | <40                     |
| Material flutuante        | -         | VA                                   | VA                  | VA                | VA    | ausente                 |
| Óleos e graxas            | -         | VA                                   | VA                  | VA                | (1)   | (2)                     |
| Corantes artificiais      | -         | VA                                   | VA                  | VA                | -     | -                       |
| Sólidos dissolvidos       | mg/l      | 500                                  | 500                 | 500               | -     | -                       |
| Cloretos                  | mg/l      | 250                                  | 250                 | 250               | -     | -                       |
| pH                        | -         | 6 a 9                                | 6 a 9               | 6 a 9             | 6 a 9 | 5 a 9                   |
| DBO <sub>5</sub>          | mg/l      | 3                                    | 5 <sup>(3)</sup>    | 10 <sup>(3)</sup> | -     | 60 <sup>(4)(5)</sup>    |
| DQO                       | mg/l      | -                                    | -                   | -                 | -     | 90 <sup>(5)</sup>       |
| OD                        | mg/l      | 6                                    | 5                   | 4                 | 2     | -                       |
| Sólidos em suspensão      | mg/l      | -                                    | -                   | -                 | -     | 100 <sup>(5)</sup>      |
| Amônia                    | mg/l      | 0,02 <sup>(6)</sup>                  | 0,02 <sup>(6)</sup> | -                 | -     | 5,0 <sup>(6)</sup>      |
| Subst.potenc.prejudiciais | -         | (7)                                  | (7)                 | (7)               | (7)   | (7)                     |
| Coliformes totais         | org/100ml | 1.000                                | 5.000               | 20.000            | -     | -                       |
| Coliformes fecais         | org/100ml | 200                                  | 1.000               | 4.000             | -     | -                       |
| Regime de lançamento      | -         | -                                    | -                   | -                 | -     | (8)                     |

(FONTE: BARROS et al.,1995; ROQUE,1997)

- O quadro lista apenas os parâmetros principais
  - Na classe especial não são permitidos lançamentos de qualquer natureza, mesmo que tratados
  - Em princípio, um efluente deve satisfazer, tanto o padrão de lançamento, quanto ao padrão de qualidade do corpo receptor (segundo a sua classe). O padrão de lançamento pode ser excedido caso os padrões de qualidade do corpo receptor sejam resguardados, desde que autorizado pelo órgão ambiente estadual, e demonstrado por estudos de impacto ambiental, fixados o tipo de tratamento e as condições de lançamento.
  - VA - virtualmente ausente
- (1) Toleram-se efeitos iridescentes (que dão as cores do arco-íris)
- (2) Minerais: 20 mg/l; vegetais e gorduras animais: 50 mg/l
- (3) Pode ser ultrapassado caso estudos de autodepuração indiquem que o OD está dentro dos padrões, nas condições críticas de vazão (média das mínimas de 7 dias consecutivos em 10 anos de recorrência)
- (4) Pode ser ultrapassado caso a eficiência do tratamento seja superior a 85%
- (5) Deliberação normativa de alguns estados brasileiros
- (6) Amônia: padrão do corpo receptor: amônia ionizada (NH<sub>3</sub>); padrão de lançamento: amônia total
- (7) Várias substâncias: consultar a resolução
- (8) Regime de lançamento: a vazão máxima deverá ser no máximo 1,5 vezes a vazão média do período de atividade do agente poluidor

## **4 – PROJETOS QUE UTILIZARAM A TECNOLOGIA EM ESTUDO**

A seguir têm-se dois projetos de estações de tratamento que utilizaram a tecnologia em estudo: o primeiro foi o da Ilha de Paquetá servindo ao esgoto público – COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS do estado do Rio de Janeiro e o segundo foi do Recreio dos Bandeirantes – FUNDAÇÃO RIO – ÁGUAS da prefeitura da cidade do Rio de Janeiro. Servindo o tratamento de esgotos de parte do Recreio dos Bandeirantes.

### **4.1 – Estação de Tratamento de Esgotos da Ilha de Paquetá**

Conforme relatório da COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS do estado do Rio de Janeiro (2000), em 1910 aproximadamente há 91 anos, foi construída pelos ingleses a primeira Estação de Tratamento de Esgotos sanitários da ilha de Paquetá que hoje faz parte do acervo arquitetônico da região e preservada como marco do saneamento no País.

Dados do Anuário Estatístico de 93/94, do Iplan Rio:

Área : 147 ha

População: 3.257 habitantes.

População da Favela: 550.

Favelas : Morro do Vigário e Morro do Gari.

Em alta temporada a população habitacional da Ilha chega à 15.000 pessoas.

Pré- Inauguração e Partida da ETE PAQUETÁ - 15 de janeiro 1998

Inauguração Oficial da ETE PAQUETÁ - 20 janeiro de 1998

Para ETE Paquetá foram usados como parâmetros hidráulicos de projeto: uma vazão máxima diária de 25 l/s e pico admissível de 37l/s em 2 horas,  $k_1 = 1,2$  e  $k_2 = 1,5$ . A vazão de infiltração na rede foi considerada como sendo 0,2 l/s x km. O esgoto de projeto considerado doméstico com DBO de entrada de 266mg/l e DQO de entrada de 400mg/l. Sendo os esgotos a tratar domésticos os cloretos estavam na faixa de até 200mg/l. Estes parâmetros definiram os procedimentos para projeto técnico.

O sistema de esgotamento da Ilha de Paquetá é constituído por 12km de rede, 4 (quatro) elevatórias subterrâneas automatizadas com duas bombas cada, uma estação de tratamento do método em estudo e um Emissário submarino que possui extensão de 2.450m recebe todo o esgoto tratado e faz desaguar a 12,00m de profundidade, localizado em frente a ETE.

Abaixo na Figura 14, encontra-se um mapa com a localização da estação de tratamento.

Em anexo encontra-se a memória de calculo da ETE Paquetá.



Figura 14 – Mapa da Ilha de Paquetá  
(FONTE: HOMEPAGE DA ILHA DE PAQUETÁ, 2002)

#### **4.2 – Estação de Tratamento de Esgotos do Recreio dos Bandeirantes**

Grande parte do esgoto do Recreio dos Bandeirantes, que ia ser encaminhado para o Canal das Taxas sem tratamento, passará pela nova estação de tratamento, que tem capacidade para tratar 60l/s, atendendo a 25 mil pessoas. Essa estação faz parte do Programa de Esgotamento Sanitário do Recreio dos Bandeirantes, Vargem Grande, Vargem Pequena e Camorim, do qual a prefeitura já construiu 41 quilômetros de rede e quatro elevatórias e Fundação RIO – AGUAS mais de 36 quilômetros de rede de esgotos.

Esse Programa compreende a coleta, transporte e tratamento dos esgotos que integram a Bacia de Jacarepaguá – Recreio dos Bandeirantes, Vargem Grande, Vargem Pequena e Camorim. Antes esta região não contava com sistema de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto, mas apenas a instalação de fossas, sumidouros e filtros anaeróbios, com o lançamento de esgotos em valas de infiltração ou galerias pluviais, e como resultado o solo e o sistema lagunar da região encontravam-se seriamente comprometidos pela contaminação e poluição.

O novo sistema, além de atender a população da região, está promovendo a despoluição do sistema lagunar da Barra da Tijuca.

Abaixo encontram-se na Figura 15, a localização da ETE Recreio dos Bandeirantes e mais oito fotografias mostrando detalhes do processo de tratamento. A estação se localiza na Av. Gláucio Gil s/nº, ao lado do Canal das Taxas, no Recreio dos Bandeirantes e foi colocada em operação em junho de 1999.

Em anexo se encontra a memória de cálculo do dimensionamento da ETE Recreio dos Bandeirantes.



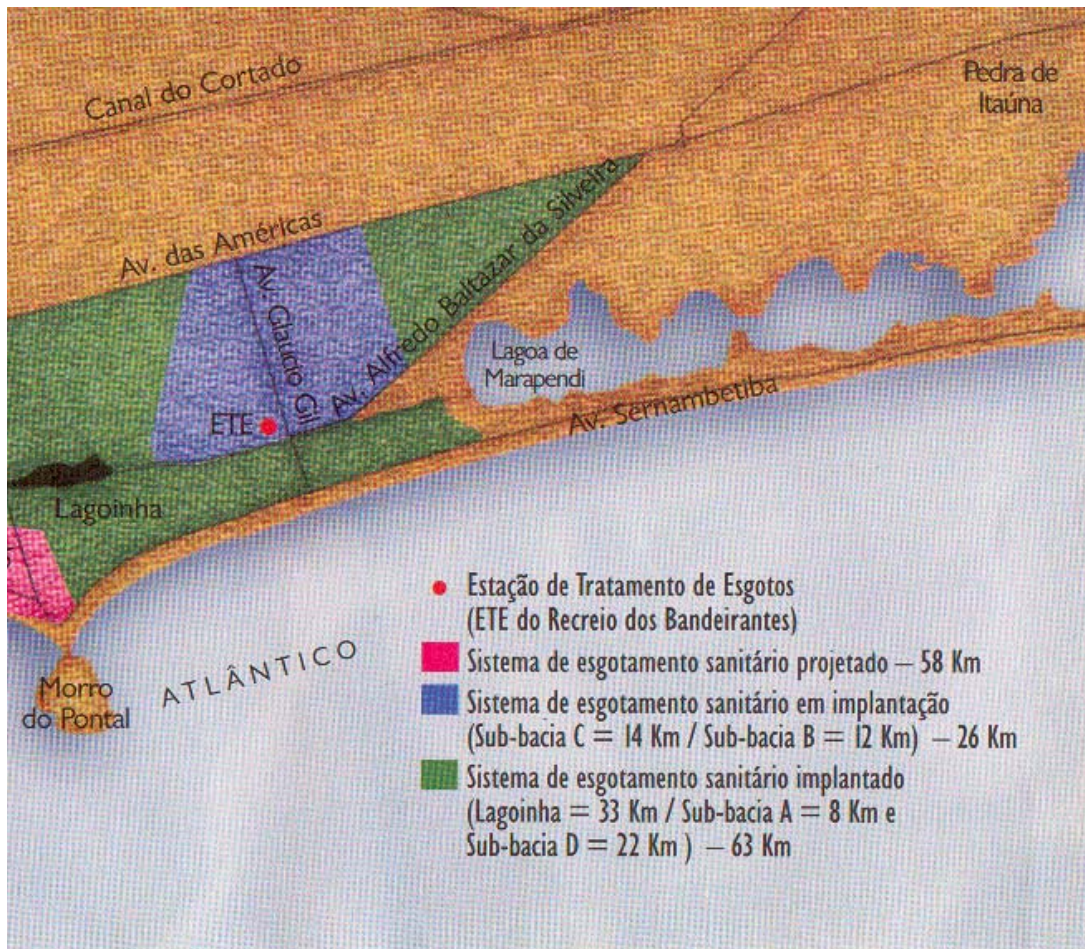


Figura 15 – Localização da ETE do Recreio dos Bandeirantes  
(FONTE: RIO-ÁGUAS, 1998)





Fotografia 01 – Edificação onde se localiza a ETE.



Fotografia 02 – Entrada do afluente na ETE.



Fotografia 03 – Afluente que é encaminhado ao tanque de homogeneização.



Fotografia 04 – Pátio no interior da edificação, onde se observa o tanque de homogeneização.



Fotografia 05 – Efluente na calha parshall, sendo encaminhado para o corpo receptor.



Fotografia 06 – Efluente sendo despejado no corpo receptor.



Fotografia 07 – Laboratório localizado dentro da edificação, onde foram realizados alguns ensaios.



Fotografia 08 – Maquete do sistema em estudo, localizado no laboratório da estação.

## 5 - METODOLOGIA

A fim de atender aos objetivos do projeto, e baseados na revisão de literatura foi feita a opção de estudar o processo de tratamento através do levantamento de cálculo conforme capítulo específico, avaliação das eficiências do processo e comparação de resultados com estação semelhante controlada pela empresa de saneamento local.

Foi utilizada a metodologia de obtenção de dados secundários através de pesquisa bibliográfica seguida de pesquisa de campo para levantamento destes dados secundários com objetivo de comparação.

Foi selecionado um projeto já existente, implantado e em pleno funcionamento de onde a investigação retirou resultados através de coleta de campo e análises realizadas em laboratório credenciado. O local selecionado, está localizado na av. Gláucio Gil s/nº, esquina com o Canal das Taxas: Estação de Tratamento de Esgotos do Recreio dos Bandeirantes

Para efeito de acompanhamento foram selecionadas amostragens pontuais durante os mesmos intervalos estabelecidos pelas normas de avaliação e acompanhamento da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente - FEEMA, conforme Norma NT – 202 – R10 e DZ – 215.R-01, sendo as análises laboratoriais feitas de acordo com o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater American Public Health Association (1995).

Para efeito de comparação, foram utilizados os resultados da ETE Paquetá, conforme já citado, semelhante ao processo do Recreio dos Bandeirantes sendo diferenciada apenas pelo número de contribuintes ao processo, embora toda a concepção seja a mesma.

Neste sentido, foram divididas as etapas de trabalho nas seguintes fases:

### 1 – Levantamento Bibliográfico;

Através da internet, bibliotecas tecnológicas do Rio de Janeiro e outras capitais como São Paulo, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Rio Grande do Sul, Rio Grande do Norte, ou seja, Centros de pesquisas e universidades que atuam no setor, pretendeu-se levantar o estado da arte sobre o tema, discuti-lo e apresentar sob forma ordenada e cronológica o desenvolvimento do processo a ser estudado.

## 2 – Seleção do Projeto a ser avaliado;

Existindo alguns projetos já implantados no Rio de Janeiro, optou-se em estudar o processo do bairro do Recreio dos Bandeirantes, devido ao fácil acesso, a liberação por parte da empresa responsável para o estudo e a particularidade de ser um projeto que pretende contribuir para o Saneamento da Baixada de Jacarepaguá, região de alto valor comercial no Rio de Janeiro.

## 3 – Seleção do Projeto a ser comparado;

Dos projetos que se encontram em funcionamento, aquele que foi dado acesso pela empresa de saneamento local, foi a da Ilha de Paquetá, que da mesma forma possui acompanhamento pelo menos nos últimos dois anos. Desta forma pretendeu-se avaliar o processo de funcionamento comparado, e pretendeu-se concluir se as eficiências declaradas estão de acordo com os cálculos estabelecidos pelos projetistas, bem como verificar se os coeficientes cinéticos foram adequados não somente neste, mas para ambos os projetos.

## 4 – Análise de Cálculo Cinético e Projeto Hidráulico Sanitário;

O Projeto da ETE do Recreio dos Bandeirantes foi dimensionado de acordo com o método desenvolvido pela empresa consultora. O Sistema Aeróbio Vertical Contínuo é uma variante do processo de lodos ativados, logo a cinética do processo é muito semelhante ao de lodos ativados com algumas adaptações. Determinados parâmetros como o K é obtido experimentalmente em estações pilotos.

## 5 – Trabalho de Campo e Coleta de Amostras;

Seguiu-se um plano de coleta de amostras. Estas foram coletadas no Recreio dos Bandeirantes para que se possa fazer uma comparação com a ETE Paquetá, da qual havia resultados disponíveis.

## 6 – Análise de Resultados;

De posse dos resultados encontrado na ETE do Recreio dos Bandeirantes foram feitas análises para a verificação se o Sistema vertical Aeróbio cumpriu com o que se propôs a realizar em termos de eficiência. Foi realizada também uma comparação com a ETE Paquetá.

#### 7 – Verificação da Limitação dos Resultados;

As limitações dos resultados estão dentro da própria característica do processo, ou seja os resultados dependem da eficiência da operação. As limitações são biológicas e refletem a possibilidade dos microrganismos consumirem o substrato considerado.

#### 8 – Discussão dos Resultados;

Os resultados foram discutidos a partir do cálculo cinético empregado, comparado aos dados de eficiência preconizados e esperados pela literatura e projetos.

#### 9 – Conclusões.

## 6 – RESULTADOS

Foram realizadas análises físico-químicas e bacteriológicas no laboratório da Escola Nacional de Saúde Pública na Fundação Oswaldo Cruz. Algumas análises necessitavam ser executadas no momento da coleta. Então estas, foram realizadas no laboratório da ETE Recreio.

Para título de comparação usaremos as análises realizadas na ETE Paquetá.

Abaixo estão algumas análises da ETE Paquetá dos meses: janeiro, fevereiro, março, junho e julho de 1999.

Tabela 01 – Coleta de 12/01/1999

| Data da Coleta: 12/01/99         |         |          | Horário da Coleta: 14:00 |          |            |
|----------------------------------|---------|----------|--------------------------|----------|------------|
| Análises                         | Unidade | Afluente | Tanque de Equalização    | Efluente | Eficiência |
| pH                               |         | 7,30     | 7,60                     | 7,00     |            |
| Resíduos Sedimentáveis           | ml/l    | 1,30     |                          | 1,30     | 0%         |
| Resíduos Totais                  | mg/l    | 1947,00  | 2492,00                  | 2518,00  | -29%       |
| Resíduos Totais Fixos            | mg/l    | 1668,00  | 2017,00                  | 2064,00  | -24%       |
| Resíduos Totais Voláteis         | mg/l    | 279,00   | 475,00                   | 454,00   | -63%       |
| Resíduos Não Filtráveis Totais   | mg/l    | 145,00   | 132,00                   | 86,00    | 41%        |
| Resíduos Não Filtráveis Fixos    | mg/l    | 20,00    | 53,00                    | 10,00    | 50%        |
| Resíduos Não Filtráveis Voláteis | mg/l    | 125,00   | 79,00                    | 76,00    | 39%        |
| Resíduos Filtráveis Totais       | mg/l    | 1802,00  | 2360,00                  | 2432,00  | -35%       |
| Resíduos Filtráveis Fixos        | mg/l    | 1648,00  | 1964,00                  | 2054,00  | -25%       |
| Resíduos Filtráveis Voláteis     | mg/l    | 154,00   | 396,00                   | 378,00   | -145%      |
| DBO                              | mg/l    | 109,00   |                          | 48,00    | 56%        |
| DQO                              | mg/l    | 420,00   |                          | 290,00   | 31%        |
| Resíduos Sedimentáveis/M         | mg/l    |          | 2,00                     |          |            |
| Nitrogênio Amoniacal             | mg/l    |          |                          |          |            |
| Nitrogênio Orgânico              | mg/l    |          |                          |          |            |
| Cloretos                         | mg/l    | 1290,00  | 2181,00                  | 1290,00  | 0%         |
| Alcalinidade                     | mg/l    | 229,10   | 386,60                   | 316,90   | -38%       |
| Acidez                           | mg/l    | 42,00    | 54,00                    | 41,00    | 2%         |
| Ácido Sulfídrico                 | mg/l    | 7,90     |                          | 3,80     | 52%        |
| Salinidade                       | mg/l    | 1999,00  | 3598,00                  | 1999,00  | 0%         |



Tabela 02 – Coleta de 19/01/1999

| Data da Coleta: 19/01/99         |         |          | Horário da Coleta: 15:00 |          |            |
|----------------------------------|---------|----------|--------------------------|----------|------------|
| Análises                         | Unidade | Afluente | Tanque de Equalização    | Efluente | Eficiência |
| pH                               |         | 7,40     | 7,30                     | 7,20     |            |
| Resíduos Sedimentáveis           | ml/l    | 2,50     |                          | 0,50     | 80%        |
| Resíduos Totais                  | mg/l    | 2456,00  | 2507,00                  | 2676,00  | -9%        |
| Resíduos Totais Fixos            | mg/l    | 2059,00  | 2095,00                  | 2133,00  | -4%        |
| Resíduos Totais Voláteis         | mg/l    | 397,00   | 412,00                   | 543,00   | -37%       |
| Resíduos Não Filtráveis Totais   | mg/l    | 134,00   | 96,00                    | 85,00    | 37%        |
| Resíduos Não Filtráveis Fixos    | mg/l    | 23,00    | 35,00                    | 19,00    | 17%        |
| Resíduos Não Filtráveis Voláteis | mg/l    | 111,00   | 61,00                    | 66,00    | 41%        |
| Resíduos Filtráveis Totais       | mg/l    | 2322,00  | 2411,00                  | 2591,00  | -12%       |
| Resíduos Filtráveis Fixos        | mg/l    | 2036,00  | 2060,00                  | 2114,00  | -4%        |
| Resíduos Filtráveis Voláteis     | mg/l    | 286,00   | 351,00                   | 477,00   | -67%       |
| DBO                              | mg/l    | 216,00   |                          | 48,00    | 78%        |
| DQO                              | mg/l    | 480,00   |                          | 319,00   | 34%        |
| Resíduos Sedimentáveis /M        | mg/l    |          | 2,00                     |          |            |
| Nitrogênio Amoniacal             | mg/l    | 36,50    |                          | 16,90    | 54%        |
| Nitrogênio Orgânico              | mg/l    |          |                          |          |            |
| Cloretos                         | mg/l    | 2182,00  | 2182,00                  | 2182,00  | 0%         |
| Alcalinidade                     | mg/l    | 244,50   | 286,00                   | 318,10   | -30%       |
| Acidez                           | mg/l    | 21,00    | 41,00                    | 40,00    | -90%       |
| Ácido Sulfídrico                 | mg/l    | 7,30     |                          | 1,90     | 74%        |
| Salinidade                       | mg/l    | 3596,00  | 3596,00                  | 3596,00  | 0%         |

