

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental

**CARACTERIZAÇÃO DO ESGOTO BRUTO DE 5
LOCALIDADES DA GRANDE FLORIANÓPOLIS E SISTEMA
DE TRATAMENTO DOS ESGOTOS DO CONTINENTE :
UMA CONTRIBUIÇÃO PARA MELHORIA DO
DESEMPENHO DAS LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO DE
POTECAS**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Santa Catarina, para obtenção do
título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Fernando Soares Pinto
Sant'Anna

FLORIANÓPOLIS

SANTA CATARINA

OUTUBRO DE 1998

**“SISTEMA CONTINENTAL DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DE
FLORIANÓPOLIS: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A MELHORIA DO
DESEMPENHO DO COMPLEXO DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO DE
POTECAS.”**

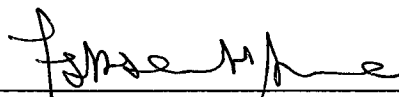
MARTA ELIZABETE SOUZA KRACIK

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA AMBIENTAL

na Área de Tecnologias de Saneamento Ambiental.

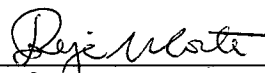
Aprovado por:



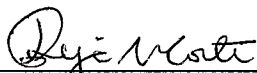
Prof. Dr. Fernando Soares Pinto Sant'Anna.
(Orientador)



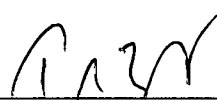
Prof. Dr. Ricardo Franci Gonçalves



Prof^ª. Dr^ª. Rejane Helena Ribeiro da Costa



Prof^ª. Dr^ª. Rejane Helena Ribeiro da Costa
(Coordenadora)



Prof. Dr. Paulo Belli Filho

FLORIANÓPOLIS, SC - BRASIL
OUTUBRO DE 1998

AGRADECIMENTOS

Pelos numerosos apoios e contribuições de toda sorte que recebi ao longo do período em que realizava este trabalho, devo agradecimentos a muitas pessoas e instituições. Em especial desejo expressar minha gratidão:

Ao Prof. Dr. Fernando Soares Pinto Sant'Anna, pela confiança e orientação fornecida.

A banca examinadora pelas valiosas sugestões e orientações.

À CASAN- Companhia Catarinense de Águas e Saneamento, pela oportunidade de realização deste trabalho, destacando especialmente a colaboração dos seguintes colegas:

- Eng^o Licínio de Souza Júnior e toda a equipe da Divisão de Custos, pelo apoio e compreensão;
- À Bioquímica Maria Aparecida da Silva e sua equipe de laboratório, pelo eficiente trabalho de coleta e análise de dados;
- À Bióloga Leda Freitas Ribeiro, chefe da Divisão de Desenvolvimento de Esgotos Sanitários, pelos dados e bibliografias fornecidos, pelos conhecimentos transmitidos e pelo incentivo constante;
- Ao Eng^o Jair Sartorato, pela companhia nas visitas à estação de tratamento de Potecas, pelos dados fornecidos, por sua orientação técnica e pelo repasse de conhecimentos;
- Ao Eng^o Roberto Fasanaro, pelo apoio e orientação;
- Ao Eng^o Naévio Amin, pelo auxílio no uso do Software de estimativas de vazão de corpos d'água e na elaboração de gráficos;
- Aos Eng^{os} Grover Pardo Alvarado e Nelson Colossi, pelas bibliografias e informações fornecidas;
- Às bibliotecárias Maria Teresa Luz e Rosângela Rosa Alves, pela atenção e pronto atendimento;
- À Divisão de Apoio, através do topógrafo Lourivaldo Pereira, pela localização e empréstimo do material de consulta utilizado.

À FATMA- Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina, pela liberação para assistir as cadeiras do curso, e em especial às colegas Rosimeri Bona e Luzia Scarduelli pelo incentivo e apoio.

À Universidade Federal de Santa Catarina, pelo curso de pós-graduação em Engenharia Ambiental.

Aos professores do curso, funcionários e colegas da Pós-graduação em Engenharia Ambiental da UFSC, pela oportunidade de conhecê-los e pelos conhecimentos transmitidos.

À professora Sílvia Modesto Nasser, do Departamento de Estatística da UFSC, por ter cedido gentilmente uma cópia do programa "STATISTICA"- versão 5.0 de 1995, da STATSOFT.

Ao Sr. Clóvis Correa, do CLIMERH- Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos de S.C., pela prestatividade no fornecimento dos dados climatológicos solicitados.

Ao Arquiteto Paulo, da Prefeitura Municipal de São José, por ter fornecido a planta cadastral da área em estudo e à sua equipe pelas informações repassadas.

À Janaína Almeida Souto e Carlos Roberto Correa Filho, graduandos do Curso de Engenharia Sanitária da UFSC, pelo auxílio na aplicação dos questionários, e em especial à Janaína pela valiosa colaboração na elaboração de vários gráficos.

À todos os que não foram citados, mas que anonimamente sabem que também são merecedores de meus agradecimentos, a estes a minha sincera gratidão.

De forma muito especial a José Luiz, Aline, Gianne e Marina, pelo carinho, apoio, compreensão e paciência, durante todo o curso e principalmente em sua parte final e nas muitas horas de aflição e desespero.

E a Deus, por tudo.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
RELAÇÃO DE FIGURAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	001
2. PEQUENO HISTÓRICO DA EVOLUÇÃO DOS SERVIÇOS DE ESGOTOS SANITÁRIOS EM SANTA CATARINA E A ATUAÇÃO DA CASAN.....	003
3. OBJETIVOS.....	008
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	010
4.1. TRATAMENTO DE ESGOTOS ATRAVÉS DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO.....	010
4.1.1. Aspectos Biológicos do Processo.....	010
4.1.2. A Influência das Condições Ambientais.....	015
4.1.3. A Influência do Regime Hidráulico e a Remoção da DBO.....	017
4.2. TIPOS DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO.....	023
4.2.1. Lagoas anaeróbias.....	027
4.2.2. Lagoas Facultativas.....	032
4.2.3. Lagoas de Maturação/Polimento.....	038
4.2.4. Lagoas Aeradas.....	039
4.3. IMPACTOS AMBIENTAIS.....	040
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	042

5.1. DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS TÍPICOS DO ESGOTO SANITÁRIO BRUTO NO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS.....	042
5.2. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS POR LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO- POTECAS.....	045
5.2.1. Caracterização do Sistema de Tratamento.....	045
5.2.2. Avaliação do Desempenho do Complexo de Lagoas.....	045
5.2.3. Diagnóstico dos Principais Problemas que estão Interferindo no Bom Funcionamento do Sistema de Tratamento.....	047
5.2.4. Levantamento dos Principais Impactos Ambientais Apontados pela Comunidade Circunvizinha ao Complexo de Lagoas – Potecas.....	047
5.2.5. Avaliação dos Impactos Ambientais Causados pelo Funcionamento da Estação de Tratamento – Potecas.....	048
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	050
6.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESGOTO BRUTO NA REGIÃO DA GRANDE FLORIANÓPOLIS.....	050
6.1.1 Características da Lagoa da Conceição.....	050
6.1.2. Características de Canasvieiras.....	054
6.1.3. Características da área atendida pela ETE Insular	057
6.1.4. Características do Morro da Caixa.....	062
6.1.5. Características do Sistema Continental – Potecas	065
6.2. SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS POR LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO – POTECAS	069
6.2.1. Caracterização do Sistema	069
6.2.2. Características Climatológicas da Região	073
6.2.3. Caracterização do Corpo Receptor.....	074
6.2.4. Dados de Projeto.....	075

6.2.5. Avaliação do Desempenho do Complexo de lagoas.....	078
6.2.6. Levantamento dos Principais Problemas do Complexo de Lagoas de Potecas Apontados pelo Setor de Operações da CASAN.....	102
6.2.7. Levantamento dos Principais Impactos Ambientais Apontados pela Comunidade Circunvizinha ao Complexo de Lagoas	103
6.2.8. Avaliação Preliminar dos Impactos Ambientais gerados pelo funcionamento da ETE.....	108
6.2.9. Previsão do desempenho da ETE com o incremento das Vazões dos Bairros Campinas e Kobrasol (em 2.002).....	110
6.2.10 Sugestão de Medidas Possíveis de serem tomadas visando a Melhoria do Desempenho do Sistema e/ou redução dos Impactos Ambientais levantados.....	111
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	115
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	118
9. ANEXOS	122

LISTA DE TABELAS

TABELA	1 - Evolução da População Urbana com serviços de Esgotos da CASAN.....	004
TABELA	2 - Projetos contratados e Recursos para sua implantação.....	005
TABELA	3 - Classificação geral dos organismos baseada nas fontes de energia e carbono.....	011
TABELA	4 - Influência dos principais fatores ambientais externos.....	015
TABELA	5 - Descrição sucinta dos principais sistemas de lagoas estabilização.....	025
TABELA	6 - Faixas admissíveis para projeto de Lagoas anaeróbias (PNB- Lagoas Estabilização -1991).....	030
TABELA	7 - Relação entre a temperatura e a taxa de aplicação superficial.....	035
TABELA	8 - Sistemas selecionados e período de estudo.....	042
TABELA	9 - Características do esgoto doméstico bruto da Lagoa da Conceição.....	052
TABELA	10- Vazões e etapas previstas no projeto.....	055
TABELA	11- Características do Esgoto Doméstico bruto de Canasvieras.....	055
TABELA	12- Características do esgoto doméstico bruto da área insular de Florianópolis.....	061
TABELA	13- Característica do esgoto doméstico bruto do Morro da Caixa.....	063
TABELA	14- Características do esgoto bruto doméstico da área continental de Florianópolis.....	065
TABELA	15- Características dimensionais da E.T.E.- Lagoas de estabilização de Potecas.....	069

TABELA	16-	Tempos de detenção e carga aplicada- Lagoas de Estabilização – Potecas.....	073
TABELA	17	Características climatológicas da Região de Potecas- São José.....	074
TABELA	18-	Características dos esgotos para o projeto da E.T.E. – Florianópolis	076
TABELA	19-	Populações e vazões de Projeto da Área Continental – Florianópolis.....	077
TABELA	20-	Populações previstas pelo projeto da OESA para o ano 2000.....	077
TABELA	21-	População a ser atendida até o ano 2000 pela E.T.E. – Potecas.....	078
TABELA	22-	Dados de dimensionamento da ETE – Potecas.....	078
TABELA	23-	Tratamento Estatístico dos Parâmetros Monitorados (96/97)- Lagoa Anaeróbia.....	079
TABELA	24-	Tratamento Estatístico dos Parâmetros Monitorados (96/97) - Lagoa Facultativa 1.....	079
TABELA	25-	Tratamento Estatístico dos Parâmetros Monitorados (96/97)- Lagoa Facultativa 2.	080
TABELA	26-	Tratamento Estatístico dos Parâmetros Monitorados (96/97)- Lagoa Facultativa 3	080
TABELA	27-	Tratamento Estatístico dos Parâmetros Monitorados (96/97)- Rio Forquilha.....	081
TABELA	28-	Dados do Sistema Potecas e Legislação Ambiental.....	100
TABELA	29-	Coliformes totais e fecais no efluente da ETE e no corpo receptor.....	101
TABELA	30-	Matriz Simplificada para Avaliação preliminar dos Impactos causados pelo funcionamento da ETE-Potecas...	109
TABELA	31-	Previsão do desempenho das Lagoas em 2.002.....	110

RELAÇÃO DE FIGURAS

Figura 1.-	Mapa de situação.....	044
Figura 2.-	Lay-out das lagoas –Potecas.....	046
Figura 3.-	Faixas de aplicação dos questionários.....	049
Figura 4.-	S.E.S. da Lagoa da Conceição.....	051
Figura 5.-	S.E.S. de Canasvieiras.....	056
Figura 6.-	S.E.S. Insular – Área Atendida.....	059
Figura 7.-	S.E.S. Insular – Lay-out do Sistema.....	060
Figura 8.-	Localização do Morro da Caixa.....	064
Figura 9.-	S.E.S. do Continente.....	071
Figura 10.-	Vista aérea do Complexo de lagoas de estabilização de Potecas.....	072
Figura 11.-	Temperaturas e pH do esgoto bruto- Potecas.....	082
Figura 12.-	Temperaturas e pH da lagoa anaeróbia- Potecas.....	082
Figura 13.-	Temperaturas e pH da lagoa facultativa 1- Potecas.....	082
Figura 14.-	Temperaturas e pH da lagoa facultativa 2- Potecas.....	083
Figura 15.-	Temperaturas e pH da lagoa facultativa 3- Potecas.....	083
Figura 16.-	Temperaturas e pH do Rio Forquilha.....	083
Figura 17.-	Alcalinidade total e cloretos no esgoto bruto – Potecas.....	085
Figura 18.-	Alcalinidade total e cloretos na lagoa anaeróbia- Potecas.....	085
Figura 19.-	Alcalinidade total e cloretos na lagoa facultativa 1- Potecas.....	085
Figura 20.-	Alcalinidade total e cloretos na lagoa facultativa 2- Potecas.....	086
Figura 21.-	Alcalinidade total e cloretos na lagoa facultativa 3- Potecas.....	086

Figura 22.- Alcalinidade total e cloretos no Rio Forquilha - Potecas.....	086
Figura 23.- Variação da DQO e DBO no esgoto bruto-Potecas.....	088
Figura 24.- Variação da DQO e DBO na lagoa anaeróbia – Potecas.....	088
Figura 25.- Variação da DQO e DBO na lagoa facultativa 1- Potecas.....	088
Figura 26.- Variação da DQO e DBO na lagoa facultativa 2- Potecas.....	089
Figura 27.- Variação da DQO e DBO na lagoa facultativa 3- Potecas.....	089
Figura 28.- Variação da DQO e DBO no Rio Forquilha.....	089
Figura 29.- Variação da DQO no EB, LA, F1, F2,F3 e no Rio.....	090
Figura 30.- Variação da DBO no EB, LA, F1, F2,F3 e no Rio.....	090
Figura 31.- Eficiência da ETE de Potecas na remoção da DBO.....	092
Figura 32.- Variação do OD na LA,F1,F2,F3 e no Rio.....	093
Figura 33.- Variação dos sólidos no esgoto bruto –Potecas.....	095
Figura 34.- Variação dos sólidos na lagoa anaeróbia –Potecas.....	095
Figura 35.- Variação dos sólidos na lagoa facultativa 1- Potecas.....	095
Figura 36.- Variação dos sólidos na lagoa facultativa 2- Potecas.....	096
Figura 37.- Variação dos sólidos na lagoa facultativa 3- Potecas.....	096
Figura 38.- Variação dos sólidos no corpo receptor- Rio Forquilha.....	096
Figura 39.- Variação dos coliformes totais e fecais no esgoto bruto- Potecas.....	098
Figura 40.- Variação dos coliformes na lagoa anaeróbia -Potecas.....	098
Figura 41.- Variação dos coliformes na lagoa facultativa 1.....	098
Figura 42.- Variação dos coliformes na lagoa facultativa 2	099
Figura 43.- Variação dos coliformes na lagoa facultativa 3.....	099
Figura 44.- Variação dos coliformes no Rio Forquilha.....	099

Figura 45.- Percentual de entrevistados e tempo de residência no local..	104
Figura 46.- Principais incômodos ambientais no local.....	105
Figura 47.- Intensidade e frequência do mau cheiro.....	106
Figura 48.- N° de entrevistados e tratamento dos esgotos.....	107
Figura 49.- Necessidade de tratar os esgotos e o por quê.....	107

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento

CEF- Caixa Econômica Federal

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (SP)

Coli total – coliformes totais

Coli fecal – coliformes fecais

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente (BR)

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

ETE – Estação de Tratamento de Esgotos

OD – oxigênio dissolvido

PNB – Projeto de Norma Brasileira

Q – Vazão

SES – Sistema de esgotos sanitários

SD – sólidos dissolvidos totais

SS – sólidos em suspensão totais

S.Sed. – sólidos sedimentáveis totais

ST – sólidos totais

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO

A utilização da água nas diversas atividades humanas implica necessariamente na geração de esgotos, que nem sempre recebem um destino ambiental adequado. Este estudo teve como um dos objetivos a determinação de parâmetros característicos do esgoto sanitário bruto que aflui à cinco estações de tratamento de esgotos localizadas no município de Florianópolis, no estado de Santa Catarina, na região sul do Brasil, obtendo-se os valores médios de diversos parâmetros.

O tratamento estatístico dos dados do esgoto bruto que aflui às estações estudadas resultou nos seguintes valores médios:

- **Lagoa da Conceição:** pH 6,5 , cloretos 60,56 mg/l, DQO 446 mg/l, DBO 191 mg/l, sólidos totais 476 mg/l, coli totais $2,6 \times 10^{12}$ e fecais $2,2 \times 10^{11}$ NMP/ml;
- **Canasvieiras:** pH 6,4 , cloretos 107,35 mg/l, DQO 237 mg/l, DBO 81 mg/l, sólidos totais 512 mg/l, coli totais $1,7 \times 10^{11}$ e fecais $3,6 \times 10^{10}$ NMP/ml;
- **Insular:** pH 6,7 , cloretos 131,79 mg/l, DQO 238 mg/l, DBO 176 mg/l, sólidos totais 77 mg/l, coli totais $7,1 \times 10^9$ e fecais $2,0 \times 10^9$ NMP/ml;
- **Morro da Caixa:** pH 7,2 , cloretos 63,50 mg/l, DQO 1083 mg/l, DBO 508 mg/l, sólidos totais 941 mg/l, coli totais $1,0 \times 10^{14}$ e fecais $3,0 \times 10^{12}$ NMP/ml;
- **Continente:** pH 6,7 , cloretos 379,11 mg/l, DQO 408 mg/l, DBO 174 mg/l, sólidos totais 1238 mg/l, coli totais $1,0 \times 10^{12}$ e fecais $3,5 \times 10^{11}$ NMP/ml.

O tratamento dos esgotos da área continental do município de Florianópolis é efetuado através de um sistema de lagoas de estabilização, constituído por uma lagoa anaeróbia seguida por três lagoas facultativas em série, localizadas no município vizinho de São José. Sobre este sistema foi feito um estudo em que se procedeu a análise dos dados do monitoramento rotineiro do sistema, no período de dois anos (96/97), se avaliou o desempenho da ETE, se fez um levantamento dos principais problemas operacionais e se apresentou algumas sugestões de melhorias.