Tabela 03 – Coleta de 29/01/1999



| Data da Coleta:29/01/99          |         |          | Horário da Coleta: 14:00 |          |            |
|----------------------------------|---------|----------|--------------------------|----------|------------|
| Análises                         | Unidade | Afluente | Tanque de Equalização    | Efluente | Eficiência |
| pH                               |         | 7,00     | 7,50                     | 7,20     |            |
| Resíduos Sedimentáveis           | ml/l    | 1,00     |                          | 1,30     | -30%       |
| Resíduos Totais                  | mg/l    | 1546,00  | 2518,00                  | 2546,00  | -65%       |
| Resíduos Totais Fixos            | mg/l    | 1186,00  | 1998,00                  | 2004,00  | -69%       |
| Resíduos Totais Voláteis         | mg/l    | 360,00   | 520,00                   | 542,00   | -51%       |
| Resíduos Não Filtráveis Totais   | mg/l    | 134,00   | 128,00                   | 84,00    | 37%        |
| Resíduos Não Filtráveis Fixos    | mg/l    | 22,00    | 48,00                    | 18,00    | 18%        |
| Resíduos Não Filtráveis Voláteis | mg/l    | 112,00   | 80,00                    | 66,00    | 41%        |
| Resíduos Filtráveis Totais       | mg/l    | 1412,00  | 2390,00                  | 2462,00  | -74%       |
| Resíduos Filtráveis Fixos        | mg/l    | 1164,00  | 1950,00                  | 1986,00  | -71%       |
| Resíduos Filtráveis Voláteis     | mg/l    | 248,00   | 440,00                   | 476,00   | -92%       |
| DBO                              | mg/l    | 216,00   |                          | 48,00    | 78%        |
| DQO                              | mg/l    | 280,00   |                          | 100,00   | 64%        |
| Resíduos Sedimentáveis/ M        | mg/l    |          | 2,00                     |          |            |
| Nitrogênio Amoniacal             | mg/l    |          |                          |          |            |
| Nitrogênio Orgânico              | mg/l    |          |                          |          |            |
| Cloretos                         | mg/l    | 1090,00  | 2181,00                  | 1090,00  | 0%         |
| Alcalinidade                     | mg/l    | 222,90   | 286,40                   | 309,10   | -39%       |
| Acidez                           | mg/l    | 43,00    | 53,00                    | 42,00    | 2%         |
| Acido Sulfídrico                 | mg/l    | 8,90     |                          | 3,50     | 61%        |
| Salinidade                       | mg/l    | 1799,00  | 3598,00                  | 1799,00  | 0%         |

Tabela 04 – Média de Janeiro de 1999

| Média Janeiro 1999               |         |          |                       |          |            |
|----------------------------------|---------|----------|-----------------------|----------|------------|
| Análises                         | Unidade | Afluente | Tanque de Equalização | Efluente | Eficiência |
| pH                               |         | 7,23     | 7,47                  | 7,13     |            |
| Resíduos Sedimentáveis           | ml/l    | 1,60     |                       | 1,03     | 35%        |
| Resíduos Totais                  | mg/l    | 1983,00  | 2505,67               | 2580,00  | -30%       |
| Resíduos Totais Fixos            | mg/l    | 1637,67  | 2036,67               | 2067,00  | -26%       |
| Resíduos Totais Voláteis         | mg/l    | 345,33   | 469,00                | 513,00   | -49%       |
| Resíduos Não Filtráveis Totais   | mg/l    | 137,67   | 118,67                | 85,00    | 38%        |
| Resíduos Não Filtráveis Fixos    | mg/l    | 21,67    | 45,33                 | 15,67    | 28%        |
| Resíduos Não Filtráveis Voláteis | mg/l    | 116,00   | 73,33                 | 69,33    | 40%        |
| Resíduos Filtráveis Totais       | mg/l    | 1845,33  | 2387,00               | 2495,00  | -35%       |
| Resíduos Filtráveis Fixos        | mg/l    | 1616,00  | 1991,33               | 2051,33  | -27%       |
| Resíduos Filtráveis Voláteis     | mg/l    | 229,33   | 395,67                | 443,67   | -93%       |
| DBO                              | mg/l    | 180,33   |                       | 48,00    | 73%        |
| DQO                              | mg/l    | 393,33   |                       | 236,33   | 40%        |
| Resíduos Sedimentáveis / M       | mg/l    |          | 2,00                  |          |            |
| Nitrogênio Amoniacal             | mg/l    | 36,50    |                       | 16,90    | 54%        |
| Nitrogênio Orgânico              | mg/l    |          |                       |          |            |
| Cloretos                         | mg/l    | 1520,67  | 2181,33               | 1520,67  | 0%         |
| Alcalinidade                     | mg/l    | 232,17   | 319,67                | 314,70   | -36%       |
| Acidez                           | mg/l    | 35,33    | 49,33                 | 41,00    | -16%       |
| Ácido Sulfídrico                 | mg/l    | 8,03     |                       | 3,07     | 62%        |
| Salinidade                       | mg/l    | 2464,67  | 3597,33               | 2464,67  | 0%         |

Tabela 05 – Coleta de 02/02/1999

| Data da Coleta:02/02/99          |         |          | Horário da Coleta: 14:00 |          |            |
|----------------------------------|---------|----------|--------------------------|----------|------------|
| Análises                         | Unidade | Afluente | Tanque de Equalização    | Efluente | Eficiência |
| pH                               |         | 7,00     | 7,00                     | 7,00     |            |
| Resíduos Sedimentáveis           | ml/l    | 1,50     |                          | 1,40     | 7%         |
| Resíduos Totais                  | mg/l    | 1472,00  | 2328,00                  | 2008,00  | -36%       |
| Resíduos Totais Fixos            | mg/l    | 1048,00  | 1874,00                  | 1434,00  | -37%       |
| Resíduos Totais Voláteis         | mg/l    | 424,00   | 454,00                   | 574,00   | -35%       |
| Resíduos Não Filtráveis Totais   | mg/l    | 156,00   | 202,00                   | 110,00   | 29%        |
| Resíduos Não Filtráveis Fixos    | mg/l    | 20,00    | 142,00                   | 20,00    | 0%         |
| Resíduos Não Filtráveis Voláteis | mg/l    | 136,00   | 60,00                    | 90,00    | 34%        |
| Resíduos Filtráveis Totais       | mg/l    | 1316,00  | 2126,00                  | 1898,00  | -44%       |
| Resíduos Filtráveis Fixos        | mg/l    | 1028,00  | 1732,00                  | 1414,00  | -38%       |
| Resíduos Filtráveis Voláteis     | mg/l    | 288,00   | 394,00                   | 484,00   | -68%       |
| DBO                              | mg/l    | 220,00   |                          | 52,00    | 76%        |
| DQO                              | mg/l    | 420,00   |                          | 310,00   | 26%        |
| Resíduos Sedimentáveis /M        | mg/l    |          | 1,80                     |          |            |
| Nitrogênio Amoniacal             | mg/l    |          |                          |          |            |
| Nitrogênio Orgânico              | mg/l    |          |                          |          |            |
| Cloretos                         | mg/l    | 640,20   | 610,14                   | 1098,40  | -72%       |
| Alcalinidade                     | mg/l    | 247,10   | 260,10                   | 380,30   | -54%       |
| Acidez                           | mg/l    | 35,00    | 33,00                    | 47,00    | -34%       |
| Ácido Sulfídrico                 | mg/l    | 3,20     |                          | 3,00     | 6%         |
| Salinidade                       | mg/l    | 3720,00  | 3840,00                  | 3980,00  | -7%        |

Tabela 06 – Coleta de 12/02/1999

| Data da Coleta: 12/02/99         |         |          | Horário da Coleta: 15:00 |          |            |
|----------------------------------|---------|----------|--------------------------|----------|------------|
| Análises                         | Unidade | Afluente | Tanque de Equalização    | Efluente | Eficiência |
| pH                               |         | 6,90     | 6,80                     | 7,00     |            |
| Resíduos Sedimentáveis           | ml/l    | 2,00     |                          | 1,50     | 25%        |
| Resíduos Totais                  | mg/l    | 2297,00  | 2017,00                  | 1819,00  | 21%        |
| Resíduos Totais Fixos            | mg/l    | 1465,00  | 1413,00                  | 1125,00  | 23%        |
| Resíduos Totais Voláteis         | mg/l    | 832,00   | 504,00                   | 694,00   | 17%        |
| Resíduos Não Filtráveis Totais   | mg/l    | 599,00   | 524,00                   | 498,00   | 17%        |
| Resíduos Não Filtráveis Fixos    | mg/l    | 80,00    | 312,00                   | 297,00   | -271%      |
| Resíduos Não Filtráveis Voláteis | mg/l    | 519,00   | 212,00                   | 201,00   | 61%        |
| Resíduos Filtráveis Totais       | mg/l    | 1698,00  | 1493,00                  | 1321,00  | 22%        |
| Resíduos Filtráveis Fixos        | mg/l    | 1385,00  | 1101,00                  | 828,00   | 40%        |
| Resíduos Filtráveis Voláteis     | mg/l    | 313,00   | 392,00                   | 493,00   | -58%       |
| DBO                              | mg/l    | 400,00   |                          | 180,00   | 55%        |
| DQO                              | mg/l    | 360,00   |                          | 140,00   | 61%        |
| Resíduos Sedimentáveis / M       | mg/l    |          | 2,30                     |          |            |
| Nitrogênio Amoniacal             | mg/l    |          |                          |          |            |
| Nitrogênio Orgânico              | mg/l    |          |                          |          |            |
| Cloretos                         | mg/l    | 782,50   | 683,30                   | 593,00   | 24%        |
| Alcalinidade                     | mg/l    | 390,00   | 367,00                   | 338,40   | 13%        |
| Acidez                           | mg/l    | 78,00    | 76,00                    | 64,00    | 18%        |
| Ácido Sulfídrico                 | mg/l    | 4,40     |                          | 2,90     | 34%        |
| Salinidade                       | mg/l    | 3598,00  | 3598,00                  | 3598,00  | 0%         |

Tabela 07 – Coleta de 26/06/1999

| Data da Coleta:26/02/99          |         |          | Horário da Coleta: 14:00 |          |            |
|----------------------------------|---------|----------|--------------------------|----------|------------|
| Análises                         | Unidade | Afluente | Tanque de Equalização    | Efluente | Eficiência |
| pH                               |         | 6,40     | 7,60                     | 6,50     |            |
| Resíduos Sedimentáveis           | ml/l    | 7,00     |                          | 3,40     | 51%        |
| Resíduos Totais                  | mg/l    | 18770,00 | 9514,00                  | 7225,00  | 62%        |
| Resíduos Totais Fixos            | mg/l    | 3212,00  | 1772,00                  | 1136,00  | 65%        |
| Resíduos Totais Voláteis         | mg/l    | 15558,00 | 7742,00                  | 6089,00  | 61%        |
| Resíduos Não Filtráveis Totais   | mg/l    | 320,00   | 207,00                   | 289,00   | 10%        |
| Resíduos Não Filtráveis Fixos    | mg/l    | 39,00    | 58,00                    | 73,00    | -87%       |
| Resíduos Não Filtráveis Voláteis | mg/l    | 281,00   | 149,00                   | 216,00   | 23%        |
| Resíduos Filtráveis Totais       | mg/l    | 18450,00 | 9307,00                  | 6936,00  | 62%        |
| Resíduos Filtráveis Fixos        | mg/l    | 3173,00  | 1714,00                  | 1063,00  | 66%        |
| Resíduos Filtráveis Voláteis     | mg/l    | 15277,00 | 7593,00                  | 5873,00  | 62%        |
| DBO                              | mg/l    | 324,00   |                          | 53,00    | 84%        |
| DQO                              | mg/l    | 560,00   |                          | 230,00   | 59%        |
| Resíduos Sedimentáveis / M       | mg/l    |          | 3,20                     |          |            |
| Nitrogênio Amoniacal             | mg/l    |          |                          |          |            |
| Nitrogênio Orgânico              | mg/l    |          |                          |          |            |
| Cloretos                         | mg/l    | 713,70   | 674,00                   | 597,00   | 16%        |
| Alcalinidade                     | mg/l    | 375,00   | 362,00                   | 317,00   | 15%        |
| Acidez                           | mg/l    | 77,00    | 75,00                    | 64,00    | 17%        |
| Ácido Sulfídrico                 | mg/l    | 4,90     |                          | 3,10     | 37%        |
| Salinidade                       | mg/l    | 3598,00  | 3598,00                  | 3598,00  | 0%         |

Tabela 08 – Média de Fevereiro de 1999

| Média Mês Fevereiro 1999         |         |          |                       |          |             |
|----------------------------------|---------|----------|-----------------------|----------|-------------|
| Análises                         | Unidade | Afluente | Tanque de Equalização | Efluente | Eficiências |
| pH                               |         | 6,77     | 7,13                  | 6,83     |             |
| Resíduos Sedimentáveis           | ml/l    | 3,50     |                       | 2,10     | 40%         |
| Resíduos Totais                  | mg/l    | 7513,00  | 4619,67               | 3684,00  | 51%         |
| Resíduos Totais Fixos            | mg/l    | 1908,33  | 1686,33               | 1231,67  | 35%         |
| Resíduos Totais Voláteis         | mg/l    | 5604,67  | 2900,00               | 2452,33  | 56%         |
| Resíduos Não Filtráveis Totais   | mg/l    | 358,33   | 311,00                | 299,00   | 17%         |
| Resíduos Não Filtráveis Fixos    | mg/l    | 46,33    | 170,67                | 130,00   | -181%       |
| Resíduos Não Filtráveis Voláteis | mg/l    | 312,00   | 140,33                | 169,00   | 46%         |
| Resíduos Filtráveis Totais       | mg/l    | 7154,67  | 4308,67               | 3385,00  | 53%         |
| Resíduos Filtráveis Fixos        | mg/l    | 1862,00  | 1515,67               | 1101,67  | 41%         |
| Resíduos Filtráveis Voláteis     | mg/l    | 5292,67  | 2793,00               | 2283,33  | 57%         |
| DBO                              | mg/l    | 314,67   |                       | 95,00    | 70%         |
| DQO                              | mg/l    | 446,67   |                       | 226,67   | 49%         |
| Resíduos sedimentáveis / M       | mg/l    |          | 2,43                  |          |             |
| Nitrogênio Amoniacal             | mg/l    |          |                       |          |             |
| Nitrogênio Orgânico              | mg/l    |          |                       |          |             |
| Cloretos                         | mg/l    | 712,13   | 655,81                | 762,80   | -7%         |
| Alcalinidade                     | mg/l    | 337,37   | 329,70                | 345,23   | -2%         |
| Acidez                           | mg/l    | 63,33    | 61,33                 | 58,33    | 8%          |
| Ácido Sulfídrico                 | mg/l    | 4,17     |                       | 3,00     | 28%         |
| Salinidade                       | mg/l    | 3638,67  | 3678,67               | 3725,33  | -2%         |

Tabela 09 – Coleta de 02/03/1999

| Data da Coleta: 02/03/99         |         |          | Horário da Coleta: 14:00 |          |            |
|----------------------------------|---------|----------|--------------------------|----------|------------|
| Análises                         | Unidade | Afluente | Tanque de Equalização    | Efluente | Eficiência |
| pH                               |         | 7,00     | 7,10                     | 7,00     |            |
| Resíduos Sedimentáveis           | ml/l    | 1,40     |                          | 1,20     | 14%        |
| Resíduos Totais                  | mg/l    | 1570,00  | 4110,00                  | 4220,00  | -169%      |
| Resíduos Totais Fixos            | mg/l    | 1132,00  | 3406,00                  | 3152,00  | -178%      |
| Resíduos Totais Voláteis         | mg/l    | 438,00   | 704,00                   | 1068,00  | -144%      |
| Resíduos Não Filtráveis Totais   | mg/l    | 320,00   | 840,00                   | 208,00   | 35%        |
| Resíduos Não Filtráveis Fixos    | mg/l    | 20,00    | 204,00                   | 40,00    | -100%      |
| Resíduos Não Filtráveis Voláteis | mg/l    | 300,00   | 636,00                   | 168,00   | 44%        |
| Resíduos Filtráveis Totais       | mg/l    | 1250,00  | 3270,00                  | 4012,00  | -221%      |
| Resíduos Filtráveis Fixos        | mg/l    | 1112,00  | 3202,00                  | 3112,00  | -180%      |
| Resíduos Filtráveis Voláteis     | mg/l    | 138,00   | 68,00                    | 900,00   | -552%      |
| DBO                              | mg/l    | 220,00   |                          | 62,00    | 72%        |
| DQO                              | mg/l    | 240,00   |                          | 110,00   | 54%        |
| Resíduos Sedimentáveis / M       | mg/l    |          | 0,40                     |          |            |
| Nitrogênio Amoniacal             | mg/l    | 23,40    |                          | 27,10    | -16%       |
| Nitrogênio Orgânico              | mg/l    |          |                          |          |            |
| Cloretos                         | mg/l    | 900,00   | 1090,00                  | 1090,00  | -21%       |
| Alcalinidade                     | mg/l    | 242,10   | 350,40                   | 352,40   | -46%       |
| Acidez                           | mg/l    | 30,00    | 29,00                    | 38,00    | -27%       |
| Ácido Sulfídrico                 | mg/l    | 15,20    |                          | 12,30    | 19%        |
| Salinidade                       | mg/l    | 545,00   | 1090,00                  | 1090,00  | -100%      |

Tabela 10 – Coleta de 16/03/1999

| Data da Coleta: 16/03/99         |         |          | Horário da Coleta: 14:00 |          |            |
|----------------------------------|---------|----------|--------------------------|----------|------------|
| Análises                         | Unidade | Afluente | Tanque de Equalização    | Efluente | Eficiência |
| pH                               |         | 7,00     | 7,50                     | 7,40     |            |
| Resíduos Sedimentáveis           | ml/l    | 0,70     |                          | 0,80     | -14%       |
| Resíduos Totais                  | mg/l    | 2472,00  | 2776,00                  | 2530,00  | -2%        |
| Resíduos Totais Fixos            | mg/l    | 1938,00  | 2222,00                  | 1898,00  | 2%         |
| Resíduos Totais Voláteis         | mg/l    | 534,00   | 554,00                   | 632,00   | -18%       |
| Resíduos Não Filtráveis Totais   | mg/l    | 230,00   | 170,00                   | 86,00    | 63%        |
| Resíduos Não Filtráveis Fixos    | mg/l    | 32,00    | 36,00                    | 18,00    | 44%        |
| Resíduos Não Filtráveis Voláteis | mg/l    | 198,00   | 134,00                   | 68,00    | 66%        |
| Resíduos Filtráveis Totais       | mg/l    | 2242,00  | 2606,00                  | 2444,00  | -9%        |
| Resíduos Filtráveis Fixos        | mg/l    | 1906,00  | 2186,00                  | 1880,00  | 1%         |
| Resíduos Filtráveis Voláteis     | mg/l    | 336,00   | 420,00                   | 564,00   | -68%       |
| DBO                              | mg/l    | 760,00   |                          | 153,30   | 80%        |
| DQO                              | mg/l    | 1458,20  |                          | 155,30   | 89%        |
| Resíduos sedimentáveis /M        | mg/l    |          | 3,50                     |          |            |
| Nitrogênio Amoniacal             | mg/l    | 18,80    | 21,30                    | 21,80    | -16%       |
| Nitrogênio Orgânico              | mg/l    |          |                          |          |            |
| Cloretos                         | mg/l    | 1636,00  | 1090,00                  | 545,00   | 67%        |
| Alcalinidade                     | mg/l    | 247,30   | 225,70                   | 245,20   | 1%         |
| Acidez                           | mg/l    | 28,00    | 23,00                    | 27,00    | 4%         |
| Ácido Sulfídrico                 | mg/l    | 14,40    | 11,90                    | 12,80    | 11%        |
| Salinidade                       | mg/l    | 2699,00  | 1799,00                  | 900,00   | 67%        |

Tabela 11 – Coleta de 30/03/1999

| Data da Coleta: 30/03/99         |         |          | Horário da Coleta: 14:00 |          |            |
|----------------------------------|---------|----------|--------------------------|----------|------------|
| Análises                         | Unidade | Afluente | Tanque de Equalização    | Efluente | Eficiência |
| pH                               |         | 7,60     | 7,50                     | 7,80     |            |
| Resíduos Sedimentáveis           | ml/l    | 1,30     | 3,00                     | 1,50     | -15%       |
| Resíduos Totais                  | mg/l    | 2098,00  | 1764,00                  | 1384,00  | 34%        |
| Resíduos Totais Fixos            | mg/l    | 1586,00  | 1396,00                  | 1070,00  | 33%        |
| Resíduos Totais Voláteis         | mg/l    | 512,00   | 368,00                   | 314,00   | 39%        |
| Resíduos Não Filtráveis Totais   | mg/l    | 172,00   | 140,00                   | 112,00   | 35%        |
| Resíduos Não Filtráveis Fixos    | mg/l    | 24,00    | 20,00                    | 28,00    | -17%       |
| Resíduos Não Filtráveis Voláteis | mg/l    | 148,00   | 120,00                   | 1272,00  | -759%      |
| Resíduos Filtráveis Totais       | mg/l    | 1926,00  | 1624,00                  | 1042,00  | 46%        |
| Resíduos Filtráveis Fixos        | mg/l    | 1562,00  | 1376,00                  | 230,00   | 85%        |
| Resíduos Filtráveis Voláteis     | mg/l    | 364,00   | 248,00                   | 35,60    | 90%        |
| DBO                              | mg/l    | 79,60    |                          | 38,80    | 51%        |
| DQO                              | mg/l    | 77,70    |                          | 35,50    | 54%        |
| Resíduos sedimentáveis /M        | mg/l    |          | 1,20                     |          |            |
| Nitrogênio Amoniacal             | mg/l    | 23,50    |                          | 25,00    | -6%        |
| Nitrogênio Orgânico              | mg/l    |          |                          |          |            |
| Cloretos                         | mg/l    | 2699,00  |                          | 900,00   | 67%        |
| Alcalinidade                     | mg/l    | 320,80   |                          | 257,00   | 20%        |
| Acidez                           | mg/l    | 52,00    |                          | 32,00    | 38%        |
| Ácido Sulfídrico                 | mg/l    | 18,30    |                          | 5,10     | 72%        |
| Salinidade                       | mg/l    | 1636,00  |                          | 545,00   | 67%        |

Tabela 12 – Média de Março de 1999



| Média Mês Março de 1999          |         |          |                       |          |            |
|----------------------------------|---------|----------|-----------------------|----------|------------|
| Análises                         | Unidade | Afluente | Tanque de Equalização | Efluente | Eficiência |
| pH                               |         | 7,20     | 7,37                  | 7,40     |            |
| Resíduos Sedimentáveis           | ml/l    | 1,13     | 3,00                  | 1,17     | -3%        |
| Resíduos Totais                  | mg/l    | 2046,67  | 2883,33               | 2711,33  | -32%       |
| Resíduos Totais Fixos            | mg/l    | 1552,00  | 2341,33               | 2040,00  | -31%       |
| Resíduos Totais Voláteis         | mg/l    | 494,67   | 542,00                | 671,33   | -36%       |
| Resíduos Não Filtráveis Totais   | mg/l    | 240,67   | 383,33                | 135,33   | 44%        |
| Resíduos Não Filtráveis Fixos    | mg/l    | 25,33    | 86,67                 | 28,67    | -13%       |
| Resíduos Não Filtráveis Voláteis | mg/l    | 215,33   | 296,67                | 502,67   | -133%      |
| Resíduos Filtráveis Totais       | mg/l    | 1806,00  | 2500,00               | 2499,33  | -38%       |
| Resíduos Filtráveis Fixos        | mg/l    | 1526,67  | 2254,67               | 1740,67  | -14%       |
| Resíduos Filtráveis Voláteis     | mg/l    | 279,33   | 245,33                | 499,87   | -79%       |
| DBO                              | mg/l    | 353,20   |                       | 84,70    | 76%        |
| DQO                              | mg/l    | 591,97   |                       | 100,27   | 83%        |
| Resíduos sedimentáveis /M        | mg/l    |          | 1,70                  | 0,00     |            |
| Nitrogênio Amoniacal             | mg/l    | 21,90    | 21,30                 | 24,63    | -12%       |
| Nitrogênio Orgânico              | mg/l    |          |                       |          |            |
| Cloretos                         | mg/l    | 1745,00  | 1090,00               | 845,00   | 52%        |
| Alcalinidade                     | mg/l    | 270,07   | 288,05                | 284,87   | -5%        |
| Acidez                           | mg/l    | 36,67    | 26,00                 | 32,33    | 12%        |
| Ácido Sulfídrico                 | mg/l    | 15,97    | 11,90                 | 10,07    | 37%        |
| Salinidade                       | mg/l    | 1626,67  | 1444,50               | 845,00   | 48%        |

Tabela 13 – Coleta de 01/06/1999

| Data da Coleta:01/06/99          |         |          | Horário da Coleta: 10:00 |            |  |
|----------------------------------|---------|----------|--------------------------|------------|--|
| Análises                         | Unidade | Afluente | Efluente                 | Eficiência |  |
| pH                               |         | 7,00     | 7,30                     |            |  |
| Resíduos Sedimentáveis           | ml/l    | 9,00     | 0,30                     | 97%        |  |
| Resíduos Totais                  | mg/l    | 4448,00  | 7714,00                  | -73%       |  |
| Resíduos Totais Fixos            | mg/l    | 3458,00  | 6160,00                  | -78%       |  |
| Resíduos Totais Voláteis         | mg/l    | 990,00   | 1554,00                  | -57%       |  |
| Resíduos Não Filtráveis Totais   | mg/l    |          |                          |            |  |
| Resíduos Não Filtráveis Fixos    | mg/l    |          |                          |            |  |
| Resíduos Não Filtráveis Voláteis | mg/l    |          |                          |            |  |
| Resíduos Filtráveis Totais       | mg/l    |          |                          |            |  |
| Resíduos Filtráveis Fixos        | mg/l    |          |                          |            |  |
| Resíduos Filtráveis Voláteis     | mg/l    |          |                          |            |  |
| DBO                              | mg/l    | 792,00   | 120,00                   | 85%        |  |
| DQO                              | mg/l    | 1019,60  | 823,50                   | 19%        |  |
| Resíduos sedimentáveis /M        | mg/l    |          |                          |            |  |
| Nitrogênio Amoniacal             | mg/l    | 38,60    | 24,90                    | 35%        |  |
| Nitrogênio Orgânico              | mg/l    |          |                          |            |  |
| Cloretos                         | mg/l    | 2181,00  | 3217,00                  | -48%       |  |
| Alcalinidade                     | mg/l    | 312,00   | 226,70                   | 27%        |  |
| Acidez                           | mg/l    | 36,00    | 26,00                    | 28%        |  |
| Ácido Sulfídrico                 | mg/l    | 17,00    | 11,90                    | 30%        |  |
| Salinidade                       | mg/l    | 1598,00  | 1398,00                  | 13%        |  |

Tabela 14 – Coleta de 15/06/1999

| Data da Coleta: 15/06/99         |         | Horário da Coleta: 10:00 |          |            |
|----------------------------------|---------|--------------------------|----------|------------|
| Análises                         | Unidade | Afluente                 | Efluente | Eficiência |
| pH                               |         | 7,40                     | 7,50     |            |
| Resíduos Sedimentáveis           | ml/l    | 1,60                     | 1,10     | 31%        |
| Resíduos Totais                  | mg/l    | 6566,00                  | 8654,00  | -32%       |
| Resíduos Totais Fixos            | mg/l    | 5154,00                  | 6400,00  | -24%       |
| Resíduos Totais Voláteis         | mg/l    | 1412,00                  | 2254,00  | -60%       |
| Resíduos Não Filtráveis Totais   | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Não Filtráveis Fixos    | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Não Filtráveis Voláteis | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Filtráveis Totais       | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Filtráveis Fixos        | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Filtráveis Voláteis     | mg/l    |                          |          |            |
| DBO                              | mg/l    | 216,00                   | 36,00    | 83%        |
| DQO                              | mg/l    | 1021,30                  | 707,00   | 31%        |
| Resíduos sedimentáveis /M        | mg/l    |                          |          |            |
| Nitrogênio Amoniacal             | mg/l    | 45,60                    | 23,80    | 48%        |
| Nitrogênio Orgânico              | mg/l    |                          |          |            |
| Cloretos                         | mg/l    | 1726,00                  | 1543,00  | 11%        |
| Alcalinidade                     | mg/l    | 367,40                   | 308,00   | 16%        |
| Acidez                           | mg/l    | 16,00                    | 17,00    | -6%        |
| Ácido Sulfídrico                 | mg/l    | 4,20                     | 1,30     | 69%        |
| Salinidade                       | mg/l    | 798,00                   | 795,00   | 0%         |

Tabela 15 – Coleta de 30/06/1999

| Data da Coleta:30/06/99          |         | Horário da Coleta: 11:00 |          |            |
|----------------------------------|---------|--------------------------|----------|------------|
| Análises                         | Unidade | Afluente                 | Efluente | Eficiência |
| pH                               |         | 7,00                     | 7,00     |            |
| Resíduos Sedimentáveis           | ml/l    | 2,50                     | 0,60     | 76%        |
| Resíduos Totais                  | mg/l    | 5894,00                  | 6498,00  | -10%       |
| Resíduos Totais Fixos            | mg/l    | 4486,00                  | 5176,00  | -15%       |
| Resíduos Totais Voláteis         | mg/l    | 1408,00                  | 1322,00  | 6%         |
| Resíduos Não Filtráveis Totais   | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Não Filtráveis Fixos    | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Não Filtráveis Voláteis | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Filtráveis Totais       | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Filtráveis Fixos        | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Filtráveis Voláteis     | mg/l    |                          |          |            |
| DBO                              | mg/l    | 160,00                   | 46,70    | 71%        |
| DQO                              | mg/l    | 568,50                   | 406,10   | 29%        |
| Resíduos sedimentáveis /M        | mg/l    |                          |          |            |
| Nitrogênio Amoniacal             | mg/l    |                          |          |            |
| Nitrogênio Orgânico              | mg/l    |                          |          |            |
| Cloretos                         | mg/l    | 3598,00                  | 5398,00  | -50%       |
| Alcalinidade                     | mg/l    | 254,10                   | 333,30   | -31%       |
| Acidez                           | mg/l    | 20,00                    | 30,00    | -50%       |
| Ácido Sulfídrico                 | mg/l    | 13,60                    | 11,70    | 14%        |
| Salinidade                       | mg/l    | 1181,00                  | 1272,00  | -8%        |

Tabela 16 – Média de Junho de 1999

| Média Mês Junho 1999             |         |          |          |            |
|----------------------------------|---------|----------|----------|------------|
| Análises                         | Unidade | Afluente | Efluente | Eficiência |
| pH                               |         | 7,13     | 7,27     |            |
| Resíduos Sedimentáveis           | ml/l    | 4,37     | 0,67     | 85%        |
| Resíduos Totais                  | mg/l    | 5636,00  | 7622,00  | -35%       |
| Resíduos Totais Fixos            | mg/l    | 4366,00  | 5912,00  | -35%       |
| Resíduos Totais Voláteis         | mg/l    | 1270,00  | 1710,00  | -35%       |
| Resíduos Não Filtráveis Totais   | mg/l    |          |          |            |
| Resíduos Não Filtráveis Fixos    | mg/l    |          |          |            |
| Resíduos Não Filtráveis Voláteis | mg/l    |          |          |            |
| Resíduos Filtráveis Totais       | mg/l    |          |          |            |
| Resíduos Filtráveis Fixos        | mg/l    |          |          |            |
| Resíduos Filtráveis Voláteis     | mg/l    |          |          |            |
| DBO                              | mg/l    | 389,33   | 67,57    | 83%        |
| DQO                              | mg/l    | 869,80   | 645,53   | 26%        |
| Resíduos sedimentáveis /M        | mg/l    |          |          |            |
| Nitrogênio Amoniacal             | mg/l    | 42,10    | 24,35    | 42%        |
| Nitrogênio Orgânico              | mg/l    |          |          |            |
| Cloretos                         | mg/l    | 2501,67  | 3386,00  | -35%       |
| Alcalinidade                     | mg/l    | 311,17   | 289,33   | 7%         |
| Acidez                           | mg/l    | 24,00    | 24,33    | -1%        |
| Ácido Sulfídrico                 | mg/l    | 11,60    | 8,30     | 28%        |
| Salinidade                       | mg/l    | 1192,33  | 1155,00  | 3%         |

Tabela 17 – Coleta de 01/07/1999

| Data da Coleta:01/07/99          |         | Horário da Coleta: 10:00 |          |            |
|----------------------------------|---------|--------------------------|----------|------------|
| Análises                         | Unidade | Afluente                 | Efluente | Eficiência |
| pH                               |         | 7,00                     | 7,00     |            |
| Resíduos Sedimentáveis           | ml/l    | 2,50                     | 0,60     | 76%        |
| Resíduos Totais                  | mg/l    | 10098,00                 | 6836,00  | 32%        |
| Resíduos Totais Fixos            | mg/l    | 7408,00                  | 5188,00  | 30%        |
| Resíduos Totais Voláteis         | mg/l    | 2690,00                  | 1648,00  | 39%        |
| Resíduos Não Filtráveis Totais   | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Não Filtráveis Fixos    | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Não Filtráveis Voláteis | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Filtráveis Totais       | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Filtráveis Fixos        | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Filtráveis Voláteis     | mg/l    |                          |          |            |
| DBO                              | mg/l    | 240,00                   | 40,00    | 83%        |
| DQO                              | mg/l    | 2274,00                  | 1177,60  | 48%        |
| Resíduos sedimentáveis /M        | mg/l    |                          |          |            |
| Nitrogênio Amoniacal             | mg/l    | 22,40                    | 29,10    | -30%       |
| Nitrogênio Orgânico              | mg/l    |                          |          |            |
| Cloretos                         | mg/l    | 3097,00                  | 2297,00  | 26%        |
| Alcalinidade                     | mg/l    | 254,10                   | 333,30   | -31%       |
| Acidez                           | mg/l    | 20,00                    | 30,00    | -50%       |
| Ácido Sulfídrico                 | mg/l    | 13,60                    | 11,70    | 14%        |
| Salinidade                       | mg/l    | 4907,00                  | 3817,00  | 22%        |

Tabela 18 – Coleta de 15/07/1999

| Data da Coleta:15/07/99          |         | Horário da Coleta: 10:00 |          |            |
|----------------------------------|---------|--------------------------|----------|------------|
| Análises                         | Unidade | Afluente                 | Efluente | Eficiência |
| pH                               |         | 7,20                     | 7,00     |            |
| Resíduos Sedimentáveis           | ml/l    | 2,50                     | 0,60     | 76%        |
| Resíduos Totais                  | mg/l    | 5894,00                  | 6498,00  | -10%       |
| Resíduos Totais Fixos            | mg/l    | 4486,00                  | 5176,00  | -15%       |
| Resíduos Totais Voláteis         | mg/l    | 1408,00                  | 1322,00  | 6%         |
| Resíduos Não Filtráveis Totais   | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Não Filtráveis Fixos    | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Não Filtráveis Voláteis | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Filtráveis Totais       | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Filtráveis Fixos        | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Filtráveis Voláteis     | mg/l    |                          |          |            |
| DBO                              | mg/l    | 160,00                   | 46,70    | 71%        |
| DQO                              | mg/l    | 568,50                   | 206,10   | 64%        |
| Resíduos sedimentáveis /M        | mg/l    |                          |          |            |
| Nitrogênio Amoniacal             | mg/l    |                          |          |            |
| Nitrogênio Orgânico              | mg/l    |                          |          |            |
| Cloretos                         | mg/l    | 1598,00                  | 1398,00  | 13%        |
| Alcalinidade                     | mg/l    | 254,10                   | 333,30   | -31%       |
| Acidez                           | mg/l    | 20,00                    | 30,00    | -50%       |
| Ácido Sulfídrico                 | mg/l    | 13,60                    | 11,70    | 14%        |
| Salinidade                       | mg/l    | 1181,00                  | 1272,00  | -8%        |

Tabela 19 – Coleta de 30/07/1999

| Data da Coleta:30/07/99          |         | Horário da Coleta: 11:00 |          |            |
|----------------------------------|---------|--------------------------|----------|------------|
| Análises                         | Unidade | Afluente                 | Efluente | Eficiência |
| pH                               |         | 7,40                     | 7,30     | 1%         |
| Resíduos Sedimentáveis           | ml/l    | 5,50                     | 1,50     | 73%        |
| Resíduos Totais                  | mg/l    | 5968,00                  | 2392,00  | 60%        |
| Resíduos Totais Fixos            | mg/l    | 1992,00                  | 1376,00  | 31%        |
| Resíduos Totais Voláteis         | mg/l    | 3976,00                  | 986,00   | 75%        |
| Resíduos Não Filtráveis Totais   | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Não Filtráveis Fixos    | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Não Filtráveis Voláteis | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Filtráveis Totais       | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Filtráveis Fixos        | mg/l    |                          |          |            |
| Resíduos Filtráveis Voláteis     | mg/l    |                          |          |            |
| DBO                              | mg/l    | 340,00                   | 63,30    | 81%        |
| DQO                              | mg/l    | 636,90                   | 358,30   | 44%        |
| Resíduos sedimentáveis /M        | mg/l    |                          |          |            |
| Nitrogênio Amoniacal             | mg/l    |                          |          |            |
| Nitrogênio Orgânico              | mg/l    |                          |          |            |
| Cloretos                         | mg/l    | 723,90                   | 1781,30  | -146%      |
| Alcalinidade                     | mg/l    | 401,90                   | 267,10   | 34%        |
| Acidez                           | mg/l    | 49,00                    | 21,00    | 57%        |
| Ácido Sulfídrico                 | mg/l    | 16,20                    | 12,70    | 22%        |
| Salinidade                       | mg/l    | 1274,10                  | 3135,10  | -146%      |

Tabela 20 – Média de Julho de 1999

| Média Mês Julho 1999             |         |          |          |            |
|----------------------------------|---------|----------|----------|------------|
| Análises                         | Unidade | Afluente | Efluente | Eficiência |
| pH                               |         | 7,20     | 7,10     | 1%         |
| Resíduos Sedimentáveis           | ml/l    | 3,50     | 0,90     | 74%        |
| Resíduos Totais                  | mg/l    | 7320,00  | 5242,00  | 28%        |
| Resíduos Totais Fixos            | mg/l    | 4628,67  | 3913,33  | 15%        |
| Resíduos Totais Voláteis         | mg/l    | 2691,33  | 1318,67  | 51%        |
| Resíduos Não Filtráveis Totais   | mg/l    |          |          |            |
| Resíduos Não Filtráveis Fixos    | mg/l    |          |          |            |
| Resíduos Não Filtráveis Voláteis | mg/l    |          |          |            |
| Resíduos Filtráveis Totais       | mg/l    |          |          |            |
| Resíduos Filtráveis Fixos        | mg/l    |          |          |            |
| Resíduos Filtráveis Voláteis     | mg/l    |          |          |            |
| DBO                              | mg/l    | 246,67   | 50,00    | 80%        |
| DQO                              | mg/l    | 1159,80  | 580,67   | 50%        |
| Resíduos sedimentáveis /M        | mg/l    |          |          |            |
| Nitrogênio Amoniacal             | mg/l    | 22,40    | 29,10    | -30%       |
| Nitrogênio Orgânico              | mg/l    |          |          |            |
| Cloretos                         | mg/l    | 1806,30  | 1825,43  | -1%        |
| Alcalinidade                     | mg/l    | 303,37   | 311,23   | -3%        |
| Acidez                           | mg/l    | 29,67    | 27,00    | 9%         |
| Ácido Sulfídrico                 | mg/l    | 14,47    | 12,03    | 17%        |
| Salinidade                       | mg/l    | 2454,03  | 2741,37  | -12%       |

Tabela 21 – Média do Ano de 1999 da ETE Paquetá



| Média 1999                       |         |          |                       |          |            |               |
|----------------------------------|---------|----------|-----------------------|----------|------------|---------------|
| Análises                         | Unidade | Afluente | Tanque de Equalização | Efluente | Eficiência | Desvio Padrão |
| pH                               |         | 7,11     | 7,27                  | 7,15     |            |               |
| Resíduos Sedimentáveis           | ml/l    | 2,82     | 1,52                  | 1,17     | 58%        | 35%           |
| Resíduos Totais                  | mg/l    | 4899,73  | 4574,53               | 4367,87  | 11%        | 40%           |
| Resíduos Totais Fixos            | mg/l    | 2818,53  | 3177,93               | 3032,80  | -8%        | 32%           |
| Resíduos Totais Voláteis         | mg/l    | 2081,20  | 1387,93               | 1333,07  | 36%        | 51%           |
| Resíduos Não Filtráveis Totais   | mg/l    | 245,56   | 271,00                | 173,11   | 30%        | 14%           |
| Resíduos Não Filtráveis Fixos    | mg/l    | 31,11    | 100,89                | 58,11    | -87%       | 110%          |
| Resíduos Não Filtráveis Voláteis | mg/l    | 214,44   | 170,11                | 247,00   | -15%       | 102%          |
| Resíduos Filtráveis Totais       | mg/l    | 3602,00  | 3065,22               | 2793,11  | 22%        | 52%           |
| Resíduos Filtráveis Fixos        | mg/l    | 1668,22  | 1920,56               | 1631,22  | 2%         | 36%           |
| Resíduos Filtráveis Voláteis     | mg/l    | 1933,78  | 1144,67               | 1075,62  | 44%        | 83%           |
| DBO                              | mg/l    | 296,84   | 58,78                 | 69,05    | 77%        | 5%            |
| DQO                              | mg/l    | 692,31   | 613,10                | 357,89   | 48%        | 21%           |
| Resíduos sedimentáveis /M        | mg/l    |          |                       |          |            |               |
| Nitrogênio Amoniacal             | mg/l    | 30,73    | 24,92                 | 23,75    | 23%        | 41%           |
| Nitrogênio Orgânico              | mg/l    |          |                       |          |            |               |
| Cloretos                         | mg/l    | 1657,15  | 1827,72               | 1667,98  | -1%        | 31%           |
| Alcalinidade                     | mg/l    | 290,83   | 307,60                | 309,07   | -6%        | 16%           |
| Acidez                           | mg/l    | 37,80    | 37,60                 | 36,60    | 3%         | 11%           |
| Ácido Sulfídrico                 | mg/l    | 10,85    | 10,74                 | 7,29     | 33%        | 17%           |
| Salinidade                       | mg/l    | 2275,27  | 2523,37               | 2186,27  | 4%         | 23%           |

Abaixo estão os resultados das análises da ETE Recreio dos Bandeirantes. Foram realizadas três coletas no mês de outubro de 2001 e uma no mês de novembro de 2001.