Concluiu-se que o sistema vem apresentando um bom desempenho, com eficiências médias de 88% na remoção de carga orgânica (DBO₅) e de 99,9999% na remoção de coliformes (totais e fecais), além de atender a maioria dos padrões de emissão de efluentes previstos na legislação com relação aos parâmetros monitorados. Porém o trabalho evidenciou também alguns problemas, tais como a emissão de maus odores na lagoa anaeróbia, a qual vem trabalhando com uma taxa de aplicação volumétrica muito baixa e altos tempos de detenção, e a proliferação de mosquitos nos meses de verão. Foram determinadas algumas causas destes problemas e sugeridas medidas possíveis de serem adotadas para tentar solucioná-los, além de se fazer algumas recomendações quanto aos pontos de coleta no corpo receptor e parâmetros a serem monitorados. Fez-se também a previsão do desempenho do sistema com o aumento de vazão devido a implantação das redes coletoras dos Bairros Campinas e Kobrasol.

ABSTRACT

The use of water in several human activities, and the consequent run off of that water, particularly in relation to sewer systems, causes one to question the environmental impact of that water upon its destination. The objective of the following study was to determine the characteristic parameters of the gross sanitary sewer wick flows through five sewer treatment plants located in the municipal district of Florianópolis, in the southern Brazilian state of Santa Catarina, and what was obtained was the average value of several parameters.

The statistical treatment of the data regarding the gross sanitary sewer flow gave the following results:

- **Lagoa da Conceição:** pH 6,5 , chlorides 60,56 mg/l, COD 446 mg/l, BOD 191 mg/l, total solids 476 mg/l, total coliform $2,6 \times 10^{12}$ and fecal $2,2 \times 10^{11}$ MPN/ml;
- **Canasvieiras:** pH 6,4 , chlorides 107,35 mg/l, COD 237 mg/l, BOD 81 mg/l, total solids 512 mg/l, total coliform $1,7 \times 10^{11}$ and fecal $3,6 \times 10^{10}$ MPN/ml;
- **Insular:** pH 6,7 , chlorides 131,79 mg/l, COD 238 mg/l, BOD 176 mg/l, total solids 77 mg/l, total coliform $7,1 \times 10^9$ and fecal $2,0 \times 10^9$ MPN/ml;
- **Morro da Caixa:** pH 7,2 , chlorides 63,50 mg/l, COD 1083 mg/l, BOD 508 mg/l, total solids 941 mg/l, total coliform $1,0 \times 10^{14}$ and fecal $3,0 \times 10^{12}$ MPN/ml;
- **Continente:** pH 6,7 , chlorides 379,11 mg/l, COD 408 mg/l, BOD 174 mg/l, total solids 1238 mg/l, total coliform $1,0 \times 10^{12}$ and fecal $3,5 \times 10^{11}$ MPN/ml.

The sewer treatment system on the mainland area of the municipal district of Florianópolis operates by means of ponds of stabilization, comprised of an anerobic pond, proceeded by a series of three facultatives ponds, wick are located in the neighboring municipal district of São José. A study was made on this system through na analysis the data gathered through a routine monitoring of the system during the two year period, 1996/97. The consequent evaluation exposed some fundamental operational problems, in relation to wick were made some suggestions for improvement.

It was concluded that the sewage treatment system performs well, with medium efficiencies of 88% in the removal of organic load (BOD_5) and with 99,9999% in the removal of coliforms (total and fecal), as well as meeting most of the patterns of emission foreseen in the legislation with relation to the monitored parameters. Even so, the study also revealed some problems, such as the emission of bad scents in the anaerobic pond, which operates with a very low volumétrica rate of application, and some high moments of detention. Another problem wick was discovered was the proliferation of mosquitos in the summer months. There were certain causes of these problems, and certain measures were suggested which could solve them; as well, recommendations were made regarding the collection points of the receiving body and parameters to be monitored. Also, a forecast was made of the sewage system in relation to a flow increase due to the addition of two new neighborhoods, Campinas and Kobrasol.

1 – INTRODUÇÃO

A CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento possui implantados e operando, só na área sob supervisão da Regional de Florianópolis, seis sistemas de tratamento dos esgotos sanitários coletados, dos quais são rotineiramente feitas análises para o controle operacional das estações de tratamento. Porém até a presente data não foi elaborado nenhum estudo sobre a composição desses despejos, de forma que os projetistas da Divisão de Esgotos da CASAN e das empresas contratadas, continuam utilizando dados de bibliografia, já consagrados, porém baseados em pesquisas efetuadas normalmente em outros países ou outras regiões do Brasil.

De forma bem abrangente, pode-se dizer que o projeto do sistema de tratamento dos esgotos de Florianópolis prevê um sistema para atender especificamente a área insular do município e um outro sistema para atender a área continental, com a inclusão de parte da cidade de São José, em função das peculiaridades locais de crescimento conjunto entre os dois municípios.

No que se refere ao Sistema Insular, a CASAN implantou no aterro da Baía Sul, na ilha, a Estação de Tratamento de Esgotos do tipo lodos ativados, para atender até 225.000 habitantes, a qual está em fase de início de operação.

Já com referência ao Sistema Continental, o projeto global prevê que todo o esgoto da área continental seja coletado e transportado até a Estação de Tratamento por lagoas de estabilização, localizada em Potecas, no município de São José, a qual encontra-se operando desde 20/09/94.

Na época da elaboração do projeto do Sistema de Esgotos Sanitários do Continente (1976), a área de São José selecionada era a imediatamente adjacente à Florianópolis e constituía um prolongamento da expansão urbana de Florianópolis em direção norte, oeste e noroeste, ou seja, a área do trevo de Barreiros e adjacências.

Porém, o município de São José apresentou uma das maiores taxas de crescimento do estado de Santa Catarina na década de 80/91, com mudanças bastante notáveis, como o desenvolvimento do Bairro KOBROSOL (acrônimo dos nomes dos incorporadores: KOERICH, BRASILPINHO e CASSOL), com nítida tendência a verticalização e ao conseqüente adensamento populacional.

Estas modificações no crescimento obrigaram a CASAN, a ampliar a cobertura do planejamento inicial, tendo sido elaborado o projeto das redes coletoras das sub-bacias que abrangem os bairros de Campinas e Kobrosol, cujas obras já foram licitadas e estão sendo executadas, com prazo de conclusão previsto para maio/99.

Estas áreas que estão em obras, deverão gradualmente integrar-se ao sistema de tratamento existente, o qual já atende praticamente toda a área continental de Florianópolis e parte de São José, com rede coletora implantada e operando nos seguintes bairros: Bom Abrigo, Itaguaçu, Coqueiros, Saco da Lama, Estreito, Canto, Balneário, Capoeiras, Jardim Atlântico, Barreiros, Bela Vista I e II.

Portanto o complexo de Lagoas de Estabilização da CASAN, situado próximo ao Rio Forquilhas em Potecas, no município de São José, adquire cada vez maior importância, pois deverá ser o responsável pelo tratamento dos esgotos de toda região continental de Florianópolis e de grande parte do município de São José, até a saturação populacional dessas áreas.

É neste contexto que se insere o presente trabalho, no qual se pretende fazer uma avaliação do desempenho da estação de tratamento dos esgotos da área continental de Florianópolis, e a caracterização de alguns parâmetros do esgoto bruto especificamente para a região da Grande Florianópolis.

Com este trabalho se almeja contribuir para uma melhor caracterização do esgoto gerado na região, para ampliar o conhecimento de todos os interessados sobre o SES de Potecas, e para o enriquecimento das pesquisas sobre lagoas de estabilização em operação na região sul do Brasil .

2. -PEQUENO HISTÓRICO DA EVOLUÇÃO DOS SERVIÇOS DE ESGOTOS SANITÁRIOS EM SANTA CATARINA E A ATUAÇÃO DA CASAN

Os serviços de abastecimento de água e esgotos sanitários, em Santa Catarina, foram implantados inicialmente na capital, Florianópolis, pelo Governo do Estado, em 1910.

Alguns municípios do Estado começaram, a partir de 1949, a implantar seus serviços de água e/ou esgoto, através do DNOS- Departamento Nacional de Obras e Saneamento, órgão do Governo Federal, e pelo DOP- Departamento de Obras Públicas do Estado.

Na década de 60, outros municípios recebem os benefícios destes serviços, os quais foram implantados através do DAES- Departamento Autônomo de Engenharia Sanitária, criado na época pelo Governo do Estado com esta finalidade e pela Fundação Serviços de Saúde Pública, órgão do Ministério da Saúde, sendo a maioria dos sistemas implantados de abastecimento de água.

Em 1970, começaram a surgir as companhias estaduais de saneamento, quando o Governo Federal, através do BNH (Banco Nacional de Habitação), implantou o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), com metas de alcançar até 1980, 80% da população urbana brasileira com água de boa qualidade, e 50% com serviços de esgotos sanitários.

A Companhia Catarinense de Águas e Saneamento- CASAN, foi criada pela lei estadual nº 4.547, de 31 de dezembro de 1970, e constituída em Assembléia Geral à 02 de julho de 1971.

A CASAN é uma empresa de economia mista, tendo sido criada com a finalidade de ser o agente promotor do saneamento básico do Estado de Santa Catarina, e também com a incumbência de ser a sucedânea do DAES, uma autarquia do Estado criada em 1962.

Abastecimento de Água.

Na ocasião de sua constituição, quando absorveu as atribuições do DAES, a CASAN assumiu 17 sedes municipais (8,6% de todo o Estado) com sistemas de água, atingindo uma população de 262.600 habitantes, que representavam 24,9% da população urbana. Atualmente, atua e explora sistemas de água em 214 municípios. Sua atuação cresceu para 73,4% dos municípios catarinenses, atingindo uma população de 2.705.050 habitantes, equivalente a 88,5% da população urbana dos municípios dos quais detêm a concessão de exploração deste serviço.

Levando em conta as duas etapas de metas do PLANASA:

- 1ª etapa (1971-1980) : cobertura de 80% da população urbana;
- 2ª etapa (1981-1990) : cobertura de 90% da população urbana;

pode-se dizer que a CASAN teve um desempenho considerado satisfatório na administração dos serviços de abastecimento de água, pois em 1980 sua cobertura era de 63,2%, em 1990 de 78,9% e sete anos mais tarde (1997), aproxima-se da meta, atingindo uma cobertura de 88,5%.

Esgotos Sanitários

Em 1971, quando foi constituída, apenas três das dezessete sedes municipais absorvidas pela CASAN, dispunham de sistema de esgotos sanitários, beneficiando com o serviço uma população urbana de apenas 30.600 habitantes.

Atualmente, esta situação mudou muito pouco, passando para oito sedes municipais atendidas com serviços de esgoto e mais um distrito e uma vila no município de Florianópolis. Em 1997 a população urbana atendida chegou aos 219.471 habitantes.

A Tabela 1 mostra a evolução dos serviços de esgotos sanitários prestados pela CASAN, nos 26 anos de sua existência.

Tabela 1 - Evolução da População Urbana com Serviços de Esgotos da CASAN

Ano	População Urbana dos Municípios Conveniados	População Urbana Servida	Nível de Cobertura (%)
1971	1.051.598	30.600	2,91
1972	1.094.821	31.700	2,90
1973	1.143.353	33.300	2,91
1974	1.197.989	36.900	3,08
1975	1.250.128	37.100	2,97
1976	1.307.356	37.300	2,85
1977	1.361.21	42.900	3,15
1978	1.429.983	43.100	3,01
1979	1.495.931	47.800	3,20
1980	1.563.449	50.100	3,21
1981	1.633.384	59.300	3,63
1982	1.707.703	68.600	4,02
1983	1.786.620	77.900	4,36
1984	1.865.890	87.200	4,67
1985	1.951.340	96.500	4,95
1986	2.041.238	105.800	5,18
1987	2.133.636	115.100	5,39
1988	2.229.140	124.400	5,58
1989	2.332.229	133.300	5,72
1990	2.438.150	143.100	5,87
1991	2.548.010	162.200	6,37
1992	2.633.332	165.800	6,30
1993	2.724.528	176.300	6,47
1994	2.821.010	184.097	6,53
1995	2.919.156	201.588	6,90
1996	3.031.773	216.408	7,14
1997	3.058.014	219.471	7,18

Fonte: CASAN

Tendo como referência as metas do PLANASA, que enquanto existiu propunha servir 50% da população urbana, constata-se que os resultados alcançados pela CASAN, até 1997, não foram satisfatórios.

Com o propósito de melhorar a situação dos serviços sanitários o Governo do Estado decidiu, através da CASAN, investir maciçamente no setor, buscando financiamentos na Caixa Econômica e no Banco Mundial.

Com esta finalidade, a CASAN vem contratando uma série de projetos para atender a população urbana das sedes municipais relacionadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Projetos contratados e Recursos para sua implantação

Município	Financiamento/Recursos		Habitantes
	Programa (Ano(s) da Solicitação)	Assin.contrato	
- Balneario Camboriú	Pro-saneamento 95 / 98	Jul-96 / C.C.	15.111
- Barra Velha	Pro-saneamento 98	C.C.	10.418
- Caçador	Pro-saneamento 98	C.C.	53.750
- Camboriú	Pro-saneamento 97 / 98	(*)98 / C.C.	30.752
- Chapecó	Pro-saneamento 96 / 97	Dez-96 / (*)98	122.201
- Concórdia	Pro-saneamento 98	C.C.	47.833
- Criciúma	Pro-saneamento 97 / 98	(*)98 / C.C.	153.690
- Florianópolis:			
♦Cachoeira do Bom Jesus/ Ponta das Canas	Pro-saneamento 97	Fev-98	12.590
♦Bacia F	Pro-saneamento 97 / 98	Fev-98 / C.C.	29.903
♦Barra da Lagoa	Pro-saneamento 97	Fev-98	4.659
♦Ingleses	Pro-saneamento 96	Fev-97	6.088
♦Jurerê/Daniela	Pro-saneamento 96	Fev/97	18.600
- Itajaí	Pro-saneamento 97 / 98	(*)98 / C.C.	135.849
- Itapema	Pro-saneamento 97 / 98	(*)98 / C.C.	16.766
- Joinville (3ª etapa)	Pro-saneamento 97 / 98	(*)98 / C.C.	372.521
- Lages	-Pro-saneamento 95/97/ 98 -P.A.S.S. 96	-Jul96 / (*)98 / C.C. -96	85.000
- São José (Kobrasol)	Pro-saneamento 96	Dez-96	48.348
- Tubarão/Capivari	Pro-saneamento 98	C.C.	94.534
- Videira	Pro-saneamento 98	C.C.	32.071
- Xanxerê	Pro-saneamento 98	C.C.	33.824
- Penha	Pro-saneamento 98	C.C.	11.858
- Piçarras	Pro-saneamento 98	C.C.	6.506
Total:			1.342.872

OBS.: - (*)98 = Projeto selecionado, em tramitação na CEF, devendo ser assinado o contrato em 1998.

- C.C. = Carta Consulta encaminhada à instância colegiada da CEF, para deliberação sobre a possibilidade de liberação do financiamento para o projeto.
- Quando existe mais de uma data de solicitação do financiamento, significa que o projeto está sendo financiado em etapas.
- P.A.S.S.= Programa de Ação Social em Saneamento.

Destes projetos a CASAN já está executando as obras dos sistemas de Balneário Camboriú (4ª Etapa), Lages, Florianópolis-Bacia F, Florianópolis-Ingleses, Florianópolis-Jurerê/Daniela e São José/Kobrasol, cujos contratos de financiamento com a CEF, através do Programa Pro-Saneamento foram assinados em 1996 ou 1997, sendo que parte do sistema de Lages está sendo financiado também pelo P.A.S.S.- Programa de Ação Social em Saneamento do Ministério do Planejamento e Orçamento.

O contrato para financiamento da 1ª Etapa do SES de Chapecó, também através do Pro-Saneamento, foi assinado em 1996 e a contratação das obras está em fase de licitação. Estão também em processo de licitação as obras dos sistemas de esgotos de Florianópolis-Cachoeira do Bom Jesus/Ponta das Canas e Florianópolis/ Barra da Lagoa, cujas obras devem ser iniciadas ainda este ano.

Na Tabela 2 são apresentados os municípios cujos pedidos de financiamento, para implantação das obras de esgotamento sanitário, foram assinados, ou já estão selecionados, faltando apenas a assinatura do contrato, bem como aqueles para os quais a CASAN encaminhou carta consulta à CEF, solicitando inclusão dos mesmos no programa Pro-Saneamento, dotação 1998.

As obras dos sistemas já iniciadas devem estar concluídas até o ano 2.000, quando a CASAN deverá estar atendendo em torno de 13,82% da população urbana dos municípios conveniados com serviços de esgotos sanitários.

Os demais projetos após a aprovação dos financiamentos, devem ter concluídos os seus projetos executivos, para que possam então ser licitados e após a assinatura do contrato de execução das obras com a empresa vencedora da licitação, se dá a ordem de serviço que autoriza o início das obras. Estas obras tem um cronograma de execução médio de dois anos, portanto em 2.002 ou 2.003 aproximadamente, a CASAN deverá estar atendendo 51,09% da população urbana dos municípios conveniados com serviços de esgotos sanitários, cumprindo finalmente a meta do PLANASA.

Tendências de Atuação da CASAN no Futuro Próximo

Nos últimos anos os Governos Federal e Estadual pouco investiram no saneamento. O primeiro, após a extinção do PLANASA, além de não criar novos programas para o setor, seus recursos do FGTS tem sido insuficientes para atender todo o território brasileiro. O segundo, como todo Estado, tem como recurso principal a arrecadação de impostos que mal tem dado para cobrir a folha de pagamento dos servidores públicos.

O FAE – Fundo de Água e Esgoto, criado pelo Governo Estadual, não tem acumulado recursos financeiros para repassar às obras da CASAN.

A estrutura de investimentos da CASAN, conforme foi criada, baseava-se na seguinte fórmula: 50% ela buscava empréstimo junto ao BNH, depois Caixa Econômica Federal, 25% obtinha como contrapartida do município conveniado, através de desapropriações de áreas de interesse das obras e mais serviços de reposição de pavimentos e outros, e 25% do FAE, compromisso social do Governo do Estado.

Atualmente, com a crise financeira que os Governos Municipais e Estadual atravessam, a CASAN buscou nova fórmula, obtendo dos agentes financeiros maior soma de recursos para as obras e diminuindo sua contrapartida, a qual, embora com dificuldades tem vindo de sua própria arrecadação.

Entretanto, como sua receita está comprometida em boa parte com a despesa de operação dos serviços de água e esgoto e de pessoal, dificilmente a CASAN terá condições de cumprir fielmente as metas traçadas.