Tabela 22 – Coleta de 15/10/2001

| Data da Coleta :15/10/2001    |         |          | Hora da Coleta :12:00 |          |            |
|-------------------------------|---------|----------|-----------------------|----------|------------|
| Parâmetros                    | Unidade | Afluente | Tanque de Equalização | Efluente | Eficiência |
| pH                            |         | 7,60     | 7,70                  | 7,90     |            |
| DBO                           | mg/l    | 58,00    | 13,00                 | 21,00    | 64%        |
| DQO                           | mg/l    | 334,00   | 118,00                | 159,00   | 52%        |
| Materiais Sedimentáveis       | ml/l    |          |                       |          |            |
| Nitrogênio                    | mg/l    | 46,00    | 45,00                 | 41,00    | 11%        |
| Fósforo                       | mg/l    |          |                       |          |            |
| Cloretos                      | mg/l    |          |                       |          |            |
| Oxigênio Dissolvido           | mg/l    |          |                       |          |            |
| Turbidez                      | mg/l    |          |                       |          |            |
| Resíduo Total                 | mg/l    |          |                       |          |            |
| Resíduo Total Fixo            | mg/l    |          |                       |          |            |
| Resíduo Total Volátil         | mg/l    |          |                       |          |            |
| Resíduo Filtrável Total       | mg/l    |          |                       |          |            |
| Resíduo Filtrável Fixo        | mg/l    |          |                       |          |            |
| Resíduo Filtrável Volátil     | mg/l    |          |                       |          |            |
| Resíduo Não Filtrável Total   | mg/l    |          |                       |          |            |
| Resíduo Não Filtrável Fixo    | mg/l    |          |                       |          |            |
| Resíduo Não Filtrável Volátil | mg/l    |          |                       |          |            |
| Coliformes fecais             | NMP     | 1,30E+07 | 4,32E+05              | 8,25E+04 | 99%        |

Tabela 23 – Coleta de 22/10/2001

| Data da Coleta :22/10/2001    |         |          | Hora da Coleta :10:00 |          |            |
|-------------------------------|---------|----------|-----------------------|----------|------------|
| Parâmetros                    | Unidade | Afluente | Tanque de Equalização | Efluente | Eficiência |
| pH                            |         | 7,10     | 7,40                  | 7,30     |            |
| DBO                           | mg/l    | 310,00   | 170,00                | 60,00    | 81%        |
| DQO                           | mg/l    | 581,00   | 359,00                | 228,00   | 61%        |
| Materiais Sedimentáveis       | ml/l    | 3,50     | 5,00                  | 0,80     | 77%        |
| Nitrogênio                    | mg/l    | 44,00    | 58,00                 | 64,00    | -45%       |
| Fósforo                       | mg/l    | 0,09     | 0,09                  | 0,10     | -11%       |
| Cloretos                      | mg/l    | 59,00    | 58,00                 | 65,00    | -10%       |
| Oxigênio Dissolvido           | mg/l    |          |                       |          |            |
| Turbidez                      | mg/l    | 253,00   | 196,00                | 107,00   | 58%        |
| Resíduo Total                 | mg/l    | 584,00   | 492,00                | 446,00   | 24%        |
| Resíduo Total Fixo            | mg/l    | 148,00   | 170,00                | 163,00   | -10%       |
| Resíduo Total Volátil         | mg/l    | 436,00   | 322,00                | 283,00   | 35%        |
| Resíduo Filtrável Total       | mg/l    |          |                       |          |            |
| Resíduo Filtrável Fixo        | mg/l    |          |                       |          |            |
| Resíduo Filtrável Volátil     | mg/l    |          |                       |          |            |
| Resíduo Não Filtrável Total   | mg/l    |          |                       |          |            |
| Resíduo Não Filtrável Fixo    | mg/l    |          |                       |          |            |
| Resíduo Não Filtrável Volátil | mg/l    |          |                       |          |            |
| Coliformes fecais             | NMP     | 7,20E+06 | 1,20E+07              | 3,70E+06 | 49%        |
| Temperatura                   | °C      | 25,00    | 25,00                 | 24,00    |            |

Tabela 24 – Coleta de 29/10/2001

| Data da Coleta :29/10/2001    |         |          | Hora da Coleta :10:00 |          |            |
|-------------------------------|---------|----------|-----------------------|----------|------------|
| Parâmetros                    | Unidade | Afluente | Tanque de Equalização | Efluente | Eficiência |
| pH                            |         | 7,30     | 7,60                  | 7,50     |            |
| DBO                           | mg/l    | 120,00   | 60,00                 | 47,00    | 61%        |
| DQO                           | mg/l    | 511,00   | 193,00                | 302,00   | 41%        |
| Materiais Sedimentáveis       | ml/l    | 7,50     | 5,50                  | 1,00     | 87%        |
| Nitrogênio                    | mg/l    | 61,00    | 46,00                 | 44,00    | 28%        |
| Fósforo                       | mg/l    | 0,10     | 0,09                  | 0,08     | 20%        |
| Cloretos                      | mg/l    | 54,00    | 52,00                 | 53,00    | 2%         |
| Oxigênio Dissolvido           | mg/l    | 0,00     | 2,40                  | 1,00     |            |
| Turbidez                      | mg/l    |          |                       |          |            |
| Resíduo Total                 | mg/l    | 567,00   | 446,00                | 397,00   | 30%        |
| Resíduo Total Fixo            | mg/l    | 228,00   | 249,00                | 180,00   | 21%        |
| Resíduo Total Volátil         | mg/l    | 339,00   | 297,00                | 217,00   | 36%        |
| Resíduo Filtrável Total       | mg/l    | 57,00    | 226,00                | 303,00   | -432%      |
| Resíduo Filtrável Fixo        | mg/l    |          |                       |          |            |
| Resíduo Filtrável Volátil     | mg/l    |          |                       |          |            |
| Resíduo Não Filtrável Total   | mg/l    | 510,00   | 220,00                | 94,00    | 82%        |
| Resíduo Não Filtrável Fixo    | mg/l    |          |                       |          |            |
| Resíduo Não Filtrável Volátil | mg/l    |          |                       |          |            |
| Coliformes fecais             | NMP     | 9,10E+06 | 5,25E+06              | 2,55E+05 | 97%        |
| Temperatura                   | °C      | 26,00    | 26,00                 | 26,00    |            |

Tabela 25 – Coleta de 05/11/2001

| Data da Coleta :05/11/2001    |         | Hora da Coleta :10:00 |                       |          |            |
|-------------------------------|---------|-----------------------|-----------------------|----------|------------|
| Parâmetros                    | Unidade | Afluente              | Tanque de Equalização | Efluente | Eficiência |
| pH                            |         | 7,60                  | 7,60                  | 7,50     |            |
| DBO                           | mg/l    | 54,00                 | 57,00                 | 35,00    | 35%        |
| DQO                           | mg/l    | 179,00                | 247,00                | 213,00   | -19%       |
| Materiais Sedimentáveis       | ml/l    | 2,00                  | 6,00                  | 2,50     | -25%       |
| Nitrogênio                    | mg/l    | 42,00                 | 47,00                 | 23,00    | 45%        |
| Fósforo                       | mg/l    | 0,06                  | 0,03                  | 0,05     | 20%        |
| Cloretos                      | mg/l    | 44,00                 | 31,00                 | 31,00    | 30%        |
| Oxigênio Dissolvido           | mg/l    | 0,00                  | 3,80                  | 1,50     |            |
| Turbidez                      | mg/l    | 61,00                 | 117,00                | 59,00    | 3%         |
| Resíduo Total                 | mg/l    | 330,00                | 443,00                | 309,00   | 6%         |
| Resíduo Total Fixo            | mg/l    | 136,00                | 171,00                | 132,00   | 3%         |
| Resíduo Total Volátil         | mg/l    | 194,00                | 272,00                | 177,00   | 9%         |
| Resíduo Filtrável Total       | mg/l    | 240,00                | 278,00                | 210,00   | 13%        |
| Resíduo Filtrável Fixo        | mg/l    | 10,00                 | 90,00                 | 32,00    | -220%      |
| Resíduo Filtrável Volátil     | mg/l    | 230,00                | 188,00                | 177,00   | 23%        |
| Resíduo Não Filtrável Total   | mg/l    | 90,00                 | 165,00                | 99,00    | -10%       |
| Resíduo Não Filtrável Fixo    | mg/l    | 35,00                 | 84,00                 | 22,00    | 37%        |
| Resíduo Não Filtrável Volátil | mg/l    | 55,00                 | 81,00                 | 77,00    | -40%       |
| Coliformes fecais             | NMP     | 1,77E+07              |                       | 1,20E+05 | 99%        |
| Temperatura                   | °C      | 25,00                 | 25,00                 | 25,00    |            |

Tabela 26 – Média da ETE Recreio dos Bandeirantes

| Média ETE Recreio             |         |          |                       |          |            |               |
|-------------------------------|---------|----------|-----------------------|----------|------------|---------------|
| Parâmetros                    | Unidade | Afluente | Tanque de Equalização | Efluente | Eficiência | Desvio padrão |
| pH                            |         | 7,40     | 7,58                  | 7,55     |            |               |
| DBO                           | mg/l    | 135,50   | 75,00                 | 40,75    | 69,9%      | 19%           |
| DQO                           | mg/l    | 401,25   | 229,25                | 225,50   | 43,8%      | 36%           |
| Materiais Sedimentáveis       | ml/l    | 4,33     | 5,50                  | 1,43     | 66,9%      | 62%           |
| Nitrogênio                    | mg/l    | 48,25    | 49,00                 | 43,00    | 10,9%      | 39%           |
| Fósforo                       | mg/l    | 0,08     | 0,07                  | 0,08     | 8,5%       | 18%           |
| Cloretos                      | mg/l    | 52,33    | 47,00                 | 49,67    | 5,1%       | 20%           |
| Oxigênio Dissolvido           | mg/l    |          | 3,10                  | 1,25     |            |               |
| Turbidez                      | mg/l    | 157,00   | 156,50                | 83,00    | 47,1%      | 38%           |
| Resíduo Total                 | mg/l    | 493,67   | 460,33                | 384,00   | 22,2%      | 12%           |
| Resíduo Total Fixo            | mg/l    | 170,67   | 196,67                | 158,33   | 7,2%       | 16%           |
| Resíduo Total Volátil         | mg/l    | 323,00   | 297,00                | 225,67   | 30,1%      | 15%           |
| Resíduo Filtrável Total       | mg/l    | 148,50   | 252,00                | 256,50   | -72,7%     | 314%          |
| Resíduo Filtrável Fixo        | mg/l    | 10,00    | 90,00                 | 32,00    | -220,0%    |               |
| Resíduo Filtrável Volátil     | mg/l    | 230,00   | 188,00                | 177,00   | 23,0%      |               |
| Resíduo Não Filtrável Total   | mg/l    | 300,00   | 192,50                | 96,50    | 67,8%      | 65%           |
| Resíduo Não Filtrável Fixo    | mg/l    | 35,00    | 84,00                 | 22,00    | 37,1%      |               |
| Resíduo Não Filtrável Volátil | mg/l    | 55,00    | 81,00                 | 77,00    | -40,0%     |               |
| Coliformes fecais             | NMP     | 1,18E+07 | 5,89E+06              | 1,04E+06 | 91,2%      | 25%           |
| Temperatura                   | °C      | 25,33    | 25,33                 | 25,00    |            |               |

As análises bacteriológicas foram realizadas no laboratório da Escola Nacional de Saúde Pública na Fundação Oswaldo Cruz. Os laudos das análises se encontram em anexo.

Nas páginas seguintes observam-se os gráficos dos principais parâmetros estudados. Observa-se a variação do parâmetro e o limite imposto pela norma. Foi realizada também uma regressão linear.

Gráfico 01 - DBO ETE Paquetá

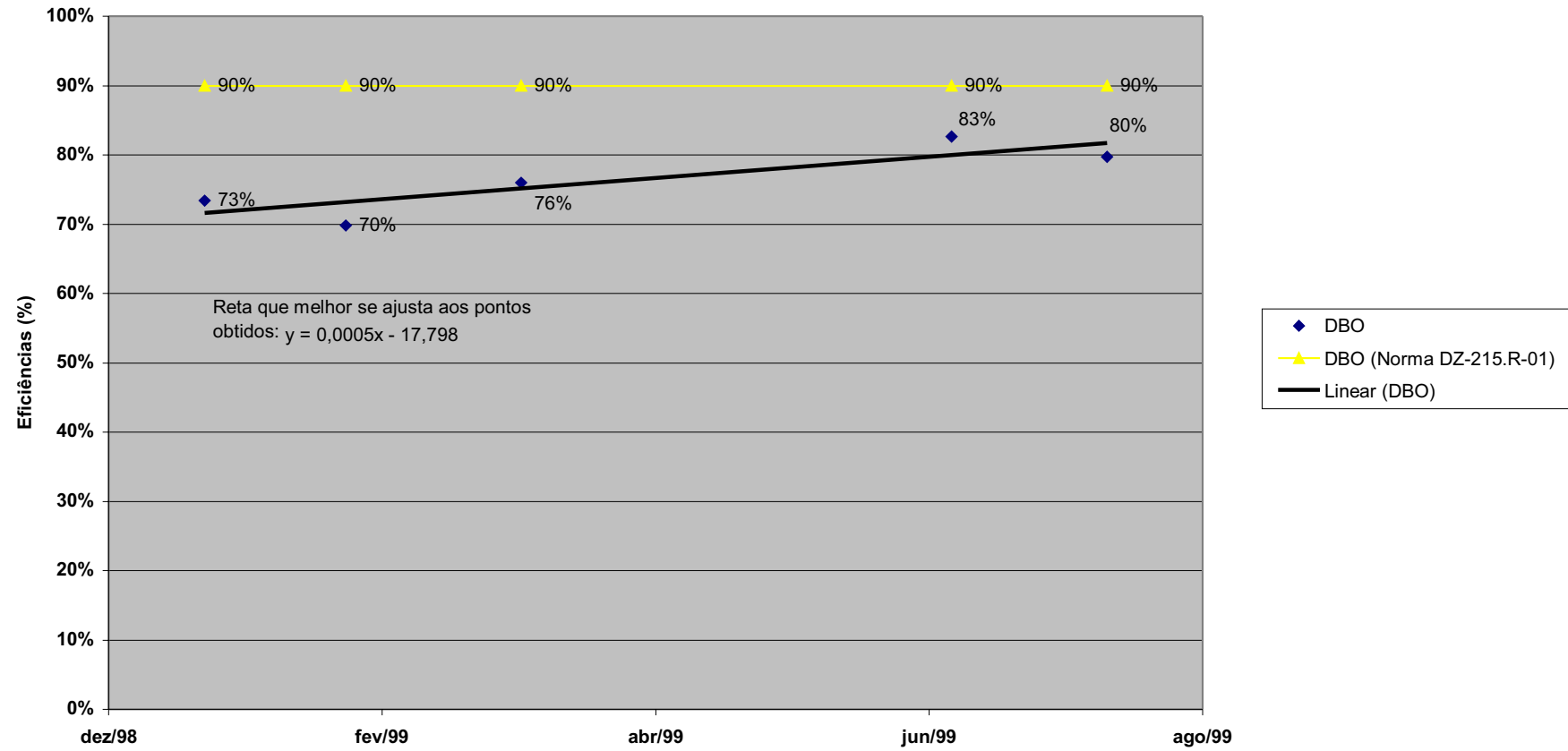




Gráfico 02 - DQO ETE Paquetá

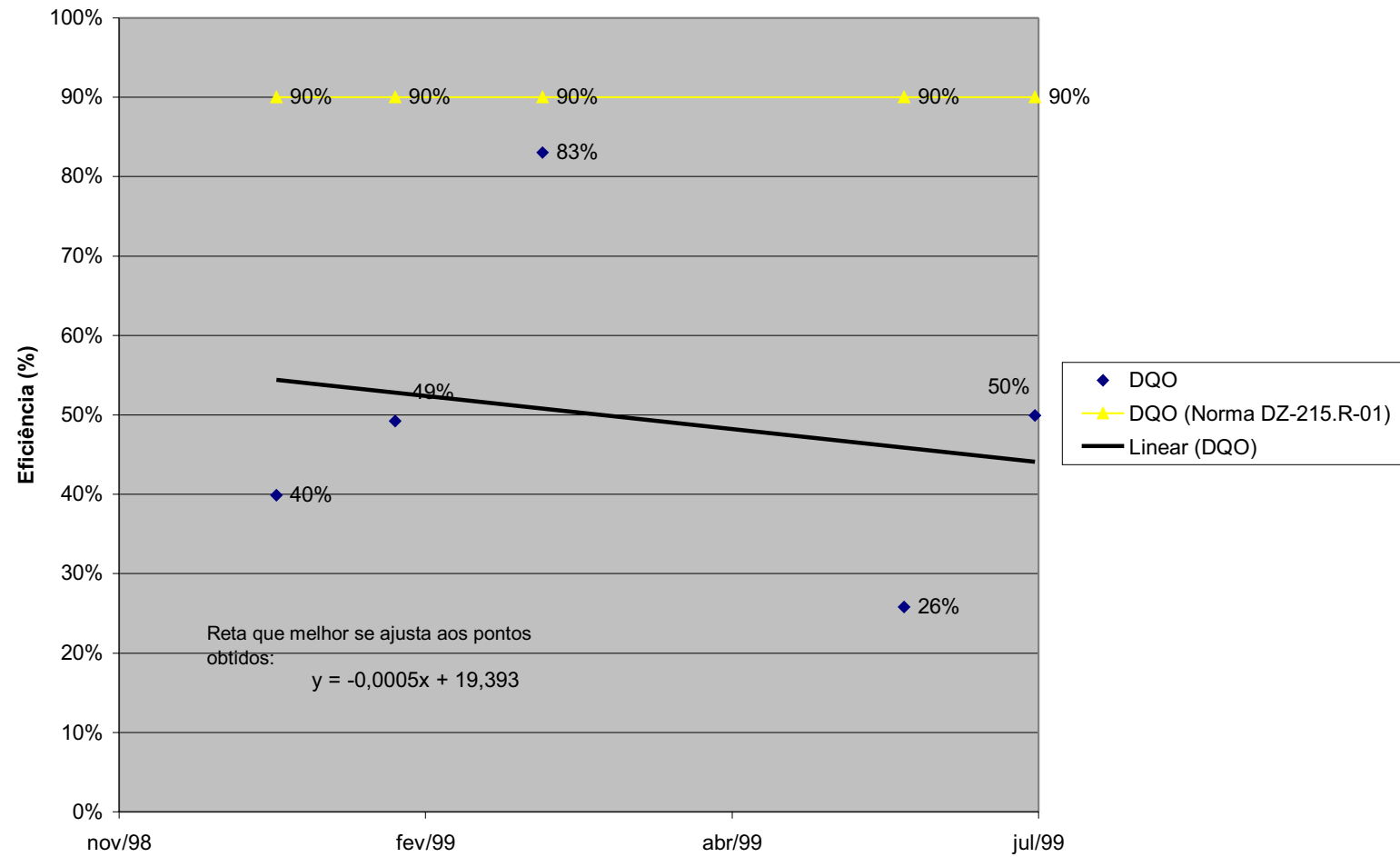




Gráfico 03 - Materiais Sedimentáveis ETE Paquetá

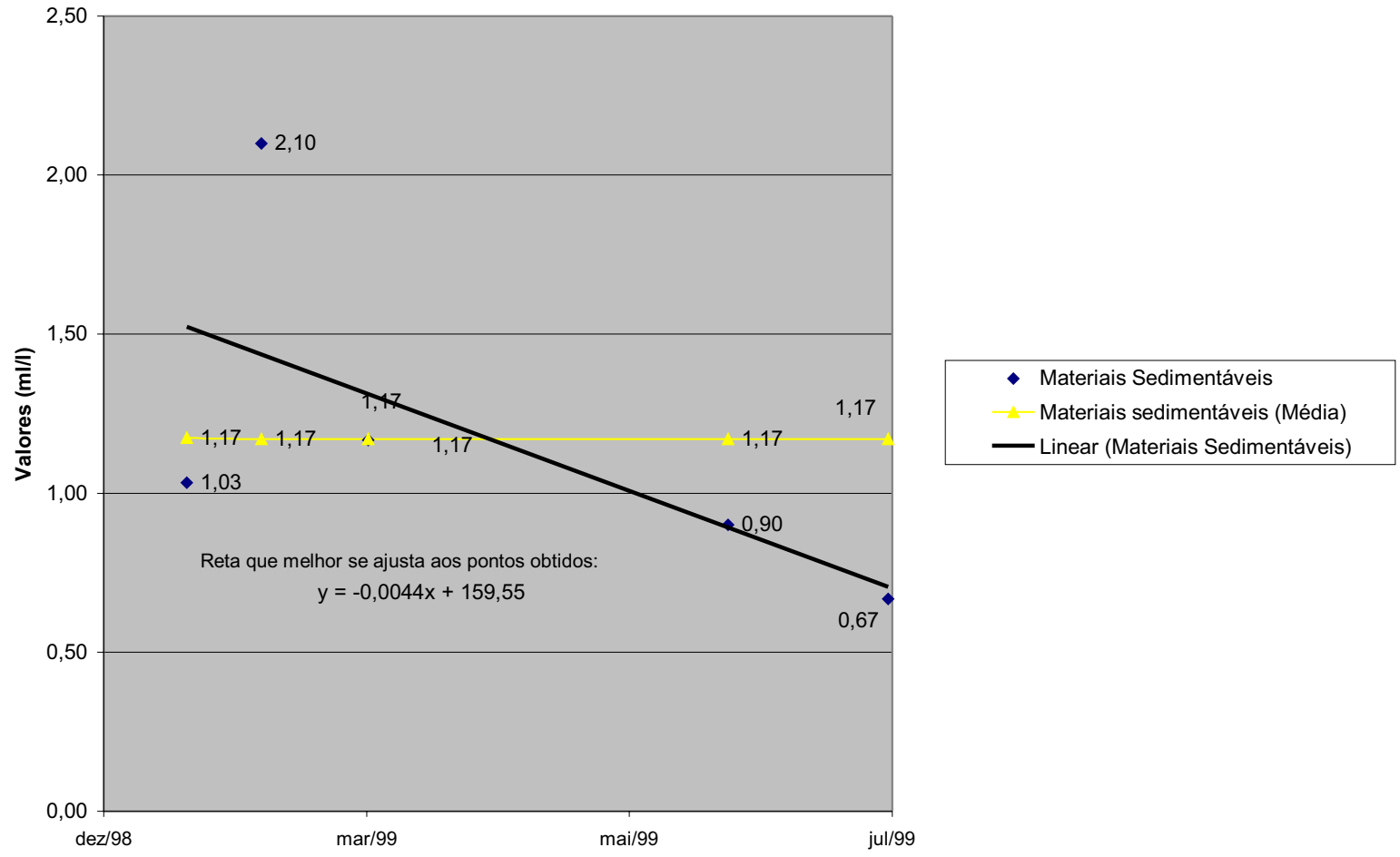


Gráfico 04 - DBO ETE Recreio dos Bandeirantes

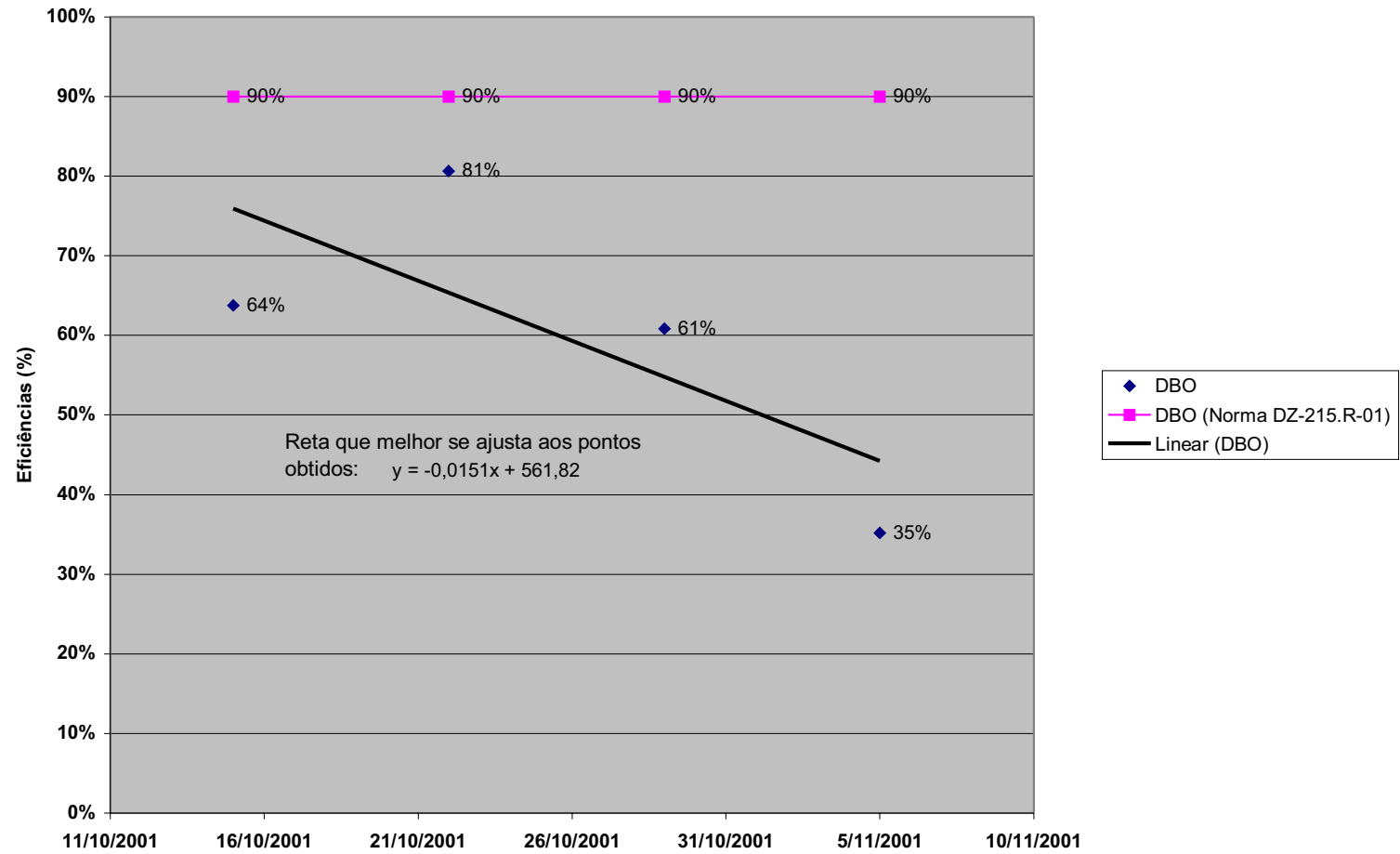


Gráfico 05 - DQO ETE Recreio dos Bandeirantes

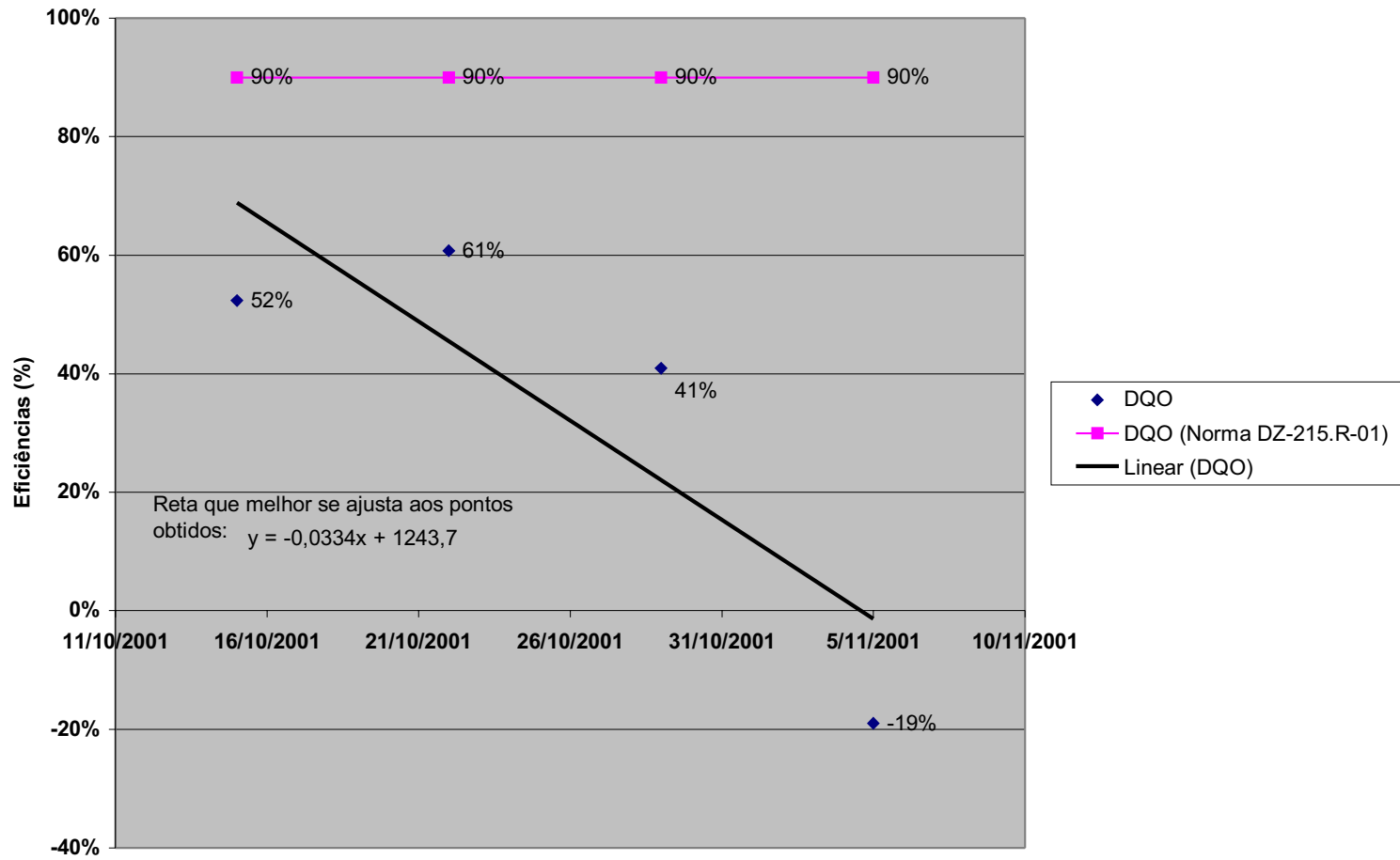
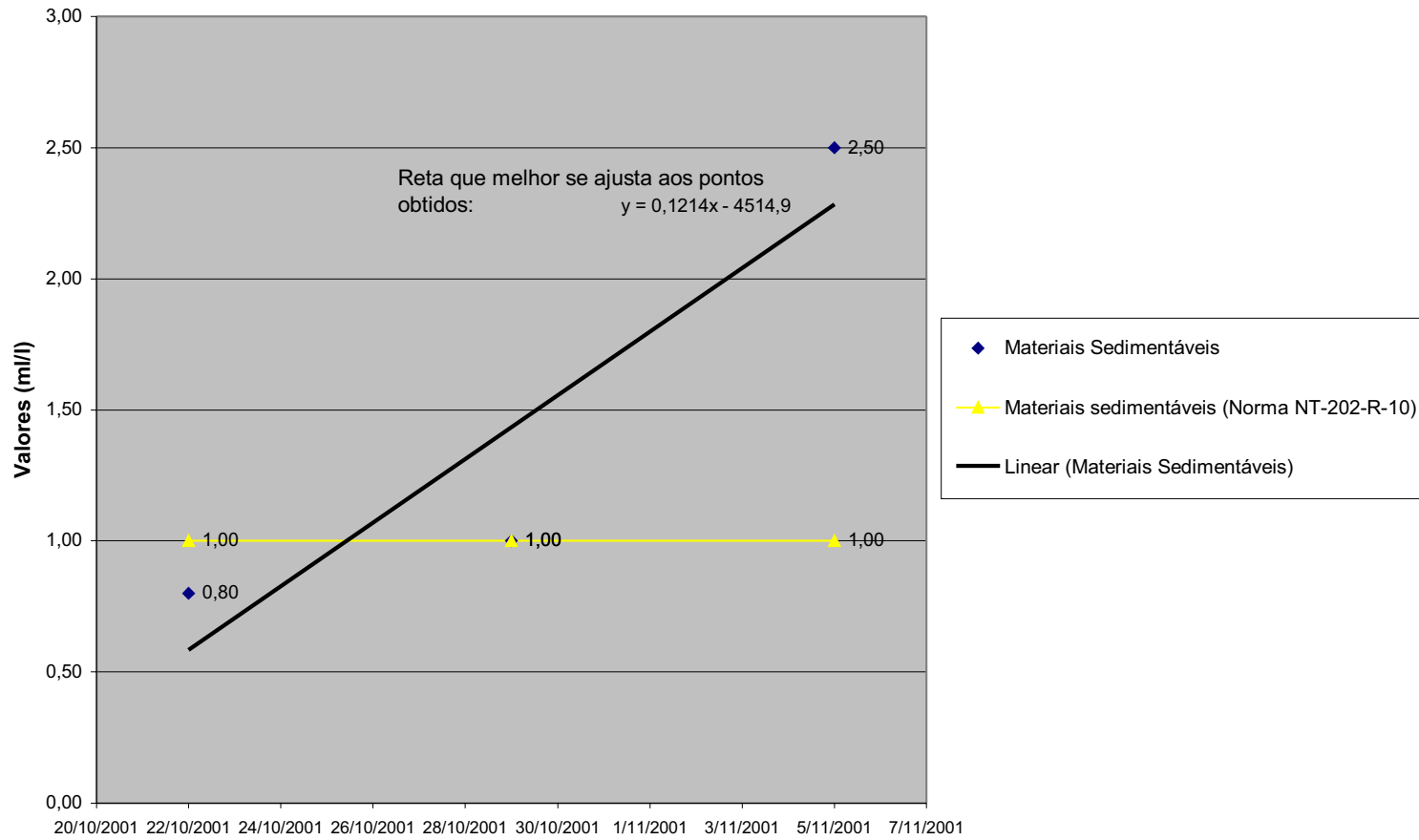


Gráfico 06 - Materiais Sedimentáveis ETE Recreio dos Bandeirantes



Observa-se que a Eficiência da ETE Paquetá, no caso da DBO, com base no Gráfico 01, variou na entre 73 e 83%. Esses valores estão abaixo do valor de projeto que seria de 90,49%. (Memória de cálculo em anexo)

De acordo com a Resolução CONAMA nº 20(Quadro 15) o padrão de lançamento da DBO é de 60mg/l. Observando a Tabela 21 das Médias do ano de 1999, a ETE Paquetá lançou DBO de 69,05mg/l. Já em relação a Norma DZ-215.R-01 da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, a FEEMA, também com base na memória de cálculo (em anexo) da estação, verifica-se que a carga orgânica é maior que 100, logo a redução de DBO teria que ser de 90%. Observando-se a Tabela 21 das a Médias da DBO no ano de 1999 e o Gráfico 01, verifica-se que a eficiência ficou em torno de uma média de 77%.

Já com relação a DQO, de acordo com a Resolução CONAMA nº 20 (Quadro 15), o padrão de lançamento é de 90mg/l. Observando a Tabela 21 com as médias do ano de 1999, verifica-se uma concentração de 355,53mg/l. Com a relação a a Norma DZ-215.R-01 da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, a FEEMA, também com base na memória de cálculo (em anexo) da estação, verifica-se que a carga orgânica é maior que 100, logo a remoção da DQO teria de ser de 90%. Observado a Tabela 21 e o Gráfico 02, vê-se que a eficiência ficou em torno da média de 49%.

Em relação ao pH, de acordo com a Resolução CONAMA nº 20, o padrão de lançamento está entre 5 e 9. Neste caso o padrão da Resolução CONAMA coincide com. o da Norma NT-202.R10 da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, a FEEMA. Observando a Tabela 21 das médias de 1999, o pH é da ordem de 7,15. Já com relação aos Sólidos Sedimentáveis a Norma NT-202.R10 da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, a FEEMA, o valor de lançamento é de 1,0ml/l e o valor do efluente em média de acordo com a Tabela 21 e o Gráfico 03 foi de 1,17ml/l.

Na Revisão de Literatura o processo Deep Shaft (Quadro 09) é semelhante ao processo estudado. A eficiência de DBO , que esse processo apresenta, varia de 85 a 95%.

Já a eficiência do Sistema Aeróbio Vertical Contínuo de acordo com o Quadro 13, fornecido pela empresa consultora é de 95%.

Conforme relatório da COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (2000), foi observado algo em relação aos valores de cloretos. Estes valores estavam extremamente altos. Isso foi constatado

devido a problemas detectados no sistema. As elevatórias operaram no período de janeiro manualmente, acarretando impactos. O esgoto retido na rede é trazido quase sempre em estado séptico.

Em fevereiro foi verificado que a rede se encontrava em grande parte obstruída fazendo com que o esgoto ficasse retido e a operação manual fez com que durante longos períodos, somente fosse recalcado para estação, afluentes com alto teor de salinidade.

Em março também problemas ocorreram. O entupimento da rede veio ocorrendo com frequência, bem como as elevatórias continuavam operando no manual, causando assim represamento do esgoto, tornando-o séptico. E quando encaminhado a estação, causou impacto dificultando o processo de tratamento.

A ETE Paquetá recebeu esgoto não uniforme, diferente das condições para que foi projetada dificultando o tratamento.

Nos meses que se seguiram os mesmos problemas continuaram, tanto no meses de junho como julho. Convém também ressaltar que nos meses de chuva houve uma contribuição de águas pluviais na rede de esgoto.

Em relação a ETE Recreio dos Bandeirantes, com base no Gráfico 04, a eficiência DBO variou entre 35 e 80%. Diferente também do valor de projeto: 92,51%. (Memória de cálculo em anexo)

De acordo com a Resolução CONAMA nº 20 (Quadro 15), como já foi visto acima, o padrão de lançamento é de 60mg/l. Observando a Tabela 26 das Médias ETE Recreio, vê-se que ela lançou DBO de 40,75mg/l. Já com relação a Norma DZ-215.R-01 da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, a FEEMA também com base na memória de cálculo (em anexo) da estação, verifica-se que a carga orgânica é maior que 100, logo a redução de DBO teria que ser de 90%. Observando a Tabela 26 das Médias da ETE Recreio verifica-se que a eficiência é de 69,9%.

Já com relação a DQO, de acordo com a Resolução CONAMA nº 20 (Quadro 15), o padrão de lançamento é de 90mg/l. Observando a Tabela 26 com as Médias da ETE Recreio, verifica-se que o lançamento foi de 225,50mg/l a redução foi de 43,8%.

Em relação ao pH e a temperatura, de acordo com a Resolução CONAMA nº 20, o padrão de lançamento está entre 5 e 9, para o primeiro parâmetro e inferior a 40°C para o segundo. Neste caso o padrão da Resolução CONAMA nº 20 coincide com o da Norma NT-202.R10 da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, a FEEMA. Observando a Tabela 26 das Médias da ETE Recreio, o pH é da ordem de 7,15

e a temperatura de lançamento foi de 25°C. Já com relação aos Sólidos Sedimentáveis como o valor da Norma NT-202.R10 da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, a FEEMA, é de 1,0ml/l. De acordo com a Tabela 26 o valor do efluente lançado é de 1,43ml/l.

Com relação aos coliformes fecais a Resolução CONAMA nº20, não coloca nenhuma restrição no padrão de lançamento. Esta sim, existe em relação ao padrão dos corpos d'água, classes, 1, 2, 3 e 4. Nesse caso apesar da eficiência na remoção de DBO ser maior que 90%, nenhum padrão do corpo d'água é atingido.

Em relação as normas brasileiras para tratamento de esgotos, observa-se que a ETE Paquetá não atingiu os padrões de lançamento estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 20 e nem os da norma DZ-215.R-01. Não atingiu o valor de lançamento dos Sólidos Sedimentáveis, no entanto atingiu o valor de pH, de acordo com a norma NT-202.R-10.

Já a ETE Recreio dos Bandeirantes atingiu o padrão estabelecido para DBO de acordo com a Resolução CONAMA, não atingindo o da norma estadual DZ-215.R-01. Com relação a temperatura e pH de acordo com a norma NT-202.R-10, os padrões foram atingidos, porém os de Sólidos Sedimentáveis não o foram.

## 7 – Conclusões e Recomendações

Já foi comprovado em vários trabalhos anteriores que tanto sob o ponto de vista econômico quanto de saúde pública não existe tratamento ideal. Cada caso deve ser analisado individualmente, em que vários aspectos devem ser pesados: técnicos, financeiros, possibilidades de operação e manutenção. Além, é claro, conciliando-os de maneira atender os anseios da população (ROQUE,1997).