Os contratos mais antigos de concessão que a CASAN detêm, e os mais superavitários, têm validade até a primeira década do ano 2000. Não havendo renovação destes contratos, fatalmente ela não poderá arcar com as despesas de outros sistemas deficitários, principalmente nas áreas de baixa renda, compromissos sociais do Governo Estadual.

Fica, portanto, bastante claro que com os recursos financeiros ora disponíveis a CASAN terá dificuldades imensas para colocar o Estado de Santa Catarina no patamar desejado. Há que se pensar em soluções alternativas, onde a participação conjunta dos governos federal, estadual e municipal são imprescindíveis, aliada a adoção de soluções de baixo custo, principalmente na parte relativa ao tratamento dos esgotos. A parceria com a iniciativa privada também é uma solução, desde que feita em bases que atendam aos interesses da sociedade e do bem público. No caso de áreas balneárias, existe a possibilidade concreta da comunidade participar nos investimentos necessários, visto as experiências positivas já existentes, como por exemplo a do Distrito de Canasvieiras em Santa Catarina e de outras localidades em outros estados.

Existe também a possibilidade de que a CASAN venha a ser privatizada. No atual governo a empresa teve seu capital aberto, e o estado tentou vender 49% de suas ações nominais (sem direito a voto), o que ainda manteria a CASAN como uma empresa pública, pois o governo ainda seria o acionista majoritário. Porém essa medida do governo foi impedida pela CVM-Comissão de Valores Mobiliários, em razão de irregularidades no processo, conforme divulgado na imprensa. Caso o atual governo tivesse conseguido vender as ações da CASAN, os recursos obtidos não seriam revertidos em benefício da empresa ou do saneamento do estado, e sim para o cumprimento de outros compromissos da atual administração.

Portanto a continuidade da CASAN como empresa pública, sua privatização, ou outras formas de gestão do setor de saneamento em Santa Catarina, vão depender da política de saneamento do próximo governo, o qual será definido nas eleições de outubro e deverá assumir em janeiro de 1999.

(MEYER,1995; COLOSSI,1997)

3 – OBJETIVOS

Neste trabalho é feita a compilação e o tratamento estatístico dos dados do esgoto bruto que aflui à alguns sistemas de tratamento de esgotos sanitários gerenciados pela CASAN, na região da Grande Florianópolis, com o objetivo de se chegar a caracterização de alguns parâmetros para utilização em projetos futuros da Companhia.

No trabalho é avaliado também o desempenho de um sistema de lagoas de estabilização em escala real, tratando os esgotos domésticos da área continental do município de Florianópolis e de parte do município de São José, localizados no estado de Santa Catarina, na região sul do Brasil, operando desde 1994.

Os principais objetivos deste trabalho estão descritos à seguir.

3.1- Objetivos Gerais:

- a) Determinação dos parâmetros típicos (pH, alcalinidade, cloretos, DQO, DBO, sólidos e colimetria) do esgoto sanitário bruto das localidades do município de Florianópolis servidas com rede coletora de esgotos: Lagoa da Conceição, Canasvieiras, Morro da Caixa, parte da área urbana da ilha e parte da área urbana do continente ;
- b) Avaliação do desempenho do complexo de lagoas de estabilização que tratam os esgotos da parte continental de Florianópolis, durante o período de 24 meses (1996/97), e análise dos impactos ambientais gerados por seu funcionamento atual e previsão de futuros impactos.

3.2 – Objetivos Específicos:

São objetivos específicos do objetivo geral “a”:

- a.1) Compilação dos dados existentes sobre o esgoto bruto que alimenta os sistemas de tratamento de esgotos das localidades citadas;
- a.2) Caracterização das áreas que contribuem para os sistemas selecionados, em termos físicos e sócio econômicos;
- a.3) Análise estatística dos dados compilados, avaliação e discussão dos resultados.

Em relação ao objetivo geral “b”, temos os seguintes objetivos específicos:

- b.1) Compilação e análise estatística dos dados existentes sobre o sistema;
- b.2) Diagnóstico dos principais problemas que estão interferindo no bom funcionamento do sistema de tratamento (apontados pelo setor de operação da CASAN e levantados através dos dados compilados);

b.3) Levantamento dos principais incômodos ambientais apontados pela comunidade circunvizinha ao complexo de lagoas;

b.4) Avaliação dos impactos ambientais gerados pelo funcionamento da E.T.E. ;

b.5) Previsão do desempenho do complexo de lagoas com o incremento de vazão/carga, devido a ampliações previstas na rede coletora que contribui para o sistema;

b.6) Sugestão de medidas possíveis de serem tomadas visando a melhoria da eficiência do sistema e/ou redução dos impactos ambientais levantados.

4 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1- TRATAMENTO DE ESGOTOS ATRAVÉS DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

As lagoas de estabilização são sistemas de tratamento biológico em que a estabilização da matéria orgânica é realizada pela oxidação bacteriológica (oxidação aeróbia ou fermentação anaeróbia) e/ou redução fotossintética das algas (JORDÃO & PESSÔA, 1995).

As lagoas de estabilização podem também ser definidas, como um corpo de água lântico, construído pelo homem, e destinado a armazenar resíduos líquidos de natureza orgânica (CETESB, 1989).

Os sistemas de lagoas de estabilização, de acordo com VON SPERLING (1996-b), constituem-se na forma mais simples para o tratamento dos esgotos. Seu tratamento é feito através de processos naturais: físicos, biológicos e bioquímicos, denominados autodepuração ou estabilização. Esses processos naturais, sob condições parcialmente controladas, são os responsáveis pela transformação de compostos orgânicos putrescíveis em compostos minerais ou orgânicos mais estáveis (CETESB, 1979).

4.1.1 -ASPECTOS BIOLÓGICOS DO PROCESSO

O papel desempenhado pelos microrganismos no tratamento de esgotos depende do processo a ser utilizado. O tratamento biológico de esgotos, como o próprio nome indica, ocorre por mecanismos inteiramente biológicos (VON SPERLING, 1996-a). Portanto, a compreensão dos aspectos biológicos do tratamento dos esgotos é fundamental para a otimização desses sistemas.

•As lagoas de estabilização são habitadas por vários tipos de organismos vivos – bactérias, algas, fungos, macroinvertebrados, protozoários – coexistem da interação entre eles e o próprio meio ambiente. Essa comunidade de seres vivos, está sujeita a contínuas mudanças, sendo difícil prever, com certeza, quando e como estas ocorrerão (CETESB, 1989; MOTA, 1995; BRANCO, 1978).

•Sabe-se, contudo, serem os seguintes principais fatores que afetam os organismos desse meio ambiente e, conseqüentemente, a própria eficácia do tratamento (CETESB, 1989):

- - disponibilidade de energia e nutrientes para o seu crescimento (mudanças do tipo de resíduo);
- - efeitos das interações entre os próprios seres vivos da comunidade;
- - mudanças ambientais de natureza física, tais como temperatura, umidade, radiação solar;
- - mudanças sazonais na operação das lagoas.

•Todos os seres vivos, para que possam desempenhar suas funções de crescimento, locomoção, reprodução e outras, necessitam basicamente de: energia, carbono e nutrientes (nitrogênio, fósforo, enxofre, potássio, cálcio, magnésio, etc.).

Em termos da fonte de carbono, há fundamentalmente, segundo VON SPERLING (1996-a), dois tipos de organismos: os seres autótrofos, cuja fonte de carbono é o gás carbônico (CO₂) e os seres heterótrofos, que tem como fonte de carbono a matéria orgânica. Em termos de fonte de energia, há também dois tipos de organismos: seres fototróficos, cuja fonte de energia é a luminosa e seres quimiotróficos, para os quais a fonte de energia é a resultante das reações químicas.

As combinações entre os diversos tipos estão apresentadas na Tabela 3 .

Tabela 3.- Classificação geral dos organismos baseada nas fontes de energia e carbono.

Classificação	Fonte de energia	Fonte de carbono	Organismos representativos
Fotoautótrofos	Luz	CO ₂	Plantas superiores, algas, bactérias fotossintéticas
Fotoheterótrofos	Luz	Matéria orgânica	Bactérias fotossintéticas
Quimioautótrofos	Matéria inorgânica	CO ₂	Bactérias
Quimioheterótrofos	Matéria orgânica	Matéria orgânica	Bactérias, fungos, protozoários e animais

Fonte : METCALF & EDDY, 1991; BRANCO,1978

O PAPEL DAS BACTÉRIAS

• As principais responsáveis pela decomposição da matéria orgânica numa lagoa de estabilização, as bactérias são organismos unicelulares que podem reproduzir-se com grande velocidade, a partir da utilização da matéria orgânica disponível (CETESB, 1989).

A capacidade de sobreviver dentro de uma variedade de condições ambientais é uma das características das bactérias. Um grupo delas, as chamadas aeróbias, só vive e se reproduz em meio que contém oxigênio molecular livre (atmosférico ou dissolvido na água). Outro grupo, as anaeróbias, não necessita, por sua vez, de oxigênio livre para viver e reproduzir-se. Outras, ainda, possuem a faculdade de utilizar ou não o oxigênio livre: são as facultativas .

• As bactérias decompõem as substâncias orgânicas complexas dos esgotos – carboidratos, proteínas e gorduras – em matéria solúvel que, ao passar através da membrana celular, converte-se em energia, em novas células bacterianas e produtos finais que, posteriormente, são difundidos no meio líquido pela própria membrana celular.

• A solubilização dos compostos é possível graças à liberação de enzimas (catalizadores orgânicos) específicas, liberadas pela própria célula. O dióxido de carbono (CO₂), nitratos e fosfatos – alimentos essenciais para as algas - são os produtos finais da decomposição dos resíduos orgânicos pela ação das bactérias em condições aeróbias. Estas são encontradas, predominantemente, na zona fótica das lagoas de estabilização. As mais frequentes são as *Pseudomonas*, *Flavo bacterium* e *Achromobacter*..

Em condições anaeróbias, as bactérias produzem substâncias solúveis, utilizadas como alimento dentro do ecossistema e que podem ser convertidas em gases como dióxido de carbono, metano, gás sulfídrico e amônia. Já as bactérias facultativas, em conjunto com as aeróbias, são as principais responsáveis pela remoção da DBO no líquido sobrenadante das lagoas, exercendo um papel importante na primeira fase da digestão anaeróbia da camada de lodo depositada no fundo das lagoas. São elas que hidrolizam, fermentam e convertem as

substâncias orgânicas complexas - como os lipídios, as proteínas e os carboidratos - em compostos mais simples, entre os quais predominam os ácidos voláteis (fórmico, acético, propiônico, butírico e valérico), sendo denominadas bactérias da fermentação ácida. É importante a atividade dessas bactérias, uma vez que os ácidos voláteis formados constituem o alimento básico para um outro grupo de bactérias, estritamente anaeróbias, denominadas metanogênicas. Estas convertem os produtos da fase de digestão ácida em compostos gasosos, como gás carbônico e metano.

Outras bactérias, estritamente anaeróbias, que têm um interesse particular em lagoas de estabilização, são as fotossintéticas utilizadoras de enxofre. Na presença da luz solar de certos comprimentos de onda, elas utilizam o gás sulfídrico (H₂S) e depositam enxofre dentro da sua própria célula, ou o convertem em sulfatos estáveis. Possuem, através de sua própria atividade metabólica, capacidade de suprimir a produção de odores ofensivos do gás sulfídrico em lagoa anaeróbia moderadamente carregada e em lagoa facultativa com sobrecarga. Tais bactérias, dotadas de pigmentos fotossintéticos ativáveis pela luz solar com comprimentos de ondas maiores que os absorvidos pelas algas, embora não liberem oxigênio livre, apresentam vida autotrófica. Consequentemente, não contribuem diretamente, como outras bactérias, para a decomposição da matéria orgânica.

• Em lagoas de estabilização, as bactérias patogênicas geralmente encontradas pertencem ao gênero *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia*, *Leptospira* e *Vibrio*. Essas bactérias, assim encontradas, são, normalmente, incapazes de multiplicar-se ou sobreviver por longos períodos de tempo, pelas seguintes razões (CETESB, 1989):

- - elevados valores de pH provocados pelo consumo de CO₂ pelas algas nas lagoas facultativas;
- - efeito bactericida dos raios ultravioletas do sol;
- - competição, por nutrientes, entre os organismos saprófitas e os patogênicos;
- - depredação pelo próprio zooplâncton;
- - a existência de certos compostos que são tóxicos para algumas bactérias.

• Nas lagoas de estabilização, principalmente quando associadas em série, as reduções de bactérias são, muitas vezes, superiores a 99,99%. Em números absolutos, contudo, a quantidade de organismos no efluente é ainda bastante elevada.

O PAPEL DAS ALGAS

• Em lagoas de estabilização as algas têm uma função fundamental, relacionada à produção de oxigênio pela fotossíntese. O projeto das lagoas é feito de forma a otimizar a presença de algas no meio líquido e a obter um adequado equilíbrio entre bactérias e algas (VON SPERLING, 1996-a)

• As algas constituem um grupo de organismos aquáticos unicelulares ou pluricelulares, móveis ou imóveis, dotados de pigmentos fotossintéticos denominados clorofila. Através da clorofila, elas têm a capacidade de produzir oxigênio, absorvendo a energia da luz solar e convertendo-a em calor e energia química. Normalmente, multiplicam-se pela simples divisão da célula. Sua principal função nas lagoas de estabilização é produzir oxigênio para a

- realização dos processos de decomposição aeróbios da matéria orgânica, bem como manter as
- condições aeróbias do meio aquático (CETESB, 1989).

As algas fazem a fotossíntese durante as horas do dia sujeitas à radiação luminosa. Neste período, elas produzem a matéria orgânica necessária para a sua sobrevivência, convertendo a energia luminosa em energia química condensada na forma de alimento. Durante as 24 horas do dia elas respiram, oxidando a matéria orgânica produzida, e liberando energia para crescimento, reprodução, locomoção e outros. O balanço entre produção (fotossíntese) e consumo (respiração) de oxigênio favorece amplamente o primeiro. De fato, segundo ABDEL-RAZIK (1991), as algas produzem cerca de 15 vezes mais oxigênio do que consomem, conduzindo a um saldo positivo no sistema. O oxigênio resultante da fotossíntese das algas é suficiente portanto, para durante o dia, exceder não apenas sua demanda respiratória, como também a de outros microrganismos envolvidos na estabilização da matéria orgânica na camada fótica.

- Um outro papel suplementar desempenhado pelas algas nas lagoas é a remoção de
- nutrientes, tais como nitrogênio, fósforo e carbono, para satisfazer suas próprias necessidades
- nutricionais. Dependendo do tipo de alga, da forma como esses nutrientes se apresentam no
- meio e do estágio de degradação da matéria orgânica na lagoa, a produção de oxigênio poderá
- ser maior ou menor. Muitas preferem o nitrogênio na forma de amônia, por este ser
- rapidamente sintetizado em aminoácidos e, nesses casos, 1kg de algas, em peso seco, pode
- produzir 1,6 kg de oxigênio. Certas espécies de algas podem utilizar-se das formas oxidadas
- do nitrogênio – nitratos e nitritos – podendo a produção, teoricamente, chegar a valores de
- 2,0 kg de O₂ por quilo de matéria seca de alga (ARCEIVALA, 1981).

Outro efeito indireto proporcionado pelas algas às lagoas decorre do consumo de dióxido de carbono – subproduto da respiração das bactérias saprófitas e proveniente dos bicarbonatos do próprio meio líquido -, que modifica o equilíbrio carbonato-bicarbonato, em consequência da formação de íons hidróxidos OH⁻, eleva o pH do líquido, cujos valores variam de 8 a 11. Quando há uma elevação de pH acima desses valores, ocorre uma redução do número de bactérias, precipitação dos fosfatos de cálcio e perda parcial da amônia para a atmosfera. Por um lado, se a mortalidade e/ou redução das bactérias entéricas (*E.Coli*) apresenta-se como um aspecto positivo desse comportamento das algas, por outro, um decréscimo da população saprofítica pode ser prejudicial aos processos de decomposição da matéria orgânica. No efluente das lagoas de estabilização, as algas respondem por uma das maiores deficiências dessas instalações. Contribuem, de forma significativa, para o aumento de sólidos em suspensão, principalmente no verão, quando seu crescimento se dá de forma mais intensa (CETESB, 1989).

De acordo com VON SPERLING (1996-b), devido à necessidade de energia luminosa, a maior quantidade de algas situa-se próximo à superfície da lagoa, local de alta produção de oxigênio. À medida em que se aprofunda na lagoa, a energia luminosa diminui, reduzindo, em decorrência, a concentração de algas. Na camada superficial, com menos de 50 cm, situa-se a faixa de maior intensidade luminosa, com o restante da lagoa praticamente escura. Há um ponto ao longo da profundidade da lagoa em que a produção de oxigênio pelas algas se iguala ao consumo de oxigênio pelas próprias algas e pelos organismos decompositores. Este ponto é denominado de *oxipausa*. Acima da oxipausa predominam condições aeróbias, enquanto abaixo desta, prevalecem as condições anóxicas ou anaeróbias.

Considerando também que, durante a noite, as algas continuam necessitando de oxigênio para sua respiração, os níveis de oxigênio dissolvido na lagoa de estabilização são mais baixos a partir de 1h 00 da manhã até o nascer do sol e, mais elevados, desde as 14h 00 até as 16h 00. Isto significa o nível da oxipausa, varia durante as 24 horas do dia, em função da variabilidade da fotossíntese durante este período. À noite, a oxipausa se eleva na lagoa, ao passo que durante o dia ela se aprofunda.

A profundidade da zona aeróbia, além de variar ao longo do dia, varia também com as condições de carga da lagoa. Lagoas com uma maior carga de DBO tendem a possuir uma maior camada anaeróbia, que pode ser praticamente total durante a noite.

- Nas lagoas facultativas a concentração de algas é mais elevada do que de bactérias, conferindo-lhes uma turbidez esverdeada, devido à presença de centenas de milhares de células por cm³ (ARCEIVALA, 1981).

- Os principais tipos de algas encontrados nas lagoas de estabilização são (SILVA JR & SASSON, 1993; JORDÃO & PESSOA, 1995):

- *Algas verdes (clorofíceas)*. Tais algas conferem à lagoa a cor esverdeada predominante. Os principais gêneros são as *Chlamydomonas*, *Euglena* e *Chlorella*. Os dois primeiros gêneros são normalmente os primeiros a aparecer na lagoa, tendendo a ser dominantes nos períodos frios, e possuindo flagelos, o que lhes confere a capacidade de locomoção. O gênero *Euglena* tem grande capacidade de adaptação a diferentes condições climáticas. As algas verdes indicam uma boa condição de funcionamento das lagoas, pois estão sempre associadas a pH elevado e a um meio líquido balanceado em nutrientes.