Em relação às normas brasileiras de tratamento de esgotos, como já também foi colocado em trabalhos anteriores, por MELLO JUNIOR (1999) e ROQUE (1997), estas estão baseadas em padrões internacionais levando a valores bastante restritivos, quanto a lançamento de esgotos. É também conhecido o fato da dificuldade em atender tais valores da legislação. Há diferenciações entre normas do CONAMA e normas estaduais, como foi mostrado nas análises dos resultados. Por exemplo; no caso da Resolução CONAMA o padrão para lançamento de DBO é 60mg/l. Já a Norma DZ-215.R-01 da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do estado do Rio de Janeiro, a FEEMA, estabelece percentuais de redução de carga orgânica de acordo com a concentração. Nos casos estudados, a carga orgânica foi maior que 100kg/dia, logo a remoção mínima seria de 90%, o que corresponde a concentrações de 30mg/l. Essa diferenciação entre as normas dificulta enormemente a aplicação de processos de tratamento. O exemplo citado é suficiente por si mesmo (ROQUE, 1997). O mesmo efluente que atende a Resolução CONAMA, não atende a norma DZ-215.R-01, como foi observado na ETE Recreio dos Bandeirantes.

Com relação aos coliformes, hoje dia viu-se que somente esse indicador de contaminação não é mais suficiente para garantir a qualidade de uma água a ser captada para a distribuição (D'AGUILA, 1996 E ROQUE, 1997). Ainda segundo ROQUE (1997) para valores estabelecidos de organismos por 100ml para águas classe 1, serão necessárias altíssimas diluições do efluente para que possa alcançar, por exemplo, o padrão de 200 coliformes fecais por 100ml.

Novamente o problema: relaxar os padrões, como forma de se adequar a nossa realidade, ou restringir mais ainda, para acompanhar as tendências americanas e européias?



O tratamento de esgoto por Reator Aeróbio Vertical Contínuo como foi verificado nos resultados, realiza tratamento, sendo que esse tratamento não está atendendo totalmente as normas brasileiras federais e estaduais. Verificando a DBO, antes de despejar o esgoto no emissário submarino, no caso de Paquetá, a diferença em relação ao que é exigido pela Resolução CONAMA nº20 é de 9mg/l, que representa 15% acima do valor mínimo exigido.

No caso do Recreio dos Bandeirantes a Resolução CONAMA nº 20 é atendida.

O tratamento de esgoto por Reator Aeróbio Vertical Contínuo é uma tecnologia nova, semelhante ao tipo de tratamento Deep- Shaft, já utilizado em outras cidades do mundo e de eficiência comprovada. A inovação do tratamento por reator aeróbio estudado está em utilizá-lo unicamente como opção para tratamento de esgotos; já que o Deep - Shaft é utilizado, mas em conjunto com outras unidades. Os estudos em escala piloto são favoráveis, SHIEH e LI (1989), HEIJNEN (1990, 1991, 1993, 1999 e 2000), SAFFERMEN e BISHOP (1996), e GEBARA (1999), mas ainda não são definitivos, ou seja é necessário ainda trabalho de investigação para elucidar a questão, como já foi visto anteriormente.

O Reator Aeróbio Vertical Contínuo ocupa uma área muito pequena e não apresenta mau cheiro, representando neste caso os anseios de muitas comunidades de prefeituras e empresas de saneamento e outros interessados em processos de tratamento que sejam ao mesmo tempo eficientes e que ocupem o menor espaço possível.

Por outro lado a avaliação demonstrou que apesar das preconizadas vantagens, o processo apresentou em escala real, nos dois casos, eficiências não compatíveis com processos de lodos ativados, apesar da ETE Recreio dos Bandeirantes atingir o padrão de lançamento da Resolução CONAMA nº 20.

No presente trabalho a intenção foi bater uma “fotografia” do processo. Isto porque, este já está sendo utilizado conhecendo-se pouco a seu respeito.

Observa-se que estão ocorrendo dificuldades com a operação que é realizada por sensoriamento remoto. De forma que foi verificada a necessidade de operador constante e presente a qualquer hora de forma a tomar providências necessárias no momento de períodos críticos de funcionamento.

Verificou-se a necessidade de melhor conhecimento pelas empresas do processo em operação, de otimização de parâmetros e conhecimento da formação e crescimento de microrganismos no meio, a espessura de manta de lodo, do fator oxigenação

específico e do possível retorno do lodo, bem como da necessidade no processo de sedimentação de microrganismos.

No que se refere aos difusores de ar, a teoria leva em consideração de que os mesmos transferem uma taxa constante de oxigênio a uma concentração de microrganismos, o que na verdade não acontece, ocorrendo flutuações de ambos os parâmetros, ocasionando deficiências no processo.

A passagem de lodo como efluente do esgoto tratado, demonstra que o excesso de lodo presente ou possível desnitrificação em meio anóxico e/ou também respiração endógena em excesso está ocorrendo, necessitando neste caso de correções.

Recomenda-se então que o processo possa ser utilizado porém verificando-se suas limitações.

Convém chamar a atenção que o presente trabalho analisou parâmetros clássicos de esgoto (DBO, DQO, RD, T, pH, entre outros). Não foram feitas análises de metais pesados. Assim seria verificada a presença de despejos de esgoto de origem industrial na rede. Sendo interessante a verificação de mais esse parâmetro, visando aproveitamento, reuso de esgoto. Atualmente é um tema de grande importância, devido à escassez de água doce que se observa cada vez mais no mundo moderno. Esgoto nos dias de hoje é riqueza.

## 8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALÉM SOBRINHO, P., 1983. Estudos dos Fatores que Influem no Desempenho do Processo de Lodos Ativados – Determinação de Parâmetros de Projeto para Esgotos Predominantemente Domésticos. *Revista DAE*, 132.

AL-SHAHWANI, S. M. et al, 1991. The use of Protozoa to Indicate Changes in the Performance of Activated Sludge Plants. *Water Research*, 25 (6): 633-638.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION AND WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION, 1995. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater American Public health Association, Washington D.C.*

ARCEIVALA, S.J.,1981. *Wastewater Treatment and Disposal*. New York: Marcel Dekker.

ARGAMAN, Y., 1991. Chemical Reaction Engineering and Activated Sludge. *Water Research*, 25 (12): 1583-1586.

BABBIT, H. E. & BAUMANN, E. R., 1958. *Sewerage and Sewage Treatment*. New York: John Willey & Sons.

BARROS, R.T.V., CASTRO, A.A., COSTA, A.M.L.M., CHERNICHARO, C.A.L., VON SPERLING, E., MÖLLER, L.M., HELLER, L., CASSEB, M.M.S., VON SPERLING, M., 1995. *Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios.v.2 - Saneamento*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, Fundação Estadual do Meio Ambiente.

BRANCO, S. M.,1978. *Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária*. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.

BRANCO, S. M. et al, 1981. Tratamento Aeróbio sob Pressão. *Revista DAE*, 72-79.

BRITTO, E. V., 2000. *Tecnologias Adequadas ao Tratamento de Esgoto*. [Apostila do Curso Tecnologias Aplicadas ao Tratamento de Esgoto]. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária.

CHATIB, et al.,1981. Biological Wastewater Treatment in a Three-Phase Fluidized Bed Reactor. *In: Biological Fluidized Bed Treatment of Water and Wastewater*. England: Ellis Horwood.

CHERNICARO, C. A. L., 1997. *Princípios do Tratamento de Águas Residuárias. Reatores Anaeróbios v.5*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais.

CHO, S. H. et al., 1993. Setting Velocity Model of Activated Sludge. *Water Research*, 27 (4).

COMA, J. et al, 1990. Flocculation in a Fluidized Bed. *Water Research*, 24 (3): 361-366.

COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS, 2000. *Relatório Sistema de Esgotamento Sanitário da Ilha de Paquetá (período de 15/01/1998 a 30/11/2000)*. Rio de Janeiro.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução nº 20 de 18/06/1986*. CONAMA. Brasília.

CORNET, J. C. ET MOISE, R., 1982. Contribution à L'Etablissement d'un Modèle Mathématique Décivant Fonctionnement d'un Flottateur en Traitement des Eaux. *La Technique de L'Eau et de L'Assainissement*, 428-429.

CYNAMON, S. E. et al, 1988. Tratamento Anaeróbio – Aeróbio em Valo. *Caderno de Saúde Pública*, 1 (4): 59-61.

CYNAMON, S. E. & ROQUE, O.C.C., 1993. Tratamento Anaeróbio-Aeróbio de Esgotos Sanitários em Valos. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 17. Trabalhos Técnicos, v.2, tomo I. Natal: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

D'AGUILA, P. S., 1996. *Pseudomonas Aeruginosa como Indicador em Análises Bacteriológicas de Águas para Abastecimento Público*. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: Escola nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz.

DAMMEL, E. E. & SCHROEDER, E. D., 1991. Density of Activated Sludge Solids. *Water Research*, 25 (7): 841-846.

ECKENFELDER, W. W. ,1970. *Water Quality Engineering*, New York: Barnes & Noble.

ECKENFELDER Jr., W. W., 1989. *Industrial Water Pollution Control*. United States of America: MacGraw-Hill International.

ECKENFELDER, W. W, GRAU, P., 1992. *Activated Sludge Process Design and Control. Theory and Practice*. Lancaster: Technomic and Publishing Co.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1999. *Manual de Saneamento*.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. Norma DZ-215.R-01 de 26 de Abril de 1994. Diretriz de Controle de Carga Orgânica Biodegradável em Efluentes Líquidos de Origem Não Industrial. *Diário Oficial [do] Município*, 18 de Maio de 1994.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. Norma NT-202.R-10 revisão nº 1007 de 4 de Dezembro de 1986. Critérios e Padrões para Lançamento de Efluentes Líquidos. *Diário Oficial [do] Município*, 12 de Dezembro de 1986.

FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS, PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE, 1998. *Projeto da Estação de Tratamento de Esgotos do Recreio dos Bandeirantes: Memorial Descritivo e Memorial Técnico*. Rio de Janeiro: Faulhaber.

GEBARA, D. et al., 1999. Coeficientes de Transferência de Oxigênio em Reator de Leito Fluidizado para Tratamento de Esgoto. *In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 20: I-085:366-374. 15 de outubro de 2001.

<http://www.saneamentobasico.com.br/acervo/defaultresultados.asp>

GRAUNASA SISTEMAS AMBIENTAIS INDÚSTRIA E COMÉCIO LTDA, [19-]. *Introdução ao Sistema Graúna*.

HAMMER, M. J., 1979. *Sistemas de Abastecimento de Águas e Esgotos*, Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos S. A.

HEIJNEN, J. et al., 1990. Large-scale Anaerobic/Aerobic Treatment of Complex Industrial Wastewater Using Immobilized Biomass in Fluidized Bed and Air-Lift Suspension Reactors. *J. Chem. Eng. Technology*, 13: 202-208.

HEIJNEN, J. et al., 1991. Large-scale Anaerobic/Aerobic Treatment of Complex Industrial Wastewater Using Biofilm Reactors. *J. Water Sci. Tech.*, 23: 1427-1436.

HEIJNEN, J. et al., 1993. Development and Scale-Up of an Aerobic Biofilm Air-Lift Suspension Reactor. *J. Water Sci. Tech.*, 27: 253-261.

HEIJNEN, J. et al., 1999. Bubble Recirculation Regimes in an Internal-Loop Airlift Reactor. *Chemical Engineering Science*, 54: 3995-4006.

HEIJNEN, J. et al., 1999. The Biofilm Airlift Suspension Extension Reactor. Part I: Design and Two-Phase Hydrodynamics. *Chemical Engineering Science*, 54: 1909-1924.

HEIJNEN, J. et al., 2000. Evaluation of Kinetic Parameters of Biochemical Reaction in Three-Phase Fluidized Bed Biofilm Reactor for Wastewater Treatment. *Biochemical Engineering Journal*, 5:165-171.

HEIJNEN, J. et al., 2000. Wastewater Treatment with Particulate Biofilm Reactors. *Journal of Biotechnology*, 80: 1-33.

HEIJNEN, J. et al., 2000. The Biofilm Airlift Suspension Extension Reactor – II: Three-Phase Hydrodynamics. *Chemical Engineering Science*, 55: 699-711.

HUDSON, J. R., 1965. Physical Aspects of Fluidization. *Journal AWWA*, 57.

INHOFF, K., 1966. *Manual de Tratamento de Águas Residuárias*. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda.

JACKSON, M. L. AND SHEN, C. C., 1978. Aeration and Mixing in Deep Tank Fermentation Systems. *J. Am. Inst. Chem. Eng.*, 24.

JORDÃO, E.P., PESSOA, C.A., 1995. *Tratamento de Esgotos Domésticos*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária.

JONES, B., 1992. Underground WW Treatment Attracts Interest in Land-Scarce Cities. *Uk Report*, não paginada.

LETTINGA, G., 1995. Introduction. In: *International Course on Anaerobic Treatment*. Wageningen Agricultural University, IHE Delft Wageningen.

MELLO JUNIOR, H. A. A., 1999. *Eficiência dos Filtros Anaeróbios Cynamon no Tratamento de Esgotos*. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz.

MELTCALF e EDDY, 1981. *Tratamiento y Depuración de las Águas Residuales*. Barcelona: Editorial Labor S. A.

MELTCALF & EDDY, 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*. New York: McGraw-Hill.

MENDONÇA, S. R., 1987. Fundamentos do Tratamento Biológico Aeróbio. *In: Tópicos Avançados em Sistemas de Esgotos Sanitários*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

MONOD, J., 1949. The Growth of Bacterial Cultures. *Annual Review of Microbiology*, 3: 371-394.

RAMALHO, R. S. 1977. *Introduction to Wastewater Treatment Process*. New York: Academic Press.

RICHTER, C. A. e LAUVEVICIUS, C., 1998. Sistema Aeróbio Vertical Contínuo – Uma Inovação no Tratamento de Esgotos. *Projeto da Estação de Tratamento de Esgotos do Recreio dos Bandeirantes: Memorial Descritivo e Memorial Técnico*. Rio de Janeiro: Faulhaber.

ROQUE, O.C.C., 1997. *Sistemas Alternativos para Tratamento de Esgotos Aplicáveis as Condições Brasileiras*. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz.

SAFFERMAN, S.I. & BISHOP, P.L., 1996. Aerobic Fluidized Bed Reactor with Internal Media Cleaning. *Journal of Environmental Engineering*, 122 (4): 284-291.

SHIEH, W.K. & LI, C.T., 1989. Performance and Kinetics of Aerated Fluidized Bed Biofilm Reactor. *Journal of Environmental Engineering*, 115 (1): 65-79.

SILVA, D. M., [199-]. *Estudo Cinético do Processo de Valos Anaeróbio-Aeróbio – Caracterização e Obtenção de Parâmetros de Projeto*. Tese de Doutorado, Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz.

VON SPERLING, M., 1994. Critérios e Dados para uma Seleção Preliminar de Sistemas de Tratamento de Esgotos. *Revista BIØ encarte*, 1: 7-21.



VON SPERLING, M., 1996. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos v.1* . Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais.

VON SPERLING, M., 1996. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos v.2*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais.

VON SPERLING, M., 1997. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Lodos Ativados v.4*. Belo Horizonte: Departamento de engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais.

VON SPERLING, M. et al., 2001. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Lodo de Esgotos: Tratamento e Disposição Final v.6*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais e Companhia de Saneamento do Paraná.

VON SPERLING, M., 2001. Revistando os Números do Saneamento. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 6 (1): 5-7.

WHITE, J. B., 1970. *The Design of Sewers and Sewage Treatment*. London: Edward Arnold Ltd.

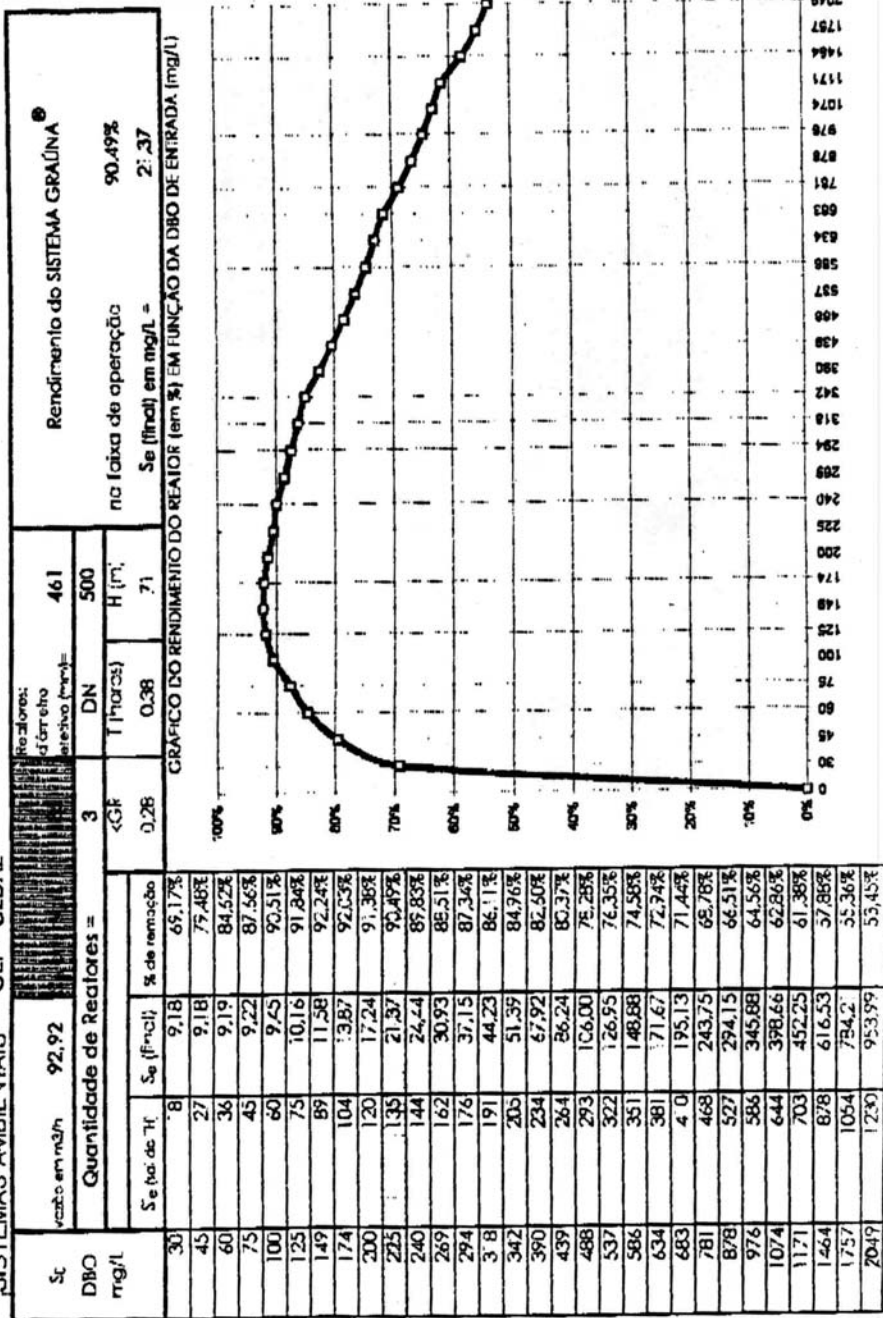
ZHANG, H. & ZHU, J. X., 2000. Hydrodynamics in Downflow Fluidized Beds (2): Particle Velocity and Solids Profiles. *Chemical Engineering Science*, 55: 4367-4377.