- *Algas azuis (cianofíceas)*. Em realidade, as algas azuis são muitas vezes referidas como se aproximando mais das bactérias do que das algas propriamente ditas. As algas azuis são unicelulares, coloniais ou filamentosas e menos eficientes na produção de oxigênio, nunca apresentam organelas de locomoção como cílios, flagelos ou pseudópodes, mas podem se deslocar por deslizamento. Os requisitos de nutrição são bastante reduzidos: as algas azuis podem proliferar em qualquer ambiente onde haja apenas CO₂, N₂, alguns minerais e luz. Predominam, geralmente, nas lagoas com baixos valores de pH ou próximo do neutro, cujas águas possuem temperaturas mais elevadas (acima de 30° C) e onde ocorre uma deficiência ou desequilíbrio de nutrientes (principalmente nitrogênio). Nestas condições, as algas verdes não encontram ambiente favorável, ou servem de alimento a outros organismos, como protozoários, conduzindo ao desenvolvimento das algas azuis. Entre os principais gêneros, pode-se citar: *Oscillatória*, *Phormidium*, *Anacystis* e *Anabaena*. Por possuírem vacúolos ou pseudo-vacúolos de gás em suas células, as algas azuis flutuam na superfície do líquido, dificultando, assim, a penetração da luz na água. Normalmente, quando se decompõem, exalam maus odores (*Microcystis*).

• FUNÇÃO DO ZOOPLÂNCTON

O zooplâncton compreende pequenos animais invertebrados – micrometazoários, larvas de inseto, etc. – e os organismos unicelulares, conhecidos como protozoários, que vivem flutuando livremente ou em suspensão nas águas. Apesar da sua importância nas lagoas de estabilização não haver sido totalmente investigada, o seu significado no

ecossistema e na eficiência das lagoas permite tecer algumas considerações de ordem prática (CETESB, 1989).

- A presença de rotíferos, Cladóceras (*Daphnia*) e Copepóides é esperada nas lagoas secundárias e nas lagoas de maturação ou polimento quando, em grande número, afetam o balanço de oxigênio pelo extermínio ou diminuição do número de algas e aumento da demanda respiratória. Contribuem também na estabilização dos processos de tratamento, pois, como se alimentam de bactérias, protozoários, partículas orgânicas em suspensão, podem, desta forma, clarificar o efluente. Predadores que se alimentam de bactérias, detritos orgânicos particulados e protozoários menores, os protozoários desempenham, também, importante papel na clarificação do efluente.

- Os vermes Nematóides e Anelídeos, encontrados no lodo do fundo das lagoas secundárias e de maturação, contribuem para a estabilização dos lodos orgânicos, ao se alimentarem de detritos.

4.1.2 - A INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS

- As principais condições ambientais em uma lagoa de estabilização são a radiação solar, a temperatura e o vento, as quais apresentam as influências descritas na Tabela 4.

• **Tabela 4.-** Influência dos principais fatores ambientais externos

Fator	Influência
Radiação solar	- velocidade de fotossíntese
Temperatura	- velocidade de fotossíntese - taxa de decomposição bacteriana - solubilidade e transferência de gases - condições de mistura
Vento	- Condições de mistura - Reaeração atmosférica

Fonte : VON SPERLING, 1996-b

- A mistura em uma lagoa de estabilização ocorre principalmente através dos seguintes mecanismos: vento e diferencial de temperatura. A mistura é importante no desempenho da lagoa devido aos seguintes aspectos benéficos (SILVA & MARA, 1979):

- - Minimização da ocorrência de curtos-circuitos hidráulicos;
- - Minimização da ocorrência de zonas estagnadas;
- - Homogeneização da distribuição no sentido vertical da DBO, algas e oxigênio;
- - Transporte para a zona fótica superficial das algas não motoras que tendem a sedimentar;
- - Transporte para as camadas mais profundas do oxigênio produzido pela fotossíntese na zona fótica.

Para maximizar a influência do vento, a lagoa não deverá ser cercada por obstáculos naturais ou artificiais que obstruam o acesso do vento. Da mesma forma, a lagoa não deverá ter um contorno muito irregular, que dificulte a homogeneização das áreas mais periféricas com o corpo principal da lagoa. A ação desejada do vento no entanto é uma ação moderada, visto que grandes ondas provocam erosão nos diques. Por isto os taludes internos dos diques

são mais suaves (1:4 ou 1:3), e protegidos. Será necessário conhecer a intensidade, a direção dos ventos, os ventos dominantes, as variações sazonais, de modo a não se posicionar a lagoa desfavoravelmente em relação a comunidades próximas, com riscos de eventual transferência de maus odores. Usa-se também posicionar o maior comprimento da lagoa na direção dos ventos dominantes, favorecendo o escoamento.

A lagoa está ainda sujeita a estratificação térmica, que se desenvolve rapidamente quando não há mistura na lagoa. As camadas quentes superiores não se misturam com as camadas inferiores, sendo separadas por uma fina camada estática de grande mudança de temperatura, chamada *termoclina*. À medida em que se aprofunda na lagoa, há um ponto em que há um grande decréscimo na temperatura, acompanhado por um elevado acréscimo de densidade e viscosidade. Este ponto é o denominado termoclina. Ocorrem, assim, duas camadas distintas: a superficial (densidade menor) e a do fundo (densidade maior), as quais não se misturam. As algas motoras decantam, passando através da termoclina para a região escura do fundo da lagoa, onde não produzem oxigênio através da fotossíntese; ao contrário, exercem uma demanda de oxigênio com o resultado de que as condições abaixo do termoclina se tornam rapidamente anaeróbias. Acima das termoclina, as algas motoras fogem da superfície quente das águas, a qual pode chegar a temperaturas maiores do que 35° C e, normalmente formam uma espessa camada, cerca de 300 mm a 500 mm abaixo da superfície. Esta camada de algas é uma efetiva barreira contra a luz, e a termoclina se encontra usualmente logo abaixo dela.

A estratificação é, portanto, caracterizada por uma redução substancial do número de algas na zona fótica e, como conseqüência, dá-se uma redução na produção de oxigênio, bem como na estabilização dos resíduos orgânicos.

• Em áreas de pouco ou nenhum vento em contato com a superfície da lagoa, esta fica permanentemente estratificada, o que, evidentemente, diminui a sua eficiência.

• A estratificação pode ser quebrada por meio de um mecanismo de mistura natural, denominado inversão térmica. Em lagos tropicais estratificados, a inversão térmica pode ocorrer no período frio (inverno). Além disso, em lagos de pequena profundidade, como as lagoas de estabilização, a mistura pode ocorrer uma vez por dia, de acordo com a seguinte seqüência (SILVA & MARA, 1979; VON SPERLING, 1996-b):

Início da manhã, se há algum vento, ter-se-á um período de mistura completa, durante o qual a temperatura é uniforme por todas as partes da lagoa; porém, devido à absorção da radiação solar, a temperatura gradualmente começa a crescer;

Geralmente, durante pequenos intervalos de calmaria, desenvolve-se uma estratificação, e, em conseqüência disso, se forma a termoclina. A temperatura acima da termoclina aumenta até um máximo e, posteriormente, decresce, enquanto que, abaixo desta, a temperatura rapidamente baixa para um valor próximo aquele do solo e, portanto, permanece praticamente constante. Pode haver certa quantidade de mistura acima da termoclina;

À tarde e à noite, um segundo período de mistura pode iniciar-se como descrito a seguir:

Acima da termoclina, sem ventos, as camadas superiores perdem seu calor mais rapidamente do que as camadas do fundo. As camadas superiores mais frias afundam, induzindo uma mistura que resulta na manutenção da temperatura abaixo da termoclina - aproximadamente uniforme - porém gradualmente decrescente. A termoclina afunda gradualmente, e, se as temperaturas acima e abaixo delas tornarem-se iguais, em consequência do resfriamento anterior, desenvolve-se a mistura que é mantida por todas as partes da lagoa.

Sob condições de vento, este auxilia na mistura das camadas. A camada superior afunda, e a inferior se eleva.

4.1.3 - A INFLUÊNCIA DO REGIME HIDRÁULICO E A REMOÇÃO DA DBO

A velocidade de oxidação da matéria orgânica pelas bactérias é um parâmetro fundamental no dimensionamento racional de um processo biológico de tratamento de águas residuárias.

A remoção da carga orgânica (DBO) nas lagoas de estabilização pode ser aproximadamente determinada segundo uma reação de primeira ordem. Nestas condições o regime hidráulico do reator (lagoa) tem grande influência (SILVA & MARA, 1979; YANEZ, 1993; VON SPERLING, 1996-b).

As reações de primeira ordem são aquelas nas quais a taxa de reação é proporcional à concentração do reagente, isto é: a taxa de remoção da DBO é proporcional à quantidade de DBO existente no sistema em qualquer instante. Matematicamente este tipo de reação é expresso por:

$$\frac{dC}{dt} = -k_1 \cdot C \quad (4.1)$$

onde :

C = quantidade da DBO remanescente (matéria orgânica a ser oxidada) no sistema no tempo t;

k_1 = constante de degradação de primeira ordem da remoção da DBO (expressa em inverso do tempo, geralmente d^{-1}).

A diferencial dC/dt é a velocidade ou taxa de oxidação da matéria orgânica, e o sinal negativo no segundo membro da equação indica a diminuição do valor de C com o tempo.

A integração da Equação 4.1 tendo $C=C_0$ em $t=0$ conduz a:

$$C = C_0 \cdot e^{-k_1 \cdot t} \quad (4.2)$$

onde :

C_0 = valor de C no tempo $t=0$. C_0 é o valor da DBO no sistema antes de se iniciar a oxidação e, portanto, é igual à DBO_T (DBO_u).

A quantidade de DBO removida (igual à matéria orgânica oxidada) mais a quantidade da DBO remanescente no sistema (igual à matéria orgânica a ser oxidada) a qualquer tempo é, obviamente, igual à DBO_T (ou seja, a quantidade de matéria orgânica inicial):

$$Y = C_0 - C \quad (4.3)$$

onde :

y = a DBO removida a qualquer tempo t .

Substituindo na equação 4.3, teremos:

$$Y = C_0 \cdot (1 - e^{-k_1 \cdot t}) \quad (4.4)$$

As equações 4.2 e 4.4 descrevem a bio-oxidação de determinada quantidade de matéria orgânica, à qual não se faz nenhuma adição posterior. Representam as condições prevalentes em processo de oxidação de carga e descarga (fluxo intermitente- em batelada).

Porém, as estações de tratamento de águas residuárias brutas funcionam com uma contínua vazão de entrada de águas residuárias e, também, com uma contínua vazão de saída do efluente tratado. Considerando o equilíbrio de massa da DBO, através de um reator biológico operado continuamente, a quantidade de matéria orgânica que entra no reator por dia é igual à quantidade de matéria orgânica que sai do reator no mesmo período, mais aquela removida pela bio-oxidação. Portanto, se Q é a vazão em m^3/d e C_i e C_e são, respectivamente, a DBO afluente e efluente em mg/l (ou g/m^3), então:

$$\text{Quantidade de DBO que entra no reator (g/d)} = C_i \cdot Q \quad (4.5)$$

$$\text{Quantidade de DBO que sai do reator (g/d)} = C_e \cdot Q \quad (4.6)$$

A quantidade de DBO removida pela bio-oxidação em grama por dia por unidade de volume (m^3) é dada pela equação 4.1 como $k_1 \cdot C$, onde C é a DBO do conteúdo do reator.

Suponhamos que, inicialmente, o reator funcionasse sob condições de mistura completa, de tal maneira que o conteúdo do reator fosse igual – em todos os aspectos – ao correspondente efluente.

Como consequência desta condição, a DBO do conteúdo do reator seria C_e . Se V fosse o volume efetivamente utilizado no reator em m^3 , então:

$$\text{Quantidade de DBO removida pela biodegradação (g/d)} = k_1 \cdot C_e \cdot V$$

$$\text{de forma que: } C_i \cdot Q = C_e \cdot Q + k_1 \cdot C_e \cdot V \quad (4.7)$$

Reescrevendo,
teremos:

$$C_e/C_i = \frac{1}{1 + k_1 \cdot (V/Q)} \quad (4.8)$$

A relação V/Q é o tempo de detenção hidráulico médio t_d , isto é: o tempo médio em que se espera uma partícula típica permanecerá no reator antes de ser descarregada no fluxo efluente.

A equação 4.8 pode, portanto, ser escrita como:

$$C_e/C_i = \frac{1}{1 + k_1 \cdot t_d} \quad (4.9)$$

Conhecidas as taxas de reação e elaborados os balanços de massa, para que se possa calcular a concentração da carga orgânica é necessário ainda se definir o modelo hidráulico a ser atribuído ao mesmo.

O modelo hidráulico do reator é função do tipo de fluxo e do padrão de mistura na unidade. O padrão de mistura, por sua vez, depende da forma geométrica do reator, da quantidade de energia introduzida por unidade de volume, do tamanho ou escala da unidade e outros fatores (VON SPERLING, 1996-b).

Em termos do fluxo no reator, tem-se as duas seguintes condições: fluxo intermitente (em batelada), com entrada e/ou saída descontínuas; e fluxo contínuo, entrada e saída contínuas.

Em termos de padrão de mistura, há dois modelos hidráulicos básicos, os quais definem os padrões dentro dos quais se enquadram as outras alternativas. Tais são os modelos de fluxo em pistão e de mistura completa.

Os principais tipos de reatores utilizados no tratamento de esgotos são: em batelada, fluxo em pistão, mistura completa, fluxo disperso, reatores de mistura completa em série, e reatores com enchimento (TCHOBANOGLIOUS & SCHROEDER, 1985; METCALF & EDDY, 1991; YANEZ, 1988; ARCEIVALA, 1981; SILVA & MARA, 1979).

O reator de batelada é aquele no qual não há fluxo entrando ou saindo. O conteúdo do reator é misturado completamente. Todos os elementos são expostos ao tratamento por um tempo igual à permanência do substrato no reator. Em consequência, o reator em batelada se comporta como um volume discretizado num reator de fluxo em pistão.

O reator de fluxo em pistão ideal é aquele no qual cada elemento de fluido deixa o tanque na ordem em que entrou. Nenhum elemento se antecipa a outro ou sofre atraso no percurso. O fluxo se dá como êmbolos que fluem de montante para jusante, sem mistura entre os êmbolos e sem dispersão. Consequentemente, cada elemento é exposto ao tratamento pelo mesmo período de tempo (como num reator em batelada), o qual é igual ao tempo de detenção hidráulico teórico. O escoamento nesse reator é mais facilmente compreendido, imaginando-se que as águas residuárias, ao chegarem ao reator, seriam acondicionadas em "pacotes" impermeáveis, os quais, então, se deslocariam ao longo do comprimento do reator – analogamente a uma esteira transportadora – sem nenhuma transferência de material de um pacote para outro, embora havendo uma mistura completa dentro de cada pacote. Desde que cada pacote nem recebe nem perde nenhuma DBO para o seu vizinho, a remoção da DBO em

cada pacote é, essencialmente, um processo de carga e descarga e, como decorrência, a equação representativa da remoção da DBO nesse tipo de reator é a equação 4.2.

É conveniente, no entanto, adotar-se a notação usada para a equação 4.9 e reescrever a equação 4.2 como:

$$C_e = C_i \cdot e^{-k_1 \cdot t} \quad (4.10)$$

No caso de variação na carga afluente (condições dinâmicas), a derivação das fórmulas para o reator de fluxo em pistão é mais complicada do que para mistura completa, devido ao fato da concentração no fluxo em pistão variar ao longo do tempo e do espaço no reator, ao passo que na mistura completa a variação é apenas ao longo do tempo. Essa é a razão pela qual os sistemas de mistura completa em série são freqüentemente utilizados para simular o reator de fluxo em pistão nas condições dinâmicas.

Nas condições em que a concentração afluente (entrada) é constante, a concentração efluente (saída) permanece também constante ao longo do tempo. O perfil de concentração no tanque e, por conseguinte, a concentração de saída dependem do tipo e da taxa de reação do composto.

As seguintes generalizações podem ser feitas para um reator de fluxo em pistão ideal no estado estacionário:

- Substâncias conservativas: a concentração efluente é igual à concentração afluente.
- Substâncias biodegradáveis com reação de ordem zero: a taxa de remoção é constante da extremidade inicial à extremidade final do reator.
- Substâncias biodegradáveis com reação de primeira ordem: ao longo do reator o coeficiente de remoção de substrato é constante, mas a concentração decresce gradualmente à medida em que o fluxo flui através do reator. Na entrada do reator a concentração é elevada, fazendo com que a taxa de remoção seja também elevada. Na extremidade final do reator a concentração é reduzida, e, em consequência, a taxa de remoção é também inferior, ou seja, há necessidade de um maior tempo para se reduzir um valor unitário de concentração.
- Reações de primeira ordem ou superiores: o reator de fluxo em pistão é mais eficiente que o reator de mistura completa.

O reator de fluxo contínuo e mistura completa ideal é aquele no qual todos os elementos que adentram o reator são completa e instantaneamente misturados com o conteúdo do reator, resultando dessa intensa mistura uma composição uniforme do conteúdo em qualquer parte do reator. Assim, o conteúdo do reator é homogêneo, ou seja, a concentração de qualquer componente é a mesma em qualquer ponto do tanque. O efluente, portanto, tem todas as suas características idênticas às do conteúdo do reator. A remoção da DBO – neste caso – é descrita pela equação 4.9.

Em comparação com o reator de fluxo em pistão, a concentração efluente é diferente apenas para reações de primeira ordem ou superiores. Para tais ordens de reação, o reator de mistura completa é menos eficiente que o reator de fluxo em pistão.

Segundo VON SPERLING (1996-a) as seguintes generalizações podem ser feitas para um reator de mistura completa ideal no estado estacionário:

- Substâncias conservativas e substâncias biodegradáveis: a concentração e a taxa de remoção são a mesma em qualquer ponto do reator. A concentração efluente é igual à concentração em qualquer ponto do reator.
- Substâncias conservativas: a concentração afluente é igual à concentração efluente.
- Substâncias biodegradáveis com reação de ordem zero: a concentração efluente é igual a concentração efluente de um reator de fluxo em pistão com o mesmo tempo de detenção (a taxa de remoção independe da concentração local da substância).
- Substâncias biodegradáveis com reação de primeira ordem ou superiores: o reator de mistura completa é menos eficiente que o reator de fluxo em pistão. Considerando-se que a taxa de remoção é função da concentração local em reações de primeira ordem ou superiores, e que a concentração no reator de mistura completa é inferior à concentração média ao longo do reator de fluxo em pistão, tem-se que a eficiência do reator de mistura completa é inferior à do reator de fluxo em pistão.