**ANEXO I**  
**Memórias de Cálculo das ETE's**  
**Paquetá e Recreio dos Bandeirantes**


| RESUMO DA MEMÓRIA DE CÁLCULO   |  | DATA: 12/setembro/1997                                    |
|--|--|---|
| <b>GRANJUNASA</b><br>SISTEMAS AMBIENTAIS                                       |  |   |
| <b>Ciente: CEF - CEDAE</b>   |  |   |
| <b>PARÂMETROS DE PROJETO</b>   |  | <b>AFLUENTE: DOMÉSTICO</b>                                |
| ESTE AFLUENTE TEM CARACTERÍSTICAS SEMELHANTES AO ESGOTO DOMÉSTICO              |  |   |
| População Equivalente em Habitantes  | 10022 pessoas                                      | Remoção Mínima de Projeto p/ o Potencial Poluente (DBO)   |
| População  | 13900 habitantes                                   | Taxa Considerada de DBO per Capita                        |
| Consumo de Água per Capita   | 200 l/dia . h . b . b                              | Taxa de Retorno   |
| Extensão da Rede Coletora  | Não Considerada                                    | Taxa de Infiltração                                       |
| Volume do TQ de Homog. = % do Volume de Afluente Diário                        | 5,57%  | Regime do Fluxo de Entrada de Esgoto na ETE               |
| Coefficiente de Auto Destruição de Microorganismos                             | 0,075 dia <sup>-1</sup>                            | Concentração de Sólidos em Suspensão Voláteis             |
| Taxa Específica de Ilitização de Substrato                                     | 1,00 g DBO <sub>5</sub> / g DBO <sub>5</sub> . dia | Coefficiente de Síntese Celular                           |
| Vazão de Projeto = 2230,00 m <sup>3</sup> / dia                                | Vazão de Projeto = 92,92 m <sup>3</sup> / hora     | Vazão de Projeto = 25,81 l / s                            |
| Constante de Tratamento do GRAÚNA - K <sub>02</sub>                            | 0,28 dia <sup>-1</sup>                             | DBO de Entrada = 225 mg / l                               |
| DBO por dia = 591,08 kg  | pH = 7,30  | DQO de Entrada = 374 mg / l                               |
| Índice de Biodegradabilidade ( DQO ÷ DBO )                                     | 1,6667   | Vazão de Projeto por Reator = 30,97 m <sup>3</sup> / hora |
| <b>DIMENSIONAMENTO DOS REATORES</b>  |  |   |
| Diâmetro Nominal dos Reatores  | 500 mm   | Diâmetro Útil dos Reatores                                |
| Quantidade de Reatores   | 3 un   | Profundidade dos Reatores                                 |
| Profundidade da Escavação dos Reatores, a partir do Nível do Terreno = 74,00 m |  |   |
| <b>RENDIMENTO DO SISTEMA GRAÚNA</b>  |  |   |
| Dimensionamento do SISTEMA GRAÚNA a partir de: DBO                             | DBO de Saída                                       | 21,37 mg / l  |
| Rendimento do Tanque de Homogeneização   | 40%  | Área total para o SISTEMA GRAÚNA = 120 m <sup>2</sup>     |
| <b>RENDIMENTO TOTAL DO SISTEMA GRAÚNA</b>                                      |  |   |
| <b>90,49%</b>  |  |   |




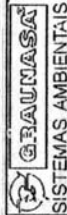
**SIMULAÇÃO TEÓRICA DO DESEMPENHO DO REATOR PROJETADO**  
**CEF - CEDAE**



| RESUMO DA MEMÓRIA DE CÁLCULO   |  | DATA : 19/Março/1998  |
|--|--|---|
| <b>CLIENTE:</b> SECRET. MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE - Recreio dos Bandeirantes - R.J. |  |   |
| <b>PARÂMETROS DE PROJETO</b> AFLUENTE: DOMÉSTICO                                     |  |   |
| ESTE AFLUENTE TEM CARACTERÍSTICAS SEMELHANTES AO ESGOTO DOMÉSTICO                    |  |   |
| <b>TANQUE DE HOMOG. SEM TANQUE DE EQUALIZAÇÃO INCORPORADO</b>                        |  |   |
| População Equivalente em Habitantes  | 23760 pessoas                            | Remoção Mínima de Projeto p. o Potencial Poluente (DBO) 92%                                     |
| População  | 22000 habitantes                         | Taxa de Retorno 80%   |
| Consumo de Água per Capita   | 200 $\ell$ / dia x hab                   | pH = 7,00   |
| Extensão da Rede Coletora  | Não Considerada                          | Taxa de Infiltração Não Considerada   |
| Volume do TQ de Homog. = % do Volume de Afluente Diário                              | 6,25%                                    | Regime do Fluxo de Entrada de Esgoto na ETE = 24 horas por dia                                  |
| Coeff. de Auto Destruição de Microorganismos =                                       | 0,08 dia <sup>-1</sup>                   | Concentração de Sólidos em Suspensão Voláteis (SSV) = 1,20 $\text{g} / \text{m}^3$              |
| Taxa Específica de Utilização de Substrato =   | 1,80 kg Substr. remov. / kg SSV x dia    | Constante de Tratam. do GRAUNA - kgr = 0,28 $\text{mg} / \ell \times \text{m}^2 \cdot \text{h}$ |
| Taxa Específica de Síntese Celular =   | 0,60 kg SSV / kg $\text{DBO}_2$ removido | $\mu$ - Coeficiente de Equalização Pluvial = 1,50   |
| $K_1$ - Coef. de Dia de Maior Consumo (TQ Equalização) =                             | 1,20                                     | $K_2$ - Coef. de Hora de Maior Consumo (Reator Vertical) = 1,50                                 |
| DBO de Entrada =   | 337,50 $\text{mg} / \ell$                | DBO por hora = 61,88 kg   |
| DQO de Entrada =   | 506,25 $\text{mg} / \ell$                | DQO por hora = 92,81 kg   |
| Índice de Biodegradabilidade ( DQO + DBO ) =   | 1,5000                                   | $\text{V.O. de L.D.O.} = 13550,63 \text{ g} / \text{dia}$                                       |
| Vazão Média =  | 3520,00 $\text{m}^3 / \text{dia}$        | Vazão Média = 146,67 $\text{m}^3 / \text{hora}$   |
| Vazão Máxima =   | 4224,00 $\text{m}^3 / \text{dia}$        | Vazão Máxima = 176,00 $\text{m}^3 / \text{hora}$  |
| Vazão de Projeto =   | 4400,00 $\text{m}^3 / \text{dia}$        | Vazão de Projeto = 183,33 $\text{m}^3 / \text{hora}$  |
| Vazão de Pico =  | 220,00 $\text{m}^3 / \text{hora}$        | Vazão de Pico = 61,11 $\ell / \text{s}$   |
| <b>DIMENSIONAMENTO DOS REATORES</b>  |  |   |
| Diametro Nominal dos Reatores R1 =   | 775 mm                                   | Diametro Nominal dos Reatores R3 =  |
| Diametro Efetivo dos Reatores R1 =   | 0,765 m                                  | Diametro Efetivo dos Reatores R3 =  |
| Quantidade de Reatores R1 =  | 3 un                                     | Quantidade de Reatores R3 =   |
| Volume de cada Reator R1 =   | 28,20 $\text{m}^3$                       | Volume de cada Reator R3 =  |
| Diametro Nominal dos Reatores R2 =   | mm                                       | Profund. da Escavação dos Reatores a partir do Nivel do Terreno =                               |
| Diametro Efetivo dos Reatores R2 =   | m  | 13 Níveis de Difusor Profundidade dos Reatores =  |
| Quantidade de Reatores R2 =  | un                                       | 12 Difusores Cubicos por Nivel - R1 Difusores Cubicos por Nivel - R2                            |
| Volume de cada Reator R2 =   | $\text{m}^3$                             | Difusores Cubicos por Nivel - R3  |
| 578 Difusores de Fundo   | 17 Setores de Distribuição               | 34 Difusores de Fundo por Setor de Distribuição   |
|  |  | 61,11 un (total)  |

|  |                       |   |   |                      |
|--|-----------------------|---|---|----------------------|
|   |                       | <b>RESUMO DA MEMÓRIA DE CÁLCULO</b>     |   | DATA : 19/Março/1998 |
| <b>Cliente: SECRET. MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE - Recreio dos Bandeirantes - R.J.</b> |                       |   |   |                      |
| <b>RENDIMENTO DO SISTEMA GRAUNA A PARTIR DA DBO</b>                                  |                       |   |   |                      |
| Rendimento Efetivo do Tanque de Homogeneização =                                     | 40,31%                | DBO de Saída =                          | 25,27   | mg / l               |
| Rendimento Máximo do Tanque de Homogeneização =                                      | 46,05%                | Área Estimada para a Casa de Máquinas = | 40,00   | m <sup>2</sup>       |
| <b>RENDIMENTO TOTAL DO SISTEMA GRAUNA</b>  |                       | <b>92,51%</b>                           | <b>Área total para o SISTEMA GRAUNA = 275 m<sup>2</sup></b> |                      |
| <b>DIMENSIONAMENTO DOS TANQUES DE HOMOGENEIZAÇÃO E DE DECANTAÇÃO</b>                 |                       |   |   |                      |
| <b>TANQUE DE HOMOGENEIZAÇÃO E EQUALIZAÇÃO</b>  |                       |   |   |                      |
| <b>Q - Coef. de Equalização Pluvial = 1,6000</b>                                     |                       |   |   |                      |
| <b>TANQUE A CONSTRUIR OU INSTALAR</b>  |                       |   |   |                      |
| <b>DE CONCRETO ARMADO</b>  |                       | <b>FORMATO : RETANGULAR</b>             |   |                      |
| Comprimento =  | 8,70 m                | Comprimento =                           | 4,60 m  |                      |
| Largura =  | 12,00 m               | Largura =                               | 12,00 m   |                      |
| Área =   | 104,03 m <sup>2</sup> | Área =                                  | 55,20 m <sup>2</sup>  |                      |
| Altura Útil =  | 4,50 m                | Altura Útil =                           | 4,80 m  |                      |
| Altura Operacional Média =   | 4,00 m                | Altura Operacional Média =              | 4,70 m  |                      |
| Volume Operacional Médio =   | 415,12 m <sup>3</sup> | Volume Operacional Médio =              | 259,44 m <sup>3</sup>                                       |                      |
| Volume Mínimo Necessário =   | 412,50 m <sup>3</sup> | Volume Mínimo Necessário =              | 213,84 m <sup>3</sup>                                       |                      |
| Volume Útil =  | 468,14 m <sup>3</sup> | Volume Útil =                           | 264,86 m <sup>3</sup>                                       |                      |
| <b>TANQUE DE CONCRETO ARMADO</b>   |                       |   |   |                      |
| <b>FORMATO : RETANGULAR</b>  |                       |   |   |                      |
| <b>TANQUE DE DECANTAÇÃO</b>  |                       |   |   |                      |
| <b>DE CONCRETO ARMADO</b>  |                       |   |   |                      |
| <b>FORMATO : RETANGULAR</b>  |                       |   |   |                      |
| <b>VOLUME ESTIMADO DE CONCRETO ARMADO = 139,2 m<sup>3</sup></b>                      |                       |   |   |                      |

| RESUMO DA MEMÓRIA DE CÁLCULO  |                    | DATA :  | 19/Março/1998 |
|---|--------------------|---|---------------|
|                              |                    |   |               |
| <b>Cliente:</b> SECRET. MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE - Recreio dos Bandeirantes - R.J.                            |                    |   |               |
| <b>DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS</b>   |                    |   |               |
| DESCRIÇÃO   | TAMANHO            | QUANTIDADE  |               |
| Dissipador - Flotador   | Nº 4               | 3   | un            |
| Caixa de saída p/ DF, completa com Bocal  | Nº 4               |   | un            |
| Adaptador de Fixação p/DF, completo com Caixa de Saída e Bocal - p/ Tanque de Polietileno - DN 3.20m            | Nº 4               | 3   | un            |
| Adaptador de Fixação p/DF, completo com Caixa de Saída e Bocal - p/ TO de Aço Carbono                           | Nº 4               |   | un            |
| Comporta de Retorno Simples   | m                  | 4   | un            |
| Caixa de saída p/ Comporta de Retorno Simples, completa com Bocal   | PADRAO             |   | un            |
| Adaptador de Fixação p/Comporta de Retorno, completo com Caixa de Saída e Bocal - p/ TQ, Polietileno - DN 3.20m | PADRAO             |   | un            |
| Adaptador de Fixação p/C Retorno, completo com Cx. Saída e Bocal - p/ TO de Aço Carbono                         | PADRAO             |   | un            |
| Comporta de Saída   | PADRAO             | 12  | un            |
| Caixa de saída p/ Comporta de Saída, completa com Bocal   | PADRAO             |   | un            |
| Adaptador de Fixação p/Comporta de Saída, completo com Caixa de Saída e Bocal - p/ TQ, Polietileno - DN 3.20m   | PADRAO             |   | un            |
| Adaptador de Fixação p/C Saída, completo com Cx. Saída e Bocal - p/ TO de Aço Carbono                           | PADRAO             |   | un            |
| RAC - Resfriador de Ar Comprimido completo, com 2 flexíveis de 1.50m e Bomba de Densidade DN 1"                 | m                  |   | un            |
| Extrator de Lodo, completo com 2 válvulas globo e tubo de alimentação de ar - DN 1"                             |                    |   | un            |
| Bomba de Densidade, completa com tubo p/alimentação de ar   | Cota de instalação | 1   | un            |
|   | -59,300 m          | 3   | un            |
| <b>DIFUSORES DE COLUNA</b>  |                    |   |               |
| Quantidade de Difusores por nível de Difusão = 12 un  |                    | Quantidade Necessária de Níveis de Difusão por Reator = 13 un |               |
| <b>REATORES INTERNOS AO TANQUE DE HOMOGENEIZAÇÃO</b>  |                    |   |               |
| Difusor de Coluna, completo com tubo p/alimentação de ar  | Cota -7,000 m      | Nível 1   | 3 un          |
| Difusor de Coluna, completo com tubo p/alimentação de ar  | Cota -11,000 m     | Nível 2   | 3 un          |
| Difusor de Coluna, completo com tubo p/alimentação de ar  | Cota -15,000 m     | Nível 3   | 3 un          |
| Difusor de Coluna, completo com tubo p/alimentação de ar  | Cota -19,000 m     | Nível 4   | 3 un          |
| Difusor de Coluna, completo com tubo p/alimentação de ar  | Cota -23,000 m     | Nível 5   | 3 un          |
| Difusor de Coluna, completo com tubo p/alimentação de ar  | Cota -27,000 m     | Nível 6   | 3 un          |
| Difusor de Coluna, completo com tubo p/alimentação de ar  | Cota -32,000 m     | Nível 7   | 3 un          |
| Difusor de Coluna, completo com tubo p/alimentação de ar  | Cota -36,000 m     | Nível 8   | 3 un          |
| Difusor de Coluna, completo com tubo p/alimentação de ar  | Cota -41,000 m     | Nível 9   | 3 un          |
| Difusor de Coluna, completo com tubo p/alimentação de ar  | Cota -46,000 m     | Nível 10  | 3 un          |
| Difusor de Coluna, completo com tubo p/alimentação de ar  | Cota -51,000 m     | Nível 11  | 3 un          |
| Difusor de Coluna, completo com tubo p/alimentação de ar  | Cota -54,000 m     | Nível 12  | 3 un          |
| Difusor de Coluna, completo com tubo p/alimentação de ar  | Cota -59,600 m     | Nível 13  | 3 un          |
| Difusor de Coluna, completo com tubo p/alimentação de ar  | Cota m             | Nível 14  | un            |
| Difusor de Coluna, completo com tubo p/alimentação de ar  | Cota m             | Nível 15  | un            |
| Difusor de Coluna, completo com tubo p/alimentação de ar  | Cota m             | Nível 16  | un            |



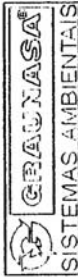
## RESUMO DA MEMÓRIA DE CÁLCULO

DATA : 19/Março/1998

**Cliente:** SECRET. MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE - Recreio dos Bandeirantes - R.J.

|   |  |   |   |  |
|---|--|---|---|--|
| Nível do Terreno  | Cota   | Terr.Nat                                    | Capacidade de Flotação por Decant. Flotador = | 1035,56 m <sup>3</sup> / dia                     |
| Fundo do Tanque de Homogeneização   | Cota   | -1.000 m                                    | Fundo do Reator                               | Cota = 62.500 m                                  |
| Fundo do Tanque de Decantação   | Cota   | -1.000 m                                    | Nível Mínimo de Operação                      | Cota = 2.500 m                                   |
| Nível de Operação dos Decantadores (DF)   | Cota   | 3.800 m                                     | Nível Médio de Operação                       | Cota = 3.000 m                                   |
| Nível de Operação das Comportas de Saída e de Retorno   | Cota   | 3.700 m                                     | Nível Máximo de Operação                      | Cota = 2.500 m                                   |
| Kit para Contr. Fluxo de Ar p/ Bombas de Dens. dos Reatores - Q = 300 NL/min, inclusive conexões  |  |   |   |  |
| Valvula Reguladora de Pressão-Tipo Diafragma, c/manômetro e sem alívio  | Q = 300 NL/min - Modelo R08-400RGM-DN 1,2" - REF.: NORGREN |   |   | 3 un   |
| Rotâmetro c/fluviador e Escala de 0 a 300 NL/min  | Q = 300 NL/min - Modelo 4T7-9903-X12-DN 1,2" - REF.: OMIEL |   |   | 3 un   |
| Kit para Contr. Fluxo de Ar p/ Difusores de Fundo - Q = 800 NL/min, inclusive conexões  |  |   |   |  |
| Dif. de Fundo (un)  | 578  | Districoes em                               | 17  | redes independentes de Difusores DN3/4"com       |
| Valvula Reguladora de Pressão-Tipo Diafragma, c/manômetro e sem alívio  | Q = 800 NL/min - Modelo R08-400RGM-DN 1,2" - REF.: NORGREN |   |   | 34,00 un   |
| Rotâmetro c/fluviador e Escala de 0 a 800 NL/min  | Q = 800 NL/min - Modelo 4T7-9903-X12-DN 1,2" - REF.: OMIEL |   |   | 17 un  |
| Kit para Contr. Fluxo de Ar p/ Difusores de Coluna - Q = 80 NL/min, inclusive conexões  |  |   |   |  |
| Volume Mínimo de Ar Necessário para cada Nível de Difusores de Coluna   | 60,00 NL/min   | Quant. de Dif. Cúbicos por Nível de Aeração |   | 12 un  |
| Val. Req. Pr. Tipo Diafr. c/manômetro e s/ alívio e Flux. c/fluvi. e esc. de 0 a 60 NL/min-Q = de 0 a 80 NL/min - Modelo C-00612-2-DN 3" - REF.: CALGIMED |  |   |   | 45 un  |
| REATORES INTERNOS AO TANQUE DE HOMOGENEIZAÇÃO   |  |   |   |  |
| CAMISA DO REATOR R1 - DN 775 AÇO  | Camisa de Reator por R1 =                                  | 61,00 m                                     | Quantidade Total de Tubos para Reatores R1 =  | 183 m  |
| CAMISA DO REATOR R2 - DN  | Camisa de Reator por R2 =                                  | m   | Quantidade Total de Tubos para Reatores R2 =  | m  |
| CAMISA DO REATOR R3 - DN  | Camisa de Reator por R3 =                                  | m   | Quantidade Total de Tubos para Reatores R3 =  | m  |
| COMPRESSORES  |  |   |   |  |
| Compressor Smutz  | Tipo   | Parafuso - 10 Bar                           | Modulo  | SRP - 1030                                       |
| Potencia Instalada:   | Unitaria   | 50,00 HP                                    | Total   | 150,00 HP  |
| Consumo de Ar =   | 724,48 m <sup>3</sup> / hora                               | Consumo de Energia =                        | 70,34 Kw / hora                               | Consumo Especifico de Energia = 1,38 Kw / q OBOZ |
| Não haverá Compressor de Reserva a Combustão  |  |   |   |  |
| RESERVATORIOS VERTICAIS DE AR COMPRIMIDO (VASOS DE PRESSÃO)   |  |   |   |  |
| Reservatorio Vertical compl. e c/ dren. autom.  | Modelo R-0500-EGR - Capacidade 500 Litros - Ref.: Aberko   |   | Pressão Máx.de Trab =                         | 10,00 Bar  |
| Kit de Filtros DN 2" - Incl. conexões, tubo galv. e válvulas de esfera - Comprato por:  |  |   |   |  |
| Pré-filtro de 5 micra, com indicador de vida e dren. automático interno - DN 2" - Q = 1500 spm(iscfm) - REF.: NORGREN - F 18-C01-AIDA                     |  |   | Quantidade =                                  | 2 un   |
| Pos-filtro coalescente de 0,01 micra, com indicador de vida e dren. automático interno - DN 2" - Q = 600 spm(iscfm) - REF.: NORGREN - F47-C21-AODA        |  |   | Pressão Máx.de Trab =                         | 10,00 Bar  |
|   |  |   |   | 1 un   |
|   |  |   |   | 1 un   |

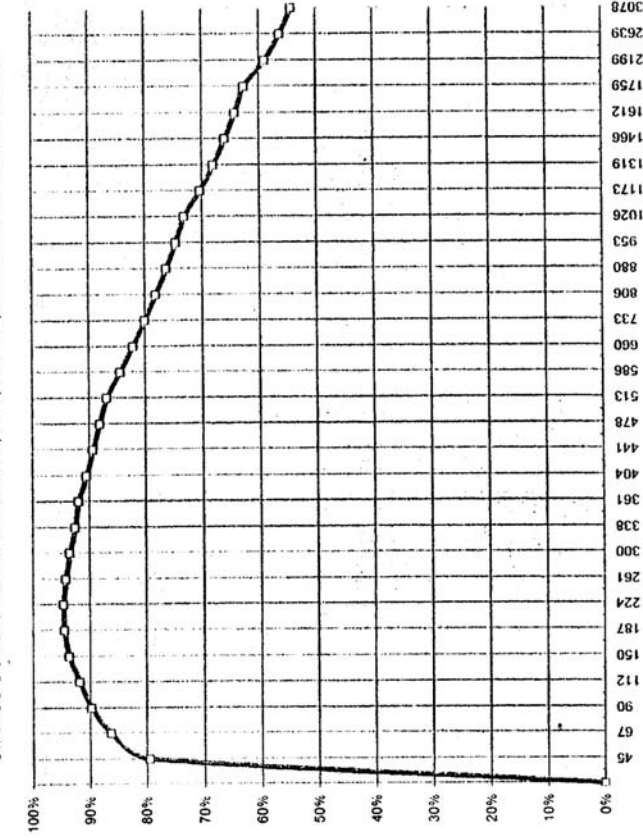




**SIMULAÇÃO TEÓRICA DO DESEMPENHO DOS REATORES PROJETADOS  
SECRET. MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE - Recreio dos Bandeirantes - R.J.**

|  |   |           |              |       |                 |
|--|---|-----------|--------------|-------|-----------------|
| S <sub>0</sub><br>mg/L   | Vazão de Projeto = 183,33 m <sup>3</sup> /h | REACTORES | D ELET. (mm) | H (m) | K <sub>GR</sub> |
|  | Quantidade de Reactores R1 = 3              | R1        | 775          | 63    | 0,28            |
|  | Quantidade de Reactores R2 = 0              |           |              |       | T (horas)       |
|  | Quantidade de Reactores R3 = 0              |           |              |       | 0,46            |
| <b>Rendimento Esperado do SISTEMA GRAUNA na faixa de operação = 92,51%</b> |   |           |              |       |                 |