Em termos reais, os reatores não se comportam exatamente como os dois modelos hidráulicos ideais de fluxo em pistão e mistura completa. As razões que fazem com que os reatores reais não sigam os modelos ideais podem ser devidas aos seguintes aspectos (TCHOBANOGLIOUS & SCHROEDER, 1985):

Dispersão – É impossível construir um reator com carga não dispersa, no qual não exista uma mistura entre os conteúdos dos pacotes, pois, na prática, sempre ocorre alguma mistura no sentido longitudinal. A dispersão é o transporte longitudinal do material devido à turbulência e difusão molecular.

- *Curto-circuitos hidráulicos* – Estes envolvem parte do fluxo e são resultado de estratificação por, por exemplo, diferença de densidade, e não de uma característica física do sistema. O principal efeito é a redução no tempo de residência efetivo.

Volumes mortos – O efeito é similar aos curto-circuitos, mas são uma função de características físicas do sistema. Ocorrem em cantos de tanques, abaixo de vertedores e no lado interno de curvas.

De forma que o fluxo disperso é um caso não ideal, e pode ser usado na prática para descrever as condições de fluxo na maioria dos reatores reais. As condições de mistura em reatores de fluxo disperso são caracterizadas por um número adimensional ou seja, o Número de Dispersão, representado por d e definido como:

$$d = D/UL \quad (4.11)$$

Onde:

D= coeficiente de dispersão axial ou longitudinal (L^2T^{-1})

U= velocidade horizontal média (LT^{-1})

L= comprimento do reator

Nos dois reatores ideais, tem-se as seguintes condições limite:

- Fluxo em pistão : dispersão nula ($D=0$ e $d=0$)
- Mistura completa : dispersão infinita ($D=\infty$ e $d=\infty$)

Os reatores encontrados na prática possuem valores de d situados entre 0 e ∞ . O valor d pode ser estimado através de traçadores. ARCEIVALA (1981) e VON SPERLING (1996-a) apresentam as seguintes faixas de valores de d para as lagoas :

Lagoas Aeradas : - longas, retangulares : d varia de 0,2 a 1,0
 - formato quadrado : d situa-se em torno de 3,0 – 4,0 ou mais.

Lagoas de Estabilização : - longas, retangulares : 0,1 à 0,5
 - formato quadrado : 1,0 à 1,5

Unidades que apresentam valores D/UL em torno de 0,2 ou menos aproximam-se das condições de fluxo em pistão. Por outro lado, unidade com valores de D/UL em torno de 3,0 ou mais podem ser consideradas como se aproximando das condições de mistura completa. Entre os fatores que podem afetar a dispersão em unidades de tratamento podem ser relacionados (ARCEIVALA, 1981):

- Magnitude da mistura;
- Geometria da unidade;
- Energia introduzida por unidade de volume (mecânica ou pneumática);
- Tipo e disposição das entradas e saídas;
- Velocidade do fluxo de entrada e suas flutuações;
- Diferenças de temperatura e densidade entre o fluxo de entrada e o conteúdo do reator;
- Número de Reynolds (função de vários fatores acima).

A solução analítica da equação para fluxo disperso com reações de cinética de primeira ordem foi proposta por Wehner e Wilhem em 1956. Para outras reações que não de primeira ordem, há necessidade do emprego de métodos numéricos. A equação para a reação de primeira ordem é :

$$\frac{C}{C_o} = \frac{4^a e^{1/2d}}{(1+a)^2 e^{a/2d} - (1-a)^2 e^{-a/2d}} \quad (4.12)$$

$$a = \sqrt{1 + 4.K.t.d} \quad (4.13)$$

onde:

d = número de dispersão = $D/L = D.t/L^2$ (-)

D = coeficiente de dispersão longitudinal (m^2/d)

U = velocidade média de percurso no reator (m/d)

L = extensão do percurso (m)

t = tempo de detenção hidráulica = V/Q (d)

K = constante de remoção de substrato (d^{-1})

C = concentração efluente de substrato (g/m^3)
 C_o = concentração afluyente de substrato (g/m^3)

A vantagem desta equação é permitir uma solução contínua entre os limites de fluxo em pistão e mistura completa. Quando d é pequeno, a equação 4.13 dá resultados bem próximos à equação específica para fluxo em pistão. Por outro lado, quando d é bastante elevado, ela produz valores similares aos obtidos por meio da equação de mistura completa.

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 de uma unidade apenas, o sistema reproduz um reator de mistura completa. Se o sistema apresentar um número infinito de reatores em série, o fluxo em pistão é reproduzido. Unidades em série são também comumente encontradas em lagoas de estabilização e de maturação.

Já os reatores com enchimento são aqueles que possuem algum tipo de meio de enchimento, como pedra, plástico, cerâmica e outros. Com relação ao fluxo e à saturação, estes reatores podem ser submersos, com o 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.

4.2 - TIPOS DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Segundo JORDÃO & PESSÔA (1995), de acordo com a forma predominante pela qual se dá a estabilização da matéria orgânica a ser tratada, as lagoas de estabilização costumam ser classificadas em:

Anaeróbias : nas quais predominam processos de fermentação anaeróbia; imediatamente abaixo da superfície não existe oxigênio dissolvido ;

Facultativas : nas quais ocorrem , simultaneamente, processos de fermentação anaeróbia, oxidação aeróbia e redução fotossintética; uma zona de atividade bêntica é sobreposta por uma zona aeróbia de atividade biológica, próxima à superfície;

Estritamente aeróbias : nas quais se chega a um equilíbrio da oxidação e da fotossíntese para garantir condições aeróbias em todo o meio; é comum chamar-se de aeróbias as lagoas facultativas, embora não seja correto;

De maturação : usadas como refinamento do tratamento prévio por lagoas, ou outro processo biológico; reduz bactérias, sólidos em suspensão, nutrientes, e uma parcela negligenciável da DBO;

Aeradas : nas quais se introduz oxigênio no meio líquido através de um sistema mecanizado de aeração; as lagoas aeradas podem ser estritamente aeradas ou facultativas. As lagoas aeradas devem ser seguidas de uma lagoa de decantação; e

Com macrófitas : usadas como polimento final de um tratamento por lagoas, com objetivo de reduzir nutrientes, sólidos em suspensão e a DBO remanescente. Várias

experiências práticas indicam também a redução de metais. Este tipo de lagoa requer manutenção (corte regular das plantas, secagem e destino final), e as áreas sombreadas incentivam a proliferação de moscas e mosquitos, razões pelas quais não é recomendável.

De acordo com CETESB (1989), associações de um ou outro tipo de lagoa são freqüentes e tem sido empregadas com sucesso em regiões de clima favorável.

SISTEMAS MULTIPLOS DE LAGOAS E RECIRCULAÇÃO.

Há diversas variantes dos sistemas de lagoas de estabilização, com diferentes níveis de simplicidade operacional e requisitos de área.

A tabela 5 apresenta uma descrição sucinta de alguns dos principais sistemas de lagoas usualmente utilizados.

Nos sistemas de tratamento com mais de duas unidades de lagoas deve-se levar em consideração os seguintes aspectos:

- Operação em série: particularmente no caso de serem usadas três ou mais lagoas. Neste tipo de arranjo, o líquido flui de uma unidade para outra. A primeira célula, ou lagoa da série, recebe o esgoto bruto e se chama lagoa primária; a segunda recebe o efluente tratado da primeira e se chama secundária; e assim por diante.

Normalmente, tratando-se de esgoto sanitário, a terceira lagoa da série é considerada lagoa de maturação ou polimento. Essa associação tende minimizar a quantidade de algas e outros poluentes na última célula, obtendo-se um efluente de melhor qualidade (CETESB, 1989). Segundo VON SPERLING (1996), um sistema de lagoas em série, com um determinado tempo de detenção total, possui uma maior eficiência do que uma lagoa única, com o mesmo tempo de detenção total, implicando que para uma mesma qualidade do efluente, pode-se ter uma menor área ocupada com um sistema de lagoas em série.

- Operação em paralelo: nesse tipo de associação, duas ou mais células recebem, simultaneamente, vazões e cargas orgânicas proporcionais às suas capacidades e podem receber esgoto bruto ou efluentes parcialmente tratados de unidades que as antecedem (CETESB, 1989). Um sistema de lagoas em paralelo possui a mesma eficiência que uma lagoa única, porém o sistema apresenta uma maior flexibilidade e garantia, no caso de se ter de interromper o fluxo para uma das lagoas, devido a algum problema ou eventual manutenção, de maneira que o funcionamento do sistema não necessita ser interrompido (VON SPERLING, 1996-b; CETESB, 1989).

Tabela 5.- Descrição sucinta dos principais sistemas de lagoas de estabilização

SISTEMAS DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO		
Sistema	Vantagens	Desvantagens
Lagoa facultativa	<ul style="list-style-type: none"> - Satisfatória eficiência na remoção de DBO - Eficiente na remoção de patogênicos - Construção , operação e manutenção simples - Reduzidos custos de implantação e operação - Ausência de equipamentos mecânicos - Requisitos energéticos praticamente nulos - Satisfatória resistência a variações de carga - Remoção de lodo necessária apenas após períodos superiores a 20 anos 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevados requisitos de área - Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento bem restritivos - A simplicidade operacional pode trazer o descaso na manutenção (crescimento de vegetação) - Possível necessidade de remoção de algas do efluente para o cumprimento de padrões rigorosos - Performance variável com as condições climáticas (temperatura e insolação) - Possibilidade de crescimento de insetos
Sistema de lagoa anaeróbia-lagoa facultativa	<ul style="list-style-type: none"> - Idem lagoas facultativas - Requisitos de áreas inferiores aos das lagoas facultativas únicas 	<ul style="list-style-type: none"> - Idem lagoas facultativas - Possibilidade de maus odores na lagoa anaeróbia - Eventual necessidade de elevatórias de recirculação do efluente, para controle de maus odores - Necessidade de um afastamento razoável às residências circunvizinhas
Lagoa aerada facultativa	<ul style="list-style-type: none"> - Construção, operação e manutenção relativamente simples - Requisitos de área inferiores aos sistemas de lagoas facultativas e anaeróbio-facultativas - Maior independência das condições climáticas que os sistemas de lagoas facultativas e anaeróbio-facultativas - Eficiência na remoção da DBO ligeiramente superior à das lagoas facultativas - Satisfatória resistência a variações de carga - Reduzidas possibilidades de maus odores 	<ul style="list-style-type: none"> - Introdução de equipamentos - Ligeiro aumento no nível de sofisticação - Requisitos de área ainda relativamente elevados - Requisitos de energia relativamente elevados
Sistema de lagoa aerada de mistura completa-lagoa de decantação	<ul style="list-style-type: none"> - Idem lagoas aeradas facultativas - Menores requisitos de área de todos os sistemas de lagoas 	<ul style="list-style-type: none"> - Idem lagoas aeradas facultativas (exceção: requisitos de área) - Preenchimento rápido da lagoa de decantação com o lodo (2 à 5 anos) - Necessidade de remoção contínua ou periódica (2 à 5 anos) do lodo

Fonte : VON SPERLING , 1996-b

- Sobrecarga na primeira célula: Caso haja lagoas em série, deve-se levar em consideração o fato de que a primeira célula irá trabalhar sobrecarregada, por receber toda a carga afluente, com a possibilidade de se ter condições de anaerobiose. O projeto deverá avaliar o balanço de oxigênio nesta célula (produção e consumo), ou verificar se a taxa de aplicação superficial não é excessiva na primeira célula. Para contornar tal situação, células de diferentes tamanhos podem ser adotadas, com a primeira unidade possuindo a maior área. Este aspecto de sobrecarga é bastante importante em lagoas primárias (VON SPERLING,1996-b).

- Divisões internas: a subdivisão de uma única lagoa em um maior número de lagoas implica na necessidade de taludes intermediários ou outras formas de separação.

- Fluxo em pistão: De acordo com VON SPERLING (1996-b), um número infinito de células em série, teoricamente corresponde ao fluxo em pistão, o qual é o sistema mais eficiente na remoção de DBO. Assim, ao invés de se ter um elevado número de subdivisões, pode-se ter uma lagoa com um percurso predominantemente longitudinal, conseguido através de uma série de curvas em U, formando um zig-zag. Neste caso, deve-se levar em consideração os aspectos acima, relativos à sobrecarga no trecho inicial, e à necessidade de taludes (ou divisões internas). O fluxo em pistão é mais utilizado para o polimento do efluente, como em lagoas de maturação. Para lagoas facultativas uma relação comprimento/largura da ordem de 2 a 4 podem ser mais seguras do ponto de vista da sobrecarga orgânica, embora YANEZ (1993) sugira uma relação de até 8:1 (máxima).

- Recirculação: Segundo CETESB (1989), a utilização de bombas para retornar o efluente de uma lagoa qualquer de uma associação em série para a entrada da própria lagoa ou para qualquer lagoa precedente pode, a princípio, constituir uma sofisticação desnecessária e dispendiosa no tratamento de esgotos por meio de lagoas de estabilização. Todavia, essa recirculação traz inúmeros benefícios à operação das lagoas e, em certos casos, ela é considerada indispensável, como a seguir:

- ◆ numa lagoa facultativa unicelular, porque o bombeamento do efluente de uma lagoa facultativa para a entrada da mesma lagoa corrige as deficiências do oxigênio dissolvido em decorrência da estratificação térmica, além de auxiliar a prevenção de odores e o surgimento de condições anaeróbias nas zonas de alimentação da lagoa. A recirculação do líquido, abaixo do termoclina (hipolímio), possibilita que certas espécies de algas não móveis e produtoras de oxigênio (por exemplo, as chlorellas) tenham a oportunidade de frequentar a zona fótica, região mais propícia às suas atividades fotossintéticas ;
- ◆ de uma lagoa facultativa secundária para uma facultativa primária, a recirculação do efluente permite suprimir odores decorrentes de sobrecargas temporárias na primeira célula, como também possibilita projetar a célula primária para receber cargas orgânicas mais elevadas e assegurar a mistura do conteúdo líquido das lagoas. As razões de recirculação sugeridas são de 1:1 a 1:2 ;
- ◆ de uma lagoa facultativa ou aeróbia para a entrada de um conjunto de lagoas anaeróbias primárias, a recirculação do efluente possibilita o emprego de unidades anaeróbias com maiores cargas volumétricas -ou menores tempos de detenção - e mantém uma tênue camada de oxigênio dissolvido para minimizar e/ou eliminar os maus odores das células primárias. As razões de recirculação indicadas são as de 25% a 50% da vazão de esgoto bruto.

Experiências práticas realizadas pela CETESB (1989), com o emprego de recirculação em lagoas em série, sugerem que a vazão recirculada com o emprego de taxas de recirculação elevadas (1:1 ou mais) seja bombeada a partir da caixa de saída do efluente (após o vertedouro) e não diretamente da lagoa, pois constatou-se um declínio considerável da densidade de algas na lagoa que beneficiava as unidades em sobrecarga .

4.2.1 -LAGOAS ANAERÓBIAS

As lagoas anaeróbias constituem-se em uma forma de tratamento de águas residuárias, onde a existência de condições estritamente anaeróbias é essencial. Tal é alcançado através do lançamento de uma grande carga de DBO por unidade de volume da lagoa, fazendo com que a taxa de consumo de oxigênio seja várias vezes superior à taxa de produção. No balanço de oxigênio, a produção pela fotossíntese e pela reaeração atmosféricas são, neste caso, desprezíveis (VON SPERLING, 1996-b).

Nas lagoas anaeróbias o fenômeno da estabilização é efetuado sem o concurso de oxigênio dissolvido, de modo que os organismos envolvidos têm que remover o oxigênio dos compostos existentes nas águas residuárias, a fim de oxidar a matéria orgânica e daí retirar a sua energia vital. Com isto a atividade microbiana se torna análoga à que se verifica nos tanques sépticos e nos digestores de lodos de esgotos (CETESB, 1979).

PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO

A digestão anaeróbia é um processo de degradação da matéria orgânica por ação de bactérias, fungos e protozoários; é um processo complexo, no qual se pode distinguir quatro etapas (PEDRELLI, 1997):

1. Hidrólise

Nesta etapa o material orgânico é convertido em compostos dissolvidos de menor peso molecular. O processo requer a interferência de exo-enzimas que são excretadas pelas bactérias fermentativas. As proteínas se degradam através de (poli)peptidas para formarem aminoácidos; os carboidratos se transformam em açúcares solúveis (mono e dissacarídeos) e lipídios são convertidos em ácidos graxos de longa cadeia de carbono (C15 a C17) e glicerina. Na prática de tratamento de esgotos a taxa de hidrólise pode ser o processo limitante para todo o processo da digestão anaeróbia. Em particular a taxa de conversão de lipídios abaixo dos 20°C se torna muito baixa.

2. Acidogênese

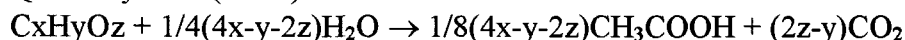
Os compostos dissolvidos gerados no processo de hidrólise ou liquefação, são absorvidos nas células das bactérias fermentativas e, após a acidogênese, excretados como substâncias orgânicas simples como ácidos graxos voláteis (AGV), álcoois, ácido lático e compostos minerais como CO₂, H₂, NH₃, H₂S, etc. A fermentação acidogênica é realizada por um grupo diversificado de bactérias, das quais a maioria é anaeróbia obrigatória. Entretanto algumas espécies são facultativas e podem metabolizar o material orgânico pela via oxidativa. Isto é importante nos sistemas de tratamento anaeróbio de esgotos, porque o oxigênio dissolvido eventualmente presente poderia se tornar uma substância tóxica, se não fosse removido pela acidogênese facultativa.

3. Acetogênese

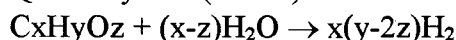
A acetogênese é a conversão dos produtos da acidogênese em compostos que formam os substratos para produção de metano, acetato, hidrogênio e dióxido de carbono. Uma fração de aproximadamente 70% da DQO originalmente presente se converte em ácido acético, enquanto o restante da capacidade de doação de elétrons é concentrado no hidrogênio formado. Dependendo do estado de oxidação do material orgânico a ser digerido, a formação de ácido acético pode ser acompanhada pelo surgimento de dióxido de carbono ou hidrogênio.

Numa mistura de poluentes orgânicos, como em esgotos domésticos, é possível que esses processos ocorram simultaneamente, mas sempre haverá tendência de se formar mais hidrogênio do que dióxido de carbono. Isto se deve ao fato de que a média do número de elétrons transferíveis (N_{el}) sempre é maior que 4 por átomo de carbono C. Dessa maneira, a conversão dos compostos originais para ácido acético (que tem um valor $N_{el} = 4$) tende a ser um processo oxidativo e, como tal, causa a liberação simultânea de um produto reduzido, o hidrogênio. Por outro lado, a liberação de hidrogênio do material orgânico original somente é possível quando há produção simultânea de produtos oxidativos como o dióxido de carbono e/ou parcialmente oxidativos como o ácido acético.

Quando $y = 2z$ ($N_{el} = 4$):



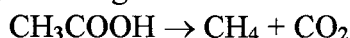
Quando $y > 2z$ ($N_{el} > 4$):



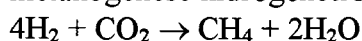
4. Metanogênese

A metanogênese em geral é o passo que limita a velocidade do processo de digestão como um todo, embora a temperaturas abaixo de 20°C a hidrólise possa se tornar limitante. O metano é produzido pelas bactérias acetotróficas a partir da redução de ácido acético ou pelas bactérias hidrogenotróficas a partir da redução de dióxido de carbono. Tem-se as seguintes reações catabólicas:

(a) metanogênese acetotrófica:



(b) metanogênese hidrogenotrófica:



- As bactérias que produzem metano a partir de hidrogênio crescem mais rapidamente que aquelas que usam ácido acético, de modo que as metanogênicas acetotróficas geralmente limitam a taxa de transformação de material orgânico complexo presente no esgoto para biogás.
- Os diferentes grupos de bactérias que transformam o material orgânico afluyente têm todas as atividades catabólicas e anabólicas. Desse modo, paralelo à liberação dos

diferentes produtos da fermentação, há a formação de novas células, dando origem a quatro populações bacterianas no digestor anaeróbio. Por conveniência, muitas vezes os três primeiros processos juntos são chamados de fermentação ácida, que deve ser completada com a fermentação metanogênica (VAN HAADEL e LETTINGA, 1994).

O valor e a estabilidade do pH em um meio anaeróbio são extremamente importantes, uma taxa elevada de metanogênese só pode se desenvolver quando o pH se mantém numa faixa estreita, perto do valor neutro; se o pH tiver um fator menor que 6,3 ou superior a 7,8 a taxa de metanogênese diminui rapidamente. As populações para a fermentação ácida são muito menos sensíveis para valores baixos ou altos de pH. Desse modo, a um pH baixo a fermentação ácida pode prevalecer sobre a fermentação metanogênica, tendo como resultado o azedamento do conteúdo do reator. Nesse caso, o reator somente começará a funcionar de novo após a adição de alcalinidade externa.

O valor do pH no reator se estabelece após o equilíbrio iônico dos diferentes sistemas ácido/base presentes no sistema de tratamento. Os sistemas de ácidos fracos (não completamente ionizados) são os mais importantes para estabelecer o pH e, em particular, o sistema carbônico (CO_2 - HCO_3^- - CO_3^{2-}) muitas vezes é determinante para o valor e a estabilidade do pH. Esta predominância do sistema carbônico se deve ao fato de que a sua concentração é muito maior que a de outros sistemas presentes (fosfatos, amônia, ácidos voláteis).

A alcalinidade do sistema anaeróbio é responsável pelo efeito tampão (capacidade de neutralizar os ácidos), essencial para o controle do pH. A alcalinidade está presente principalmente na forma de ions bicarbonatos e a melhor concentração de alcalinidade deve ser na ordem de 3000 mg/l, sendo a faixa usual de 1000 a 5000 mg/l (VAN HAADEL e LETTINGA, 1994).

CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DAS LAGOAS ANAERÓBIAS

O dimensionamento das lagoas anaeróbias é realizado parte com base em métodos racionais e parte empiricamente (SILVA & MARA, 1979).

Uma lagoa anaeróbia criteriosamente projetada poderá operar livre de maus odores, oferecendo uma redução de DBO na faixa de 35 até 60%. Entre os parâmetros principais a serem observados no seu dimensionamento deve-se ressaltar (JORDÃO & PESSÔA, 1995; CETESB, 1989; SILVA & MARA, 1979; PROJETO DE NORMAS PARA LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO, 1991):

- o tempo de detenção hidráulico: deve ser suficiente para a sedimentação de sólidos e para a degradação anaeróbia da matéria orgânica solúvel. O tempo de detenção deve ser, no mínimo, igual ao necessário para a geração das bactérias formadoras de metano, que requerem de 2 a 5 dias, as de crescimento mais rápido, e de 20 a 30 dias, as de crescimento mais lento. Assim, o tempo de detenção nas lagoas anaeróbias para esgotos domésticos pode ser adotado entre 2 e 5 dias, teoricamente, buscando minimizar problemas de odor. A tabela 6 apresenta as faixas admissíveis, de acordo com os procedimentos da Norma Brasileira (1991).

Tabela 6. – Faixas admissíveis para projeto de Lagoas anaeróbias (PNB-Lagoas Estabilização –1991)

Temperatura média da lagoa no mês mais frio	Tempo de detenção final e inicial	Eficiência de remoção da DBO
$\leq 20^{\circ}\text{C}$	$\geq 4\text{d} \leq 6\text{d}$	$\leq 50\%$
$> 20^{\circ}\text{C}$	$\geq 3\text{d} \leq 5\text{d}$	$\leq 60\%$

Com tempos de detenção superiores a 6 dias, a lagoa anaeróbia poderia se comportar como uma lagoa facultativa. Tal é indesejável, pois a presença de oxigênio dissolvido é fatal para as bactérias metanogênicas. As lagoas anaeróbias têm de funcionar como lagoas anaeróbias estritas, não podendo oscilar entre condições anaeróbias, facultativas e aeróbias.

- A taxa de aplicação da carga orgânica : a taxa de aplicação da carga orgânica é volumétrica, uma vez que a lagoa anaeróbia opera como um digestor. A tendência é manter pelo menos $100 \text{ g DBO/m}^3 \cdot \text{d}$, de modo a manter a lagoa totalmente anaeróbia, e não mais de 400, para evitar a emissão de maus odores, embora grande número de lagoas no Brasil venha operando bem com cargas relativamente baixas, como $50 \text{ g DBO/m}^3 \cdot \text{d}$. É importante, na adoção desses parâmetros, relacionar as cargas às condições climáticas locais, em particular à temperatura.

- A profundidade: recomenda-se projetar uma lagoa mais profunda, com 3 a 5 metros de profundidade, para garantir a predominância das condições anaeróbias. Existem vantagens importantes em se adotar lagoas mais profundas, tais como: menor área superficial, menor ação do meio externo sobre o meio líquido, volume adequado para acumulação de sólidos. O projeto de norma recomenda que quando não houver remoção prévia da areia, a lagoa anaeróbia deve ser dotada de profundidade adicional de pelo menos 0,5 m, junto à entrada, estendendo-se pelo menos 25% da área da lagoa. A profundidade não necessita ser uniforme, ao contrário das lagoas aeróbias e facultativas.

- Distribuição uniforme do esgoto afluente: é difícil existir uma distribuição uniforme do esgoto ao longo da lagoa, ocorrendo influências do vento, de diferenças de temperatura, ocasionando curtos-circuitos, deposição irregular de sólidos na entrada, redução do tempo de detenção hidráulico. Procura-se então projetar entradas e saídas múltiplas, cortinas de anteparo, proteção contra a ação dos ventos, dispersão adequada do fluxo, e superfície limitada a 5 ha.

Em vista do projeto das lagoas anaeróbias ser feito basicamente por um método empírico, seu uso será tanto mais preciso quanto mais forem os dados existentes na região onde se pretende construir a lagoa, referentes a pesquisas já efetuadas ou mesmo dados operacionais de lagoas anaeróbias já existentes.

EFICIÊNCIA DAS LAGOAS ANAERÓBIAS

Em comparação com as lagoas facultativas ou aeróbias, a quantidade de DBO removida por unidade de volume ou de superfície de uma lagoa anaeróbia é muito maior. Entretanto, o efluente tem baixo padrão de qualidade e quase sempre deverá ser submetido a um tratamento posterior. Nas lagoas anaeróbias consegue-se uma remoção de 50 a 80% da DBO,

de modo que o tratamento posterior terá de ser dimensionado apenas para a carga poluidora remanescente. É esta a razão pela qual a associação de lagoas anaeróbias às de outro tipo resulta em economia de área.

Sob o ponto de vista bacteriológico, a eficiência das lagoas anaeróbias é muito menor que a das aeróbias, em virtude da falta de oxigênio e da ação dos raios ultravioletas do sol. Pode-se considerar de maneira geral que não é frequente a remoção de mais do que 40 a 50% dos coliformes.

Quanto ao efluente, este não contém oxigênio livre, tem grande quantidade de gases dissolvidos, tem DBO mais ou menos elevada, apresenta frequentemente turbidez, tem cor acinzentada, devendo por este motivo sofrer tratamento posterior, usualmente através de lagoas facultativas ou aeróbias.(CETESB,1979)

ASPECTOS GERAIS NAS LAGOAS ANAERÓBIAS

De acordo com CETESB (1989) e JORDÃO & PESSÔA (1995) são os seguintes os aspectos ou características de um funcionamento normal de lagoas anaeróbias:

- Não deverá existir vegetais no talude interno das lagoas. Capim e mato deverão ser periodicamente cortados, pois assim se evitará o aparecimento de insetos.
- Muitas vezes, devido à inclinação do talude e à pequena profundidade no encontro da água de superfície com o terreno, poderão aparecer manchas verdes, indicando o aparecimento de colônias de algas. Essas manchas verdes deverão ser removidas.
- Uma lagoa anaeróbia bem operada estará coberta inteiramente com uma densa capa de espuma, contendo óleos, plásticos e uma série de materiais flutuantes. A formação dessa camada de espuma tende a aumentar quanto maior for a carga orgânica aplicada, existindo muita polêmica a respeito da utilidade ou não dessa crosta. Alguns dos operadores dessas instalações reclamam dos seus inconvenientes: mau aspecto da lagoa, causa dos maus odores na unidade e que se constitui num criadouro favorável para proliferação de mosquitos e moscas e numa fonte de alimento para alguns pássaros. Em contrapartida, a experiência de diversos países demonstra a grande utilidade em se manter essa camada de espuma: exclusão do oxigênio dissolvido, diminuição de odores e manutenção do calor no conteúdo líquido das lagoas.
- O nível de odor é suportável para um visitante e não mais perceptível a uma certa distância da unidade. Mas tanto a distância quanto o grau de percepção são aspectos essencialmente qualitativos e, conseqüentemente, não mensuráveis, variando de um indivíduo para outro. Quem lida habitualmente com a instalação ou perde esse tipo de sensibilidade ou se acostuma com os odores típicos do processo.
- A cor predominante característica de um processo anaeróbio oscila do acinzentado escuro ao preto.
- No efluente da instalação são perceptíveis as emanções de gases inodoros como metano e gás carbono.

- O pH do líquido e da camada de lodo mantêm-se levemente alcalino (7,0 a 7,6) ou numa faixa mínima aceitável de 6,8 a 7,2 ou de 7,0 a 7,2.
- As temperaturas do líquido e da camada de lodo não sofrem grandes oscilações e a mínima do lodo deve permanecer preferencialmente, acima dos 20°C.
- Ausência de oxigênio em todo o volume ou com uma tênue camada de coloração esverdeada em virtude da permanência, na superfície, de algumas espécies de algas mais resistentes.
- Em lagoas profundas, o processo de liberação de bolhas de gás ou de placas de lodo na superfície é visivelmente menor que em unidades rasa e predomina nas áreas de influência dos tubos de alimentação.
- Ocasionalmente, pode-se perceber uma coloração rósea na superfície líquida, que indica a presença de bactérias fotossintéticas redutoras e, conseqüentemente, o estágio de uma lagoa anaeróbia moderadamente carregada.

4.2.2- LAGOAS FACULTATIVAS

As lagoas facultativas são a variante mais simples dos sistemas de lagoas de estabilização. Basicamente, o processo consiste na retenção dos esgotos por um período de tempo longo o suficiente para que os processos naturais de estabilização da matéria orgânica se desenvolvam. As principais vantagens e desvantagens das lagoas facultativas estão associadas, portanto, à predominância dos fenômenos naturais (VON SPERLING, 1996-b).

As vantagens relacionam-se à grande simplicidade e à confiabilidade da operação. Os processos naturais são via de regra confiáveis: não há equipamentos que possam estragar ou esquemas especiais requeridos. No entanto, a natureza é lenta, necessitando de longos tempos de detenção para que as reações se completem, o que implica em grandes requisitos de área. A atividade biológica é grandemente afetada pela temperatura, principalmente nas condições naturais das lagoas. Desta forma, as lagoas de estabilização são mais apropriadas onde a terra é barata, o clima favorável, e se deseja ter um método de tratamento que não requeira equipamentos ou uma capacitação especial dos operadores (ARCEIVALA, 1981).

Segundo JORDÃO & PESSÔA (1995) a lagoa facultativa se caracteriza por possuir uma zona aeróbia superior, em que os mecanismos de estabilização da matéria orgânica são a oxidação aeróbia e a redução fotossintética, e uma zona anaeróbia na camada de fundo, onde ocorrem os fenômenos típicos da fermentação anaeróbia. A camada intermediária entre essas duas zonas é dita facultativa, predominando os processos de oxigenação aeróbia e fotossintética. A lagoa facultativa pode ser projetada para operar como uma única unidade; ou em seqüência a uma lagoa anaeróbia, aerada, ou mesmo após uma estação de tratamento. Algumas vezes pode também anteceder uma série de lagoas de polimento ou maturação.

DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Na lagoa facultativa todo o processo ocorre como um ciclo natural e contínuo. As principais reações biológicas incluem (JORDÃO & PESSÔA, 1995) :

- oxidação da matéria orgânica carbonácea pelas bactérias;
- nitrificação da matéria orgânica nitrogenada pelas bactérias;
- oxigenação da camada superior da lagoa através da fotossíntese das algas; e
- redução da matéria orgânica carbonácea por bactérias anaeróbias no fundo da lagoa.

O processo de estabilização se inicia imediatamente com a entrada do afluente na lagoa. Parte dos sólidos em suspensão, incluindo também parte dos coloidais, sedimentam ou são precipitados pela ação de sais solúveis existentes nas águas, concentrados por efeito da evaporação. A decomposição da matéria orgânica sedimentada, em parte é efetuada na ausência de oxigênio dissolvido, especialmente nas camadas mais profundas (CETESB, 1979).

De acordo com VON SPERLING (1996-b), este lodo de fundo sofre o processo de decomposição por microrganismos anaeróbios, sendo convertido lentamente em gás carbônico, água, metano e outros. Após um certo período de tempo, apenas a fração inerte (não biodegradável) permanece na camada de fundo. O gás sulfídrico gerado não causa problemas de mau cheiro, pelo fato de ser oxidado, por processos químicos e bioquímicos, na camada superior.

A matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel), conjuntamente com a matéria orgânica em suspensão de pequenas dimensões (DBO finamente particulada) não sedimenta, permanecendo dispersa na massa líquida. Na camada mais superficial, tem-se a zona aeróbia. Nesta zona, a matéria orgânica é oxidada por meio da respiração aeróbia. A matéria orgânica é sintetizada pelas bactérias, convertida em matéria celular, CO_2 e água, na presença de oxigênio dissolvido. Parte do carbono serve como fonte de energia para os organismos, e é respirado como CO_2 ; parte é utilizado com o nitrogênio e o fósforo para formar novas células. São assim as bactérias as responsáveis pelas transformações de substâncias orgânicas complexas em matéria solúvel, que atravessa a parede celular e é convertida em energia, protoplasma e produtos finais (que por sua vez atravessam a parede celular e se difundem no meio líquido – CO_2 , amônia, fosfatos).

Paralelamente, algas utilizam o CO_2 desprendido pelas bactérias, sintetizam a matéria necessária a seu próprio desenvolvimento (protoplasma das algas) e liberam oxigênio em presença da energia solar. São assim as algas responsáveis pela produção da maior parte do oxigênio dissolvido na lagoa, necessário para satisfazer a demanda de oxigênio das bactérias (a outra fonte é a difusão de oxigênio da atmosfera na lagoa). As algas, necessitando de luz solar, se localizam preferencialmente na camada superior, normalmente com 15 a 40 cm de profundidade (JORDÃO & PESSÔA, 1995).

À medida em que se aprofunda na lagoa, a penetração da luz é menor, o que ocasiona a predominância do consumo de oxigênio (respiração) sobre a produção (fotossíntese), com a eventual ausência de oxigênio dissolvido a partir de uma certa profundidade. Ademais, a fotossíntese só ocorre durante o dia, fazendo com que durante a noite possa prevalecer a ausência de oxigênio. Devido a estes fatos, é essencial que haja diversos grupos de bactérias, responsáveis pela estabilização da matéria orgânica, que possam sobreviver e proliferar, tanto na presença, quanto na ausência de oxigênio. Na ausência de oxigênio livre, são utilizados outros aceptores de elétrons, como nitratos (condições anóxicas) e sulfatos e CO_2 (condições

anaeróbias). Esta zona, onde pode ocorrer a presença ou a ausência de oxigênio, é denominada zona facultativa (VON SPERLING, 1996-b).

Como comentado, o processo de lagoas facultativas é essencialmente natural, não necessitando de nenhum equipamento. Por esta razão, a estabilização da matéria orgânica se processa em taxas mais lentas, implicando na necessidade de um elevado período de detenção na lagoa (usualmente superior a 20 dias). A fotossíntese, para que seja efetiva, necessita de uma elevada área de exposição para o melhor aproveitamento da energia solar pelas algas, desta forma implicando na necessidade de grandes unidades. Em decorrência, a área total requerida pelas lagoas facultativas é a maior dentre todos os processos de tratamento dos esgotos, excluindo-se apenas os processos de disposição sobre o solo. Locais com elevada radiação solar e baixa nebulosidade são bastantes propícios à implantação de lagoas facultativas.

CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DAS LAGOAS FACULTATIVAS

O PROJETO DE NORMA PARA LAGOAS (1991) considera aplicáveis os seguintes métodos de dimensionamento, baseados:

- na temperatura;
- na taxa de aplicação superficial de carga orgânica;
- na remoção do substrato; e
- nos fatores de dispersão.