GRAFICO DO RENDIMENTO DO REATOR (em %) EM FUNÇÃO DA DBO DE ENTRADA (mg/L)



| S <sub>0</sub> (mg/L) | S <sub>e</sub> final | % de remoção |
|-----------------------|----------------------|--------------|
| 45                    | 27                   | 79.48%       |
| 57                    | 40                   | 86.34%       |
| 90                    | 54                   | 89.76%       |
| 112                   | 67                   | 91.79%       |
| 150                   | 90                   | 93.66%       |
| 187                   | 112                  | 94.47%       |
| 224                   | 134                  | 94.55%       |
| 261                   | 157                  | 94.21%       |
| 300                   | 180                  | 93.46%       |
| 338                   | 203                  | 92.51%       |
| 361                   | 217                  | 91.53%       |
| 404                   | 243                  | 90.48%       |
| 441                   | 265                  | 89.29%       |
| 478                   | 287                  | 88.03%       |
| 513                   | 308                  | 86.87%       |
| 556                   | 352                  | 84.47%       |
| 650                   | 396                  | 82.19%       |
| 733                   | 440                  | 80.06%       |
| 806                   | 484                  | 78.08%       |
| 850                   | 528                  | 76.25%       |
| 953                   | 572                  | 74.57%       |
| 1026                  | 616                  | 73.02%       |
| 1173                  | 704                  | 70.27%       |
| 1319                  | 792                  | 67.92%       |
| 1466                  | 880                  | 65.89%       |
| 1612                  | 967                  | 64.12%       |
| 1759                  | 1055                 | 62.57%       |
| 2199                  | 1319                 | 58.91%       |
| 2639                  | 1583                 | 56.26%       |
| 3078                  | 1847                 | 54.25%       |

# **ANEXO II**

## **Laudos das Análises Bacteriológicas da ETE do Recreio dos Bandeirantes**



Ministério da Saúde  
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ  
Escola Nacional de Saúde Pública

## ANÁLISE BACTERIOLÓGICA – MÉTODO DA MEMBRANA FILTRANTE

### Contagem Padrão em Placas – UFC/100mL

Procedência: **ETE Recreio dos Bandeirantes** \_\_\_\_\_

Endereço : **Av. Gláucio Gil sem número esquina com o Canal das Taxas**

Tipo de Manancial: ( ) Poço ( ) CEDAE (X) Outro: \_\_\_\_\_

Data da coleta: **15/10/2001** Data do Resultado: **16/10/2001**

Técnico Responsável: \_\_\_\_\_

| Ponto de coleta | Nessler          | Cloror (mg/L) | Série | Nº de Colônias          |                         |                   |
|-----------------|------------------|---------------|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
|                 |                  |               |       | Coliformes Totais/100mL | Coliformes Fecais/100mL | Pseudomonas/100mL |
| Afluente        | 10 <sup>-1</sup> |               |       | >300                    | >300                    |                   |
|                 | 10 <sup>-2</sup> |               |       | >300                    | >300                    |                   |
|                 | 10 <sup>-3</sup> |               |       | 100                     | 80                      |                   |
|                 | 10 <sup>-4</sup> |               |       | 55                      | 9                       |                   |
|                 | 10 <sup>-5</sup> |               |       | 2                       | 1                       |                   |

Observações: Alíquota de 1ml + 9ml H<sub>2</sub>O = 1ml

Procedência: **ETE Recreio dos Bandeirantes** \_\_\_\_\_

Endereço : **Av. Gláucio Gil sem número esquina com o Canal das Taxas**

Tipo de Manancial: ( ) Poço ( ) CEDAE (X) Outro: \_\_\_\_\_

Data da coleta: **15/10/2001** Data do Resultado: **16/10/2001**

Técnico Responsável: \_\_\_\_\_

| Ponto de coleta | Nessler          | Cloror (mg/L) | Série | Nº de Colônias          |                         |                   |
|-----------------|------------------|---------------|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
|                 |                  |               |       | Coliformes Totais/100mL | Coliformes Fecais/100mL | Pseudomonas/100mL |
| Tanque          | 10 <sup>-1</sup> |               |       | >300                    | >300                    |                   |
|                 | 10 <sup>-2</sup> |               |       | 70                      | 55                      |                   |
|                 | 10 <sup>-3</sup> |               |       | 40                      | 8                       |                   |
|                 | 10 <sup>-4</sup> |               |       | 10                      | 0                       |                   |
|                 | 10 <sup>-5</sup> |               |       | 0                       | 0                       |                   |

Observações: Alíquota de 1ml + 9ml H<sub>2</sub>O = 1ml



Ministério da Saúde  
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ  
Escola Nacional de Saúde Pública

## **ANÁLISE BACTERIOLÓGICA – MÉTODO DA MEMBRANA FILTRANTE**

### **Contagem Padrão em Placas – UFC/100mL**

Procedência: **ETE Recreio dos Bandeirantes** \_\_\_\_\_

Endereço : **Av. Gláucio Gil sem número esquina com o Canal das Taxas**

Tipo de Manancial: ( ) Poço ( ) CEDAE (X) Outro: \_\_\_\_\_

Data da coleta: **15/10/2001** Data do Resultado: **16/10/2001**

Técnico Responsável: \_\_\_\_\_

| Ponto de coleta                              | Nessler          | Cloror (mg/L) | Série | Nº de Colônias          |                         |                   |
|--|------------------|---------------|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
|  |                  |               |       | Coliformes Totais/100mL | Coliformes Fecais/100mL | Pseudomonas/100mL |
| Efluente                                     | 10 <sup>-1</sup> |               |       | >300                    | >300                    |                   |
|  | 10 <sup>-2</sup> |               |       | 55                      | 13                      |                   |
|  | 10 <sup>-3</sup> |               |       | 18                      | 0                       |                   |
|  | 10 <sup>-4</sup> |               |       | 1                       | 0                       |                   |
|  | 10 <sup>-5</sup> |               |       | 0                       | 0                       |                   |
| Observações: Aliquota de 1ml + 9ml H2O = 1ml |                  |               |       |                         |                         |                   |

Procedência: **ETE Recreio dos Bandeirantes** \_\_\_\_\_

Endereço : **Av. Gláucio Gil sem número esquina com o Canal das Taxas**

Tipo de Manancial: ( ) Poço ( ) CEDAE (X) Outro: \_\_\_\_\_

Data da coleta: **22/10/2001** Data do Resultado: **23/10/2001**

Técnico Responsável: \_\_\_\_\_

| Ponto de coleta                              | Nessler          | Cloror (mg/L) | Série | Nº de Colônias          |                         |                   |
|--|------------------|---------------|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
|  |                  |               |       | Coliformes Totais/100mL | Coliformes Fecais/100mL | Pseudomonas/100mL |
| Afluente                                     | 10 <sup>-1</sup> |               |       | >300                    | >300                    |                   |
|  | 10 <sup>-2</sup> |               |       | >300                    | >300                    |                   |
|  | 10 <sup>-3</sup> |               |       | >300                    | >300                    |                   |
|  | 10 <sup>-4</sup> |               |       | 35                      | 9                       |                   |
|  | 10 <sup>-5</sup> |               |       | 12                      | 0                       |                   |
| Observações: Aliquota de 1ml + 9ml H2O = 1ml |                  |               |       |                         |                         |                   |



Ministério da Saúde  
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ  
Escola Nacional de Saúde Pública

## **ANÁLISE BACTERIOLÓGICA – MÉTODO DA MEMBRANA FILTRANTE**

### **Contagem Padrão em Placas – UFC/100mL**

**Procedência:** ETE Recreio dos Bandeirantes

**Endereço :** Av. Gláucio Gil sem número esquina com o Canal das Taxas

**Tipo de Manancial:** ( ) Poço ( ) CEDAE (X) Outro: \_\_\_\_\_

**Data da coleta:** 22/10/2001      **Data do Resultado:** 23/10/2001

**Técnico Responsável:** \_\_\_\_\_

| Ponto de coleta                              | Nessler          | Cloror (mg/L) | Série | Nº de Colônias          |                         |                   |
|--|------------------|---------------|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
|  |                  |               |       | Coliformes Totais/100mL | Coliformes Fecais/100mL | Pseudomonas/100mL |
| Tanque                                       | 10 <sup>-1</sup> |               |       | >300                    | >300                    |                   |
|  | 10 <sup>-2</sup> |               |       | >300                    | >300                    |                   |
|  | 10 <sup>-3</sup> |               |       | >300                    | >300                    |                   |
|  | 10 <sup>-4</sup> |               |       | 30                      | 12                      |                   |
|  | 10 <sup>-5</sup> |               |       | 6                       | 0                       |                   |
| Observações: Alíquota de 1ml + 9ml H2O = 1ml |                  |               |       |                         |                         |                   |

**Procedência:** ETE Recreio dos Bandeirantes

**Endereço :** Av. Gláucio Gil sem número esquina com o Canal das Taxas

**Tipo de Manancial:** ( ) Poço ( ) CEDAE (X) Outro: \_\_\_\_\_

**Data da coleta:** 22/10/2001      **Data do Resultado:** 23/10/2001

**Técnico Responsável:** \_\_\_\_\_

| Ponto de coleta                              | Nessler          | Cloror (mg/L) | Série | Nº de Colônias          |                         |                   |
|--|------------------|---------------|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
|  |                  |               |       | Coliformes Totais/100mL | Coliformes Fecais/100mL | Pseudomonas/100mL |
| Efluente                                     | 10 <sup>-1</sup> |               |       | >300                    | >300                    |                   |
|  | 10 <sup>-2</sup> |               |       | >300                    | >300                    |                   |
|  | 10 <sup>-3</sup> |               |       | 25                      | 19                      |                   |
|  | 10 <sup>-4</sup> |               |       | 15                      | 2                       |                   |
|  | 10 <sup>-5</sup> |               |       | 1                       | 0                       |                   |
| Observações: Alíquota de 1ml + 9ml H2O = 1ml |                  |               |       |                         |                         |                   |



Ministério da Saúde  
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ  
Escola Nacional de Saúde Pública

## **ANÁLISE BACTERIOLÓGICA – MÉTODO DA MEMBRANA FILTRANTE**

### **Contagem Padrão em Placas – UFC/100mL**

Procedência: **ETE Recreio dos Bandeirantes** \_\_\_\_\_

Endereço : **Av. Gláucio Gil sem número esquina com o Canal das Taxas**

Tipo de Manancial: ( ) Poço ( ) CEDAE (X) Outro: \_\_\_\_\_

Data da coleta: **29/10/2001** Data do Resultado: **30/10/2001**

Técnico Responsável: \_\_\_\_\_

| Ponto de coleta | Nessler          | Cloror (mg/L) | Série | Nº de Colônias          |                         |                   |
|-----------------|------------------|---------------|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
|                 |                  |               |       | Coliformes Totais/100mL | Coliformes Fecais/100mL | Pseudomonas/100mL |
| Afluenta        | 10 <sup>-3</sup> |               |       | >300                    | >300                    |                   |
|                 | 10 <sup>-4</sup> |               |       | 19                      | 9                       |                   |
|                 | 10 <sup>-5</sup> |               |       | 4                       | 0                       |                   |
|                 | 10 <sup>-6</sup> |               |       | 6                       | 0                       |                   |
|                 |                  |               |       |                         |                         |                   |

Observações: Alíquota de 1ml + 9ml H2O = 1ml

Procedência: **ETE Recreio dos Bandeirantes** \_\_\_\_\_

Endereço : **Av. Gláucio Gil sem número esquina com o Canal das Taxas**

Tipo de Manancial: ( ) Poço ( ) CEDAE (X) Outro: \_\_\_\_\_

Data da coleta: **29/10/2001** Data do Resultado: **30/10/2001**

Técnico Responsável: \_\_\_\_\_

| Ponto de coleta | Nessler          | Cloror (mg/L) | Série | Nº de Colônias          |                         |                   |
|-----------------|------------------|---------------|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
|                 |                  |               |       | Coliformes Totais/100mL | Coliformes Fecais/100mL | Pseudomonas/100mL |
| Tanque          | 10 <sup>-3</sup> |               |       | 34                      | 6                       |                   |
|                 | 10 <sup>-4</sup> |               |       | 13                      | 1                       |                   |
|                 | 10 <sup>-5</sup> |               |       | 3                       | 1                       |                   |
|                 | 10 <sup>-6</sup> |               |       | 1                       | 0                       |                   |
|                 |                  |               |       |                         |                         |                   |

Observações: Alíquota de 1ml + 9ml H2O = 1ml



Ministério da Saúde  
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ  
Escola Nacional de Saúde Pública

## ANÁLISE BACTERIOLÓGICA – MÉTODO DA MEMBRANA FILTRANTE

### Contagem Padrão em Placas – UFC/100mL

Procedência: ETE Recreio dos Bandeirantes

Endereço : Av. Gláucio Gil sem número esquina com o Canal das Taxas

Tipo de Manancial: ( ) Poço ( ) CEDAE (X) Outro: \_\_\_\_\_

Data da coleta: 29/10/2001 Data do Resultado: 30/10/2001

Técnico Responsável: \_\_\_\_\_

| Ponto de coleta                              | Nessler          | Cloror (mg/L) | Série | Nº de Colônias          |                         |                   |
|--|------------------|---------------|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
|  |                  |               |       | Coliformes Totais/100mL | Coliformes Fecais/100mL | Pseudomonas/100mL |
| Efluente                                     | 10 <sup>-2</sup> |               |       | >300                    | 50                      |                   |
|  | 10 <sup>-3</sup> |               |       | 58                      | 3                       |                   |
|  | 10 <sup>-4</sup> |               |       | 7                       | 0                       |                   |
|  | 10 <sup>-5</sup> |               |       | 1                       | 0                       |                   |
| Observações: Aliquota de 1ml + 9ml H2O = 1ml |                  |               |       |                         |                         |                   |

Procedência: ETE Recreio dos Bandeirantes

Endereço : Av. Gláucio Gil sem número esquina com o Canal das Taxas

Tipo de Manancial: ( ) Poço ( ) CEDAE (X) Outro: \_\_\_\_\_

Data da coleta: 05/11/2001 Data do Resultado: 06/11/2001

Técnico Responsável: \_\_\_\_\_

| Ponto de coleta                              | Nessler          | Cloro (mg/L) | Série | Nº de Colônias          |                         |                   |
|--|------------------|--------------|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
|  |                  |              |       | Coliformes Totais/100mL | Coliformes Fecais/100mL | Pseudomonas/100mL |
| Afluente                                     | 10 <sup>-3</sup> |              |       | >300                    | >300                    |                   |
|  | 10 <sup>-4</sup> |              |       | 30                      | 7                       |                   |
|  | 10 <sup>-5</sup> |              |       | 8                       | 3                       |                   |
|  | 10 <sup>-6</sup> |              |       | 0                       | 0                       |                   |
| Observações: Aliquota de 1ml + 9ml H2O = 1ml |                  |              |       |                         |                         |                   |



Ministério da Saúde  
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ  
Escola Nacional de Saúde Pública

## ANÁLISE BACTERIOLÓGICA – MÉTODO DA MEMBRANA FILTRANTE

### Contagem Padrão em Placas – UFC/100mL

Procedência: ETE Recreio dos Bandeirantes

Endereço : Av. Gláucio Gil sem número esquina com o Canal das Taxas

Tipo de Manancial: ( ) Poço ( ) CEDAE (X) Outro: \_\_\_\_\_

Data da coleta: 05/11/2001 Data do Resultado: 06/11/2001

Técnico Responsável: \_\_\_\_\_

| Ponto de coleta                              | Nessler          | Cloror (mg/L) | Série | Nº de colônias          |                         |                   |
|--|------------------|---------------|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
|  |                  |               |       | Coliformes Totais/100mL | Coliformes Fecais/100mL | Pseudomonas/100mL |
| Efluente                                     | 10 <sup>-2</sup> |               |       | 40                      | 3                       |                   |
|  | 10 <sup>-3</sup> |               |       | 10                      | 1                       |                   |
|  | 10 <sup>-4</sup> |               |       | 0                       | 0                       |                   |
|  | 10 <sup>-5</sup> |               |       | 0                       | 0                       |                   |
| Observações: Aliquota de 1ml + 9ml H2O = 1ml |                  |               |       |                         |                         |                   |

Procedência: \_\_\_\_\_

Endereço : \_\_\_\_\_

Tipo de Manancial: ( ) Poço ( ) CEDAE ( ) Outro: \_\_\_\_\_

Data da coleta: \_\_\_\_\_ Data do Resultado: \_\_\_\_\_

Técnico Responsável: \_\_\_\_\_

| Ponto de coleta | Nessler | Cloro (mg/L) | Série | Nº de Colônias          |                         |                   |
|-----------------|---------|--------------|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
|                 |         |              |       | Coliformes Totais/100mL | Coliformes Fecais/100mL | Pseudomonas/100mL |
|                 |         |              |       |                         |                         |                   |
|                 |         |              |       |                         |                         |                   |
|                 |         |              |       |                         |                         |                   |
|                 |         |              |       |                         |                         |                   |
| Observações:    |         |              |       |                         |                         |                   |













## ANÁLISE BACTERIOLÓGICA – MÉTODO DOS TUBOS MÚLTIPLOS

Procedência: ETE Recreio dos Bandeirantes

Endereço : Av. Gláucio Gil sem número esquina com o Canal das Taxas

Tipo de Manancial: ( ) Poço ( ) CEDAE (X) Outro: \_\_\_\_\_

Data da coleta:29/10/2001 Data do Resultado: \_\_\_\_\_

Técnico Responsável: \_\_\_\_\_

| Ponto de Coleta | Série            | Caldo Lactosado |       | Verde Brillante |       | E.C.  | Cl | Nessler | Resultado N.M.P. |                  |              |
|-----------------|------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|-------|----|---------|------------------|------------------|--------------|
|                 |                  | 24h             | 48h   | 24h             | 48h   |       |    |         | Coli.T/<br>100mL | Coli.F/<br>100mL | PS/<br>100mL |
| Efluente        | 10 <sup>-2</sup> | +++++           | +++++ | +++++           | +++++ | +++++ |    |         |                  |                  |              |
|                 | 10 <sup>-3</sup> | +++++           | +++++ | +++++           | +++++ | +++-- |    |         |                  |                  |              |
|                 | 10 <sup>-4</sup> | +++--           | ++++- | +++--           | ++++- | ++++- |    |         |                  |                  |              |
|                 | 10 <sup>-5</sup> | +----           | ++--- | ++---           | ++--- | + -   |    |         |                  |                  |              |
| Observações:    |                  |                 |       |                 |       |       |    |         |                  |                  |              |

Procedência: ETE Recreio dos Bandeirantes

Endereço : Av. Gláucio Gil sem número esquina com o Canal das Taxas

Tipo de Manancial: ( ) Poço ( ) CEDAE (X) Outro: \_\_\_\_\_

Data da coleta:05/11/2001 Data do Resultado: \_\_\_\_\_

Técnico Responsável: \_\_\_\_\_

| Ponto de Coleta | Série            | Caldo Lactosado |       | Verde Brillante |       | E.C.  | Cl | Nessler | Resultado N.M.P. |                  |              |
|-----------------|------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|-------|----|---------|------------------|------------------|--------------|
|                 |                  | 24h             | 48h   | 24h             | 48h   |       |    |         | Coli.T/<br>100mL | Coli.F/<br>100mL | PS/<br>100mL |
| Afluente        | 10 <sup>-3</sup> | +++++           | +++++ | +++++           | +++++ | +++++ |    |         |                  |                  |              |
|                 | 10 <sup>-4</sup> | +++++           | +++++ | +++++           | +++++ | ++--- |    |         |                  |                  |              |
|                 | 10 <sup>-5</sup> | +++-+           | +++-+ | -++-+           | -+-+  | -+-+  |    |         |                  |                  |              |
|                 | 10 <sup>-6</sup> | -----           | ----- | -----           | ----- | ----- |    |         |                  |                  |              |
| Observações:    |                  |                 |       |                 |       |       |    |         |                  |                  |              |