Método de dimensionamento baseado na temperatura, segundo Gloyna

Segundo JORDÃO & PESSOA (1995), os estudos de Gloyna e Hermann partiram de determinações experimentais, em laboratório, em que obtiveram uma redução da DBO da ordem de 80 a 90%, baseada em amostras não filtradas do afluente, e filtradas do efluente, sendo o esgoto doméstico bruto, com DBO₅ de 200 mg/l. A maior eficiência foi conseguida com 7 dias de tempo de detenção a uma temperatura de 35°C, o que com os ajustes levou as seguintes equações:

$$V = 3,5 \times 10^{-2} \times Q L_a (1,085)^{(35-T)} \quad (4.14)$$

$$A = 3,5 \times 10^{-6} \times Q L_a h^{-1} (1,085)^{(35-T)} \quad (4.15)$$

Onde, V= volume (m³);
 Q= vazão (m³/d);
 L_a= DBO total de 1º estágio;
 T= temperatura média da lagoa (°C);
 A= área (há);
 h= profundidade da lagoa (m).

A grande facilidade deste método é que conhecidas a vazão e a DBO afluente, basta fixar a profundidade da lagoa, e de acordo com a temperatura, o volume e a área estão determinados. A temperatura deverá ser a da massa líquida, considerada a média do mês mais frio.

Para os casos mais usuais em que é conhecida a temperatura do ar T_a é possível relacionar este valor à temperatura média da lagoa, T , ou à temperatura da camada superficial, T_s , a partir de correlações publicadas. A adoção de uma dessas correlações deve ser feita considerando aspectos climatológicos similares, como radiação solar, evaporação, ventos, etc.

Existem diversos outros métodos publicados, relacionados à temperatura do ar, que também são usuais.

Taxa de aplicação superficial

A área requerida para a lagoa é calculada em função da taxa de aplicação superficial, expressa em termos da carga de DBO (L , em kgDBO_5/d), que pode ser tratada por unidade de área da lagoa (A , em ha).

$$A = L/L_s \quad (4.16)$$

Onde:

A = área requerida para a lagoa (ha);

L = carga de DBO total afluente ($\text{kg DBO}_5/\text{d}$);

L_s = taxa da aplicação superficial ($\text{kgDBO}_5/\text{ha.d}$).

Segundo VON SPERLING (1996-b) a taxa a ser adotada varia com a temperatura local, latitude, exposição solar, altitude e outros. Locais com clima e insolação extremamente favoráveis, como o nordeste do Brasil, permitem a adoção de taxas bem elevadas, eventualmente superiores a $300 \text{ kgDBO}_5/\text{ha.d}$, o que implica em menores áreas superficiais da lagoa. Por outro lado, locais de clima temperado requerem taxas de aplicação inferiores a $100 \text{ kgDBO}_5/\text{ha.d}$. Em nosso país, tem-se adotado taxas variando de:

- Regiões com inverno quente e elevada insolação: $L_s = 240$ a $350 \text{ kgDBO}_5/\text{ha.d}$
- Regiões com inverno e insolação moderados: $L_s = 120$ a $240 \text{ kgDBO}_5/\text{ha.d}$
- Regiões com inverno frio e baixa insolação: $L_s = 100$ a $180 \text{ kgDBO}_5/\text{ha.d}$

Para diferentes valores de temperatura, tem-se diferentes taxas de aplicação, conforme a Tabela 7.

Tabela 7. – Relação entre a temperatura e a taxa de aplicação superficial.

T média do ar (°C)	L_s ($\text{kgDBO}_5/\text{ha.d}$)	T média do líquido no mês mais frio (°C)	L_s ($\text{kgDBO}_5/\text{ha.d}$)
15	142	15	167
20	201	20	253
25	284	25	350
30	403	30	440

Fonte : VON SPERLING (1996-b)

Não há um valor máximo absoluto de área, a partir do qual o sistema de lagoas facultativas se torna inviável. O PROJETO DE NORMA PARA LAGOAS (1991) recomenda que a área de uma lagoa facultativa não seja superior a 15 ha. Nestas condições, deve-se dividir o sistema em um maior número de lagoas.

Método baseado na taxa de remoção do substrato

Este método se baseia em um modelo de equilíbrio contínuo, que admite que a lagoa se comporta como um reator biológico de mistura completa, e que a remoção de substrato (DBO) segue uma cinética de primeira ordem.

Método baseado nos fatores de dispersão

No caso de lagoas de estabilização, os fatores relacionados a escoamento hidráulico, ocorrência de curto-circuitos, dispersão, apresentam grande influência em relação à eficiência do sistema, e neste método o dimensionamento das lagoas facultativas utiliza equações que consideram o número de dispersão, conforme abordado no item 3.2.3- Influência do regime hidráulico, deste trabalho.

EFICIÊNCIA DAS LAGOAS FACULTATIVAS

As lagoas facultativas apresentam excelente eficiência de tratamento. A matéria orgânica dissolvida no efluente das lagoas é bastante estável, e a remoção da DBO situa-se na faixa de 75 a 95%, e a DBO remanescente geralmente encontra-se numa faixa de 30 a 50 mg/l (havendo uma separação de algas, esta concentração pode reduzir-se para 15 a 30 mg/l). Nem sempre porém o objetivo será a remoção da DBO ou da DQO – interessará muitas vezes a remoção de organismos coliformes, e tem-se alcançado até 99,9999% de eficiência em lagoas de maturação em série. Modernamente se aceita que as lagoas devem cumprir dois objetivos principais: a proteção ambiental, e nesse caso tem-se em vista principalmente a remoção da DBO; e a proteção da saúde pública, e aí se visa a remoção de organismos patogênicos (JORDÃO E PESSOA, 1995 e CETESB, 1979).

ASPECTOS GERAIS NAS LAGOAS FACULTATIVAS

Os seguintes aspectos podem ser observados nas lagoas do tipo facultativas (JORDÃO & PESSÔA, 1995; VON SPERLING, 1996-b; CETESB, 1979; CETESB, 1989):

- Uma lagoa facultativa bem operada possuirá oxigênio dissolvido em toda a massa líquida atingida pela radiação luminosa.
- O efluente de uma lagoa facultativa bem operada possuirá uma cor verde intensa, parcialmente transparente, altos valores de pH e OD e não deverá possuir sólidos em suspensão sedimentáveis. Como já foi mencionado anteriormente no item *O Papel das Algas*, uma das grandes deficiências dessas lagoas é a quantidade de algas presentes no efluente, que contribuem para o aumento dos sólidos em suspensão. Para reduzir a quantidade de algas, recomenda-se a retirada do líquido dessas lagoas a uma profundidade mínima de um terço da lâmina de água, contada a partir da superfície líquida.
- Quando o efluente está com uma aparência verde muito claro ou mesmo amarelado, pode significar uma predominância de rotíferos, protozoários ou crustáceos sobre as

algas, uma vez que os mesmos se alimentam das algas e podem causar sua destruição em poucos dias. É importante ressaltar que uma diminuição de população de algas implica no decréscimo de OD na lagoa e na emissão de odores desagradáveis. Estes aspectos, todavia, quando presentes numa lagoa de maturação ou polimento, são considerados indicadores de bom funcionamento e da presença de matéria orgânica já estabilizada.

- Se a cor de uma lagoa facultativa muda do verde para o acinzentado, indica que está havendo uma sobrecarga de esgoto na lagoa e/ou um período de retenção tão curto que não possibilita uma completa fermentação da camada de lodo. Neste caso, desde que seja possível, deverá ser colocada em marcha uma segunda lagoa em paralelo com a primeira lagoa, sendo esta retirada temporariamente de operação, até que se recupere.

- Em alguns casos, com a elevação excessiva da temperatura, havendo concomitância da elevação do pH, ocorrerá a formação de hidróxido de magnésio e sulfato de cálcio que se precipitam e, ao fazê-lo carreiam para o fundo as algas e outros microrganismos. É o fenômeno de autofloculação e que leva a lagoa facultativa a ficar com uma cor verde leitosa. Ele acontece principalmente no verão, tanto em lagoas rasa quanto na superfície quente de lagoas profundas; nestas últimas a autofloculação é mais perceptível durante os dias de sol e sem vento.

- O aparecimento de uma cor azulada ou mesmo de manchas verdes intensas (verdadeiras capas) indica uma excessiva proliferação de algas azuis. Estas manchas deverão ser destruídas com o auxílio de uma vara ou de jatos de mangueira, porque senão haverá o aparecimento de maus odores quando estas algas morrerem. Essas manchas de superfloração de algas impedem a penetração da luz solar fazendo com que o nível de oxigênio dissolvido na lagoa diminua.

- Não deverão existir vegetais, capim, mato no interior de uma lagoa de estabilização facultativa. Os vegetais facilitam o aparecimento de insetos, que causam reclamações dos moradores da região. Nunca se deve plantar grama no nível d'água de uma lagoa facultativa. A grama só deverá ser plantada acima da proteção interna do talude que é feita de concreto magro, pedras rejuntadas, asfalto, etc. No dique externo deverá, no entanto, ser plantada grama para evitar a erosão do mesmo.

- A operação principal de uma lagoa facultativa é o controle da altura do nível d'água, isto é, da profundidade da lâmina. Nos meses em que a temperatura é baixa ou quando o tempo está continuamente nebuloso, a lagoa deverá operar com profundidade mínima. No verão, em dias ensolarados e com pouca nebulosidade, a lagoa deverá operar com a profundidade máxima.

- As lagoas não devem ser cercadas por bosques densos ou muros altos, pois estes elementos constituem verdadeiras barreiras à ação dos ventos.

- A inexistência de maus odores indica um bom funcionamento da lagoa, com predominância das condições aeróbias.

- Uma lagoa de estabilização, bem operada e com adequada manutenção, constitui um processo como outro qualquer de tratar esgotos, e que não causará perturbações à vizinhança e nem provocará decepções aos visitantes.

4.2.3- LAGOAS DE MATURAÇÃO/POLIMENTO

As lagoas de maturação são usadas ao final de qualquer dos sistemas de lagoas de estabilização, ou, em termos mais amplos, qualquer sistema de tratamento de esgotos, com a finalidade de uma melhoria da qualidade do efluente tratado, através da redução de organismos patogênicos, e particularmente coliformes (JORDÃO & PESSÔA,1995; VON SPERLING,1996-b).

O principal objetivo das lagoas de maturação é a remoção de patogênicos, e não a remoção adicional de DBO. As lagoas de maturação constituem-se numa alternativa bastante econômica à desinfecção do efluente em comparação com métodos mais convencionais, como a cloração.

Na verdade, tem-se em consideração aspectos de proteção da saúde pública, buscando-se a diminuição da concentração de bactérias, vírus, parasitos, nos corpos d'água, e a conseqüente redução das doenças de veiculação hídrica. Este é um enfoque recente já difundido na América Latina, que considera que a redução da DBO nas lagoas cumpre um papel de proteção ambiental, enquanto a redução de organismos patogênicos visa a proteção da saúde pública.

Diversos fatores contribuem para a mortandade dos patogênicos, como temperatura, insolação, pH, escassez de alimentos, organismos predadores, competição e compostos tóxicos. Vários destes mecanismos se tornam mais efetivos com menores profundidades da lagoa, o que justifica que as lagoas de maturação sejam mais rasas comparadas aos demais tipos de lagoas. Dentre os mecanismos associados a menores profundidades da lagoa, pode-se citar (VAN HAANDEL & LETINGA,1994; VAN BUUREN ET AL,1995; VON SPERLING,1996-b):

- Maior penetração da radiação solar bactericida (radiação ultravioleta);
- Elevação do pH ($\text{pH} > 8,5$), em razão da fotossíntese;
- Elevação da concentração de OD, em virtude da fotossíntese, o que favorece a comunidade aeróbia, mais eficiente na competição por alimentos e na eliminação dos patogênicos).

As lagoas de maturação devem atingir elevadíssimas eficiências na remoção de coliformes (superior a 99,9 ou 99,99%), para que possam ser cumpridos os padrões para corpos d'água, em função da classe a que pertencem (Resolução CONAMA n° 20) .

Com relação aos outros organismos de interesse na saúde pública, mas não bem representados pelos coliformes, as lagoas usualmente atingem eliminação total de helmintos, cistos e ovos (ARCEIVALA, 1981).

O PROJETO DE NORMAS BRASILEIRAS (1991) admite o dimensionamento das lagoas de maturação com base na taxa de decaimento das bactérias ou no tempo de detenção. Nesse último caso o tempo de detenção mínimo deve ser de 2 dias em cada lagoa, e preferivelmente o volume necessário deve ser dividido em lagoas múltiplas dispostas em série, com profundidade entre 0,60 e 1,50 m., evitando-se maiores profundidades e estratificação no corpo da lagoa, visto que as regiões eventualmente anaeróbias diminuem a taxa de decaimento dos organismos.

4.2.4- LAGOAS AERADAS

As lagoas aeradas constituem uma modalidade de processo de tratamento através de lagoas de estabilização, onde o suprimento de oxigênio é realizado artificialmente por dispositivos eletromecânicos, com a finalidade de manter uma concentração de oxigênio dissolvido em toda ou em parte da massa líquida, garantindo as reações bioquímicas que caracterizam o processo (JORDÃO & PESSÔA, 1995).

Os fatores de maior influência na seleção deste processo são a área adequada disponível, a fonte de energia elétrica e, obviamente, os custos de implantação e operação.

O uso de lagoas de estabilização facultativas (fotossintéticas) apresenta como principal desvantagem a grande área ocupada, que chega a ser até cinco vezes maior do que a necessária para as lagoas aeradas, resultado das pequenas profundidades exigidas naquele tipo de lagoas. As lagoas aeradas por sua vez, devido ao fornecimento contínuo de oxigênio, dia e noite, e devido à capacidade de mistura dos equipamentos de aeração, permitem adotar maiores profundidades, menor tempo de detenção, resultando conseqüentemente menor área ocupada.

As lagoas aeradas podem ser classificadas de acordo com a grande flexibilidade na concepção de projetos e procedimentos operacionais, bem como com o comportamento e a cinética do processo. Classicamente as lagoas aeradas costumam ser classificadas em dois tipos (JORDÃO & PESSÔA, 1995):

- lagoas aeradas aeróbias, ou de mistura completa e;
- lagoas aeradas facultativas.

Alguns autores estendem esta classificação a um terceiro tipo (ALÉM SOBRINHO & RODRIGUES, 1982):

- lagoas aeradas aeróbias com recirculação de lodo.

As lagoas aeradas aeróbias são similares aos tanques de aeração de lodos ativados sem recirculação de lodo, onde a quantidade e distribuição do ar deve ser suficiente para manter uma concentração mínima de oxigênio em toda a massa líquida, e garantir um fluxo contínuo e uma mistura completa dos esgotos, sem qualquer acúmulo de material no fundo da lagoa. Caracterizam-se ainda por requererem maior potência de agitação, de modo a garantir condições de total aerobiose. O tempo de detenção típico em uma lagoa aerada de mistura completa é da ordem de 2 a 4 dias (JORDÃO & PESSÔA, 1995; VON SPERLING, 1996-b).

As lagoas aeradas facultativas têm as mesmas características construtivas das lagoas aeradas aeróbias, com acréscimo da profundidade correspondente ao volume necessário para o armazenamento do material sedimentado, onde se processa a fase anaeróbia. Assim sendo, embora o suprimento de ar seja suficiente para manter oxigênio dissolvido na maior parte da massa líquida (camada superficial), não é suficiente para estabelecer a mistura completa nem o fluxo contínuo, permitindo a separação por sedimentação de parcela dos sólidos em suspensão, e subsequente decomposição anaeróbia. Este tipo de lagoa requer menor potência de agitação (JORDÃO & PESSÔA, 1995).

Devido à introdução de mecanização, as lagoas aeradas são menos simples em termos de manutenção e operação, comparadas com as lagoas facultativas convencionais. A redução dos requisitos de área é conseguida, portanto, com uma certa elevação no nível de operação, além da introdução do consumo de energia elétrica.

As lagoas facultativas convencionais sobrecarregadas e sem área para expansão podem ser convertidas a lagoas aeradas facultativas, através da inclusão de aeradores. É interessante, no entanto, prever esta possibilidade desde o período de projeto das lagoas facultativas, como parte da etapalização da estação, para que possam ser colocadas placas protetoras de concreto no fundo, abaixo dos aeradores, e para que seja selecionada uma profundidade que seja compatível com os futuros equipamentos de aeração (VON SPERLING, 1996-b).

A fim de obter um efluente que possa ser lançado no corpo receptor com uma concentração reduzida de sólidos em suspensão - e consequentemente com menor DBO, é recomendado que a lagoa aerada seja seguida de uma lagoa final de sedimentação do lodo.

4.3- IMPACTOS AMBIENTAIS

A resolução do CONAMA (nº 001/86) caracteriza como impacto qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causadas por qualquer forma de matéria ou energia resultantes das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e, a qualidade dos recursos ambientais.

De acordo com MOTA (1995) os impactos podem, para efeito de análise, serem considerados como:

- impactos diretos e indiretos;
- impactos benéficos e adversos;
- impactos temporários, permanentes e cíclicos;
- impactos imediatos e a médio e longo prazos;
- impactos reversíveis e irreversíveis;
- impactos locais, regionais e estratégicos.

São vários os métodos existentes para a avaliação dos impactos ambientais:

- método "ad hoc" (reunião de especialistas);

- listagens de controle (“cheklist”): simples, descritivas, comparativas, em questionários, ponderáveis;
- matrizes de interação: simples ou derivadas;
- redes de interação (diagrama de sistema);
- superposição de cartas;
- modelos de simulação.

Esses métodos de avaliação podem ser assim caracterizados:

- método “ad hoc”: reunião de técnicos e cientistas, cujas especialidades são escolhidas de acordo com as características da proposta a ser analisada; fornece orientação quanto aos impactos mais prováveis, e quanto à melhor alternativa a ser escolhida; são úteis como técnica de previsão de impactos;
- listagens de controle: caracterizado por uma lista de todos os parâmetros e fatores ambientais que possam ser afetados por uma proposta;
- matrizes de interação: matrizes que dispõem em um dos eixos os fatores ambientais e no outro as diversas ações referentes a um projeto; nas quadriculas definidas pela intersecção das linhas e colunas, assinalam-se os prováveis impactos de cada ação sobre cada fator ambiental;
- redes de interação: estabelecem a sequência de impactos desencadeada por cada uma das ações, através da construção de gráficos ou diagramas;
- superposição de cartas: confecção de cartas temáticas de uma mesma área geográfica, uma para cada fator ambiental (embasamento geológico, tipo de solo, declividade, cobertura vegetal, rede hidrográfica, etc.); as cartas são superpostas para permitir a síntese das informações ou a situação ambiental de uma certa área;
- modelos de simulação: modelos matemáticos destinados a representar, tanto quanto possível, a estrutura e o funcionamento dos sistemas ambientais.

5. – MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. – DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS TÍPICOS DO ESGOTO SANITÁRIO BRUTO DAS LOCALIDADES DO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS

Para o estudo foram selecionados 5 (cinco) sistemas de tratamento de esgotos domésticos, operados pela CASAN- Regional de Florianópolis: Lagoa da Conceição, Canasvieiras, Morro da Caixa, Sistema Continental de Florianópolis- Potecas e Sistema Insular de Florianópolis. A Figura 1 apresenta o mapa de situação, no qual estão representadas as localidades onde se situam os referidos sistemas.

Foram levantados os dados existentes sobre o esgoto bruto que chega a estes sistemas, os quais são processados através dos monitoramentos de rotina efetuados pela equipe de coleta e análise de dados da Regional de Florianópolis, sob supervisão da Bioquímica Maria Aparecida da Silva.

Os parâmetros monitorados são: temperatura do ar, temperatura da amostra, pH, alcalinidade total, cloretos, DQO, DBO₅, sólidos totais, sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos, sólidos sedimentáveis, coliformes totais e coliformes fecais. O transporte e a preservação das amostras, bem como as análises obedecem as normas técnicas recomendadas pelo STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION FOR WATER AND WASTEWATER (1989).

A coleta de amostras em cada sistema de tratamento é efetuada no mínimo uma vez por mês, sendo todas as amostras simples e pontuais. A Tabela 8 mostra o período de estudo de cada sistema selecionado. Dos dados existentes foram compilados e analisados os mais recentes, referentes aos anos de 1996 e 1997, sendo que alguns sistemas possuem poucos dados por terem iniciado sua operação justamente nessa época. A partir dessa compilação foi efetuado o tratamento estatístico do conjunto de dados, utilizando-se o software "STATISTICA"- versão 5.0 de 1995, da STATSOFT.

Tabela 8. – Sistemas selecionados e período de estudo

Sistemas	Período
Lagoa da Conceição	Jan/96 a dez/97
Canasvieiras	Mar/96 a nov/97
Morro da Caixa	Jan/96 a nov/97
Continental Florianópolis – Potecas	Jan/96 a dez/97
Insular – Florianópolis	Jun/96 a out/97

No tratamento estatístico dos dados foram apresentados o número de dados válidos para cada parâmetro, a média aritmética de cada um, o valor mínimo e o máximo do parâmetro analisado e seu desvio padrão.

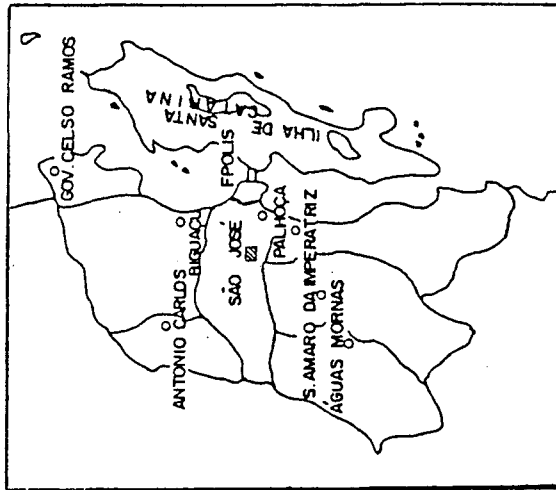
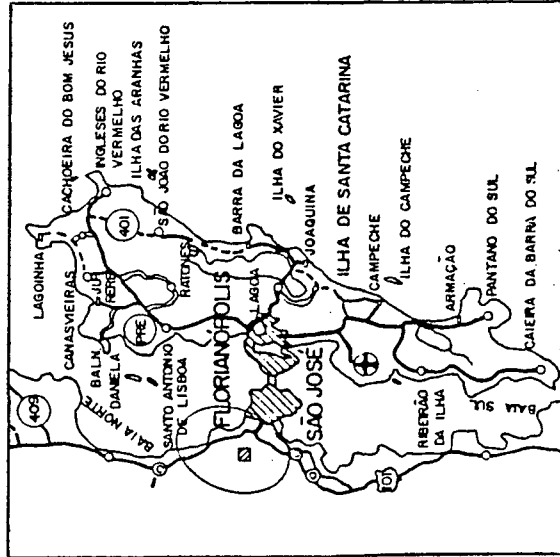
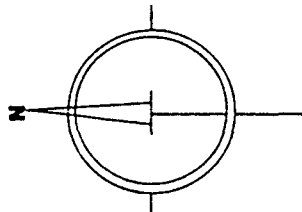
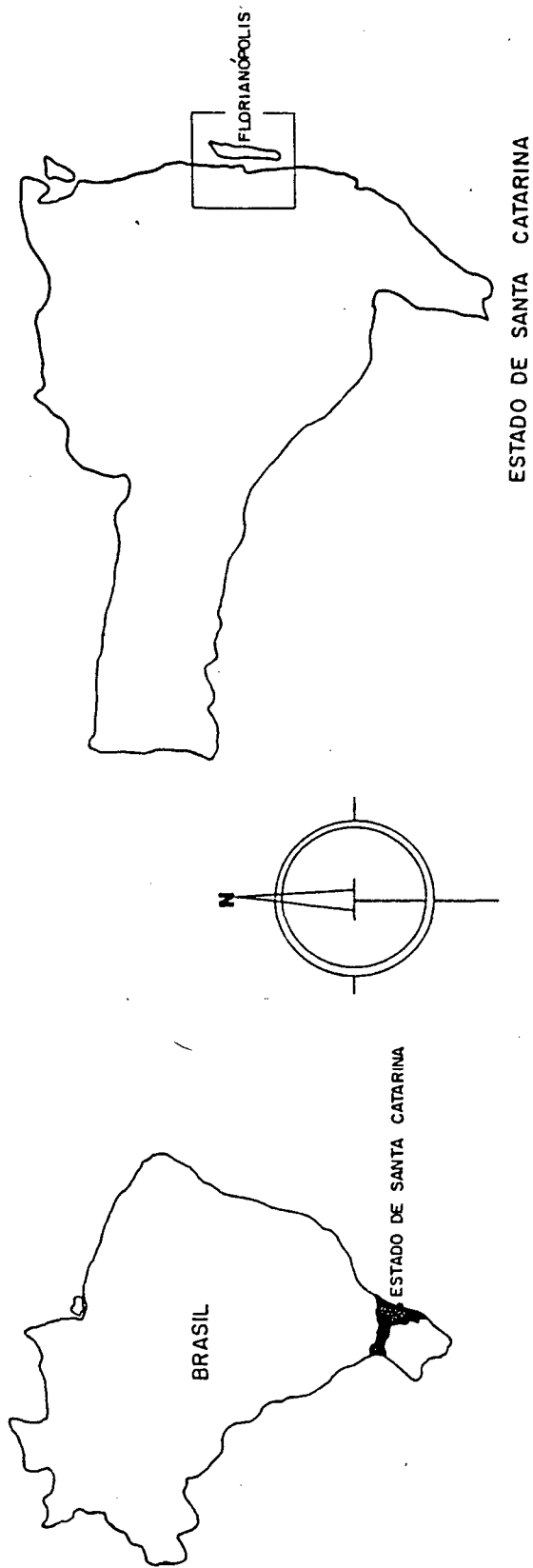
A média (soma dos valores do grupo de dados dividida pelo número de valores) é uma *medida da tendência central* para uma série de valores, porém a média sozinha não descreve

o comportamento dos dados dentro do grupo de valores estudado. As medidas de *tendência central* são úteis por identificarem um valor *típico* em um grupo de valores.

Por outro lado, as *medidas de variabilidade* dizem respeito a descrição de um grupo de valores em termos da variabilidade existente entre os itens incluídos dentro do grupo. Existem diversas técnicas disponíveis para a mensuração da variabilidade em conjuntos de dados, dentre as quais destacamos a *variância* e o *desvio padrão*. A *variância* é o somatório das diferenças ao quadrado entre cada valor do conjunto de dados e a média aritmética do grupo, dividida pelo número de dados do conjunto.

Em geral é difícil interpretar o significado do valor da *variância* porque as unidades nas quais tal valor é expresso não são as mesmas que as das observações do conjunto de dados. Por esta razão, a raiz quadrada da *variância*, chamada de *desvio padrão*, é o que se utiliza com mais frequência para interpretar a variabilidade do conjunto de dados em estudo.

De cada sistema selecionado foi pesquisado em projeto e com a Divisão de Operação de Esgotos da CASAN, bem como com o IPUF- Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis, as características da área atendida para que se pudesse fazer uma análise dos dados.



ESTADO DE SANTA CATARINA

FIGURA 1 - Mapa de situação dos sistemas de tratamento de esgotos da região da Grande Florianópolis.

5.2. – AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS POR LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO – POTECAS

5.2.1 – CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO

Para a avaliação do desempenho do complexo de lagoas – Potecas foi inicialmente caracterizado o sistema construído e em operação, através de visitas ao local, consultas à equipe de operação e de monitoramento do sistema, e pesquisa aos projetos na CASAN.

Os dados da vazão que chega a ETE- Potecas foram obtidos de relatórios elaborados pela DIOES- Divisão de Operação de Esgotos Sanitários da Regional de Florianópolis, da CASAN. Estes relatórios são elaborados com base nos dados fornecidos pelo macro-medidor eletromagnético instalado na elevatória “GB”, que reúne os esgotos de todas as redes coletoras dos bairros que contribuem para a estação de tratamento de Potecas. O macro-medidor, aferido periodicamente, armazena em fitas magnéticas dados de leitura do horímetro (h) e de leitura do macro-medidor (m³), que permitem o cálculo do tempo de funcionamento da bomba e do volume aduzido no período. De tempos em tempos esses dados são processados pela DIOES, gerando os relatórios com a vazão média diária do período acumulado entre a leitura anterior e a última leitura efetuada.

Foi também efetuada uma pesquisa sobre as condições climatológicas da região onde está implantada a estação e feita a caracterização do corpo receptor do efluente tratado. Para a caracterização do clima da região foram buscados dados de séries históricas da Estação “Florianópolis”, localizada no município de São José, obtidos através do CLIMERH-CENTRO INTEGRADO DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS DE SANTA CATARINA. Quanto ao corpo receptor, seus dados foram pesquisados na CASAN (no projeto da estação, através de plantas e de um software que faz a determinação das vazões), na FATMA- FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA, na PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ e através de visitas ao local.

5.2.2. – AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO COMPLEXO DE LAGOAS.

Para avaliação do desempenho do sistema de tratamento de esgotos por lagoas de estabilização de Potecas, foram selecionados os dados do monitoramento rotineiro efetuado pela equipe da CASAN, durante dois anos (1996-1997), portanto acompanhando todas as variações sazonais locais.

Os pontos de coleta estão representados na Figura 2, sendo:

- P1- afluente bruto, coletado no canal de chegada à ETE;
- P2- saída da lagoa anaeróbia, final do canal de interligação entre a lagoa anaeróbia e a facultativa 1;
- P3- na saída da lagoa facultativa 1;
- P4- na saída da lagoa facultativa 2;
- P5- na saída da lagoa facultativa 3 (efluente da ETE).

De uma maneira geral a coleta de amostras simples, teve frequência mensal, e em algumas épocas semanais, tendo sido determinados os seguintes parâmetros: temperatura do

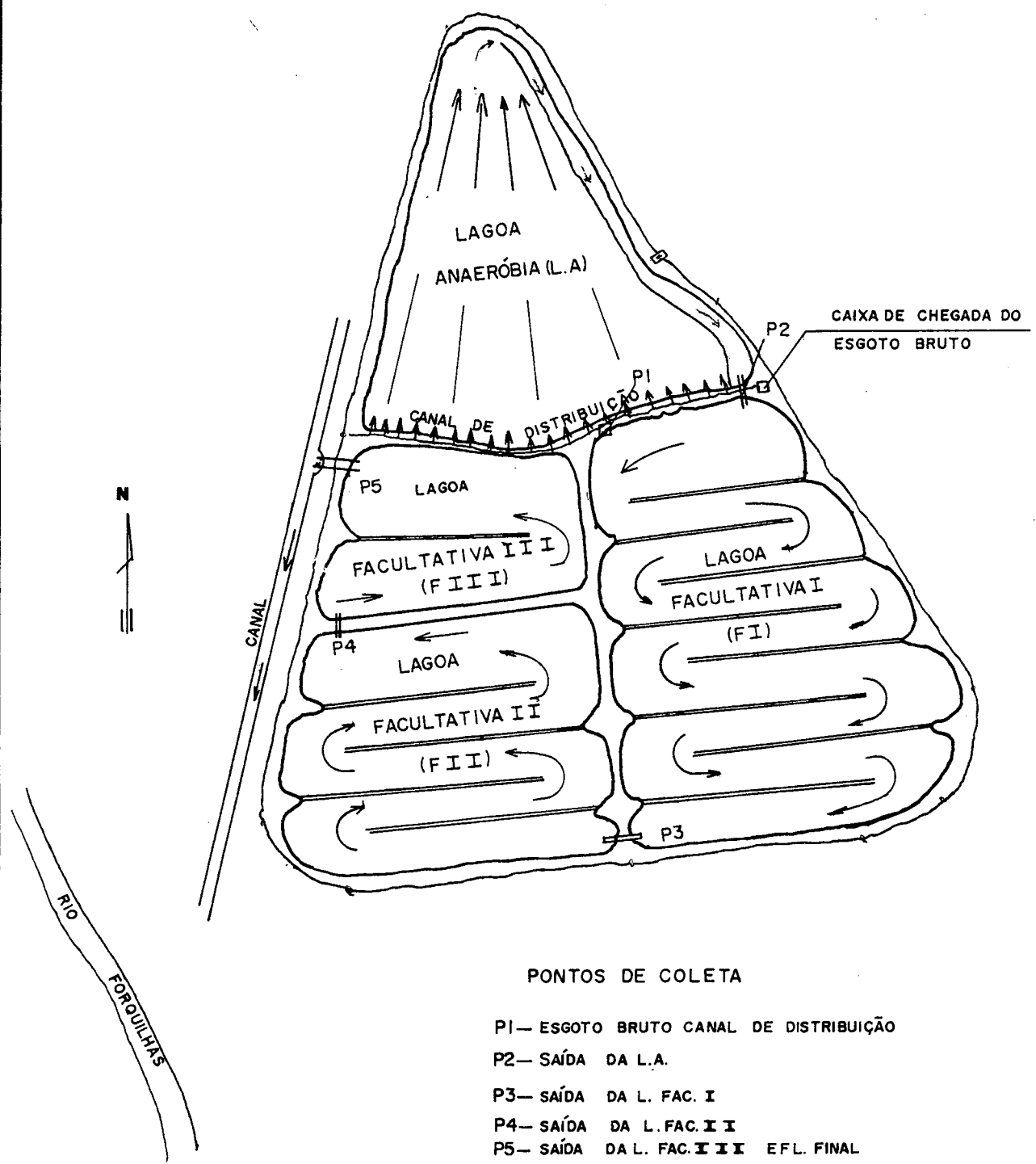


FIGURA 2 - LAY-OUT DAS LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO DE POTECAS C/ OS PONTOS DE COLETA

ar, temperatura da amostra, pH, alcalinidade total, cloretos, sólidos, oxigênio dissolvido, DBO₅, DQO, coliformes totais e coliformes fecais.

A coleta, preservação e transporte das amostras foi executada pela equipe técnica da CASAN- Regional de Florianópolis, sob a orientação da bioquímica Maria Aparecida da Silva, sendo as análises efetuadas de acordo com o STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION FOR WATER AND WASTEWATER (1989).

Em algumas datas foram realizadas coletas, de amostras simples, no corpo receptor, Rio Forquilha, após o recebimento do efluente tratado, sob uma ponte sobre o rio, à aproximadamente 2.300 m do ponto de lançamento. Este ponto está representado na Figura 9.

Os dados selecionados foram compilados e foi feita sua estatística básica através do software "STATISTICA" da STASOFT (1995).

5.2.3. -DIAGNÓSTICO DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS QUE ESTÃO INTERFERINDO NO BOM FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO

Para tentar diagnosticar os principais problemas que estão interferindo no bom funcionamento do sistema de lagoas de estabilização foram utilizados os resultados da avaliação do desempenho da ETE e realizada uma entrevista com o Engenheiro Jair Sartorato, chefe da Divisão de Operação de Esgotos Sanitários da Regional de Florianópolis da CASAN, responsável pela operação do sistema de lagoas de estabilização de Potecas.

5.2.4. -LEVANTAMENTO DOS PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS APONTADOS PELA COMUNIDADE CIRCUNVIZINHA AO COMPLEXO DE LAGOAS - POTECAS

Para o levantamento dos principais incômodos ambientais apontados pela comunidade circunvizinha à estação de tratamento de esgotos de Potecas foi elaborado um questionário e selecionadas três áreas ao redor da E.T.E. para a aplicação do mesmo. A primeira área foi delimitada pelo perímetro da lagoa até uma faixa de no máximo 200 m de distância do mesmo, a segunda da linha dos 200 aos 500 m de distância, a terceira dos 500 m até 1000 m de distância e a última com distância superior à 1000 m do perímetro das lagoas.

Dentro destas faixas foram selecionadas, em função das direções predominantes dos ventos e das maiores concentrações de casas, algumas residências para aplicação dos questionários. O questionário consta do Anexo I e as residências selecionadas dentro de cada faixa delimitada, estão indicadas no croqui da Figura 3. Não foram selecionadas residências no sentido oeste do perímetro das lagoas porque nesta direção as residências estão bem distantes das lagoas, como se pode observar na Figura 10 e na própria Figura 3.

No dia 31/07/98, foram entrevistadas 20 residências assim distribuídas:

- Área até 200 m de distância das lagoas: 06 (seis) residências;
- Área de 200 à 500 m das lagoas : 05 (cinco) residências;

- Área de 500 à 1000 m das lagoas : 06 (seis) residências, e
- Área com distância superior à 1000 m das lagoas : 03 (três) residências.

As respostas aos questionários foram tabuladas e elaborados os gráficos mais representativos, apresentados no próximo capítulo.

5.2.5- AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELO FUNCIONAMENTO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO – POTECAS

Para a avaliação dos impactos causados pelo funcionamento da ETE foi elaborada uma matriz, na qual são relacionados todos os aspectos sobre os quais seria possível estarem ocorrendo impactos, e então procura-se classificá-los em função da sua magnitude (impacto pequeno, médio ou grande) e duração (curto, médio e longo prazos), e se faz a interpretação do impacto sobre cada aspecto considerado.

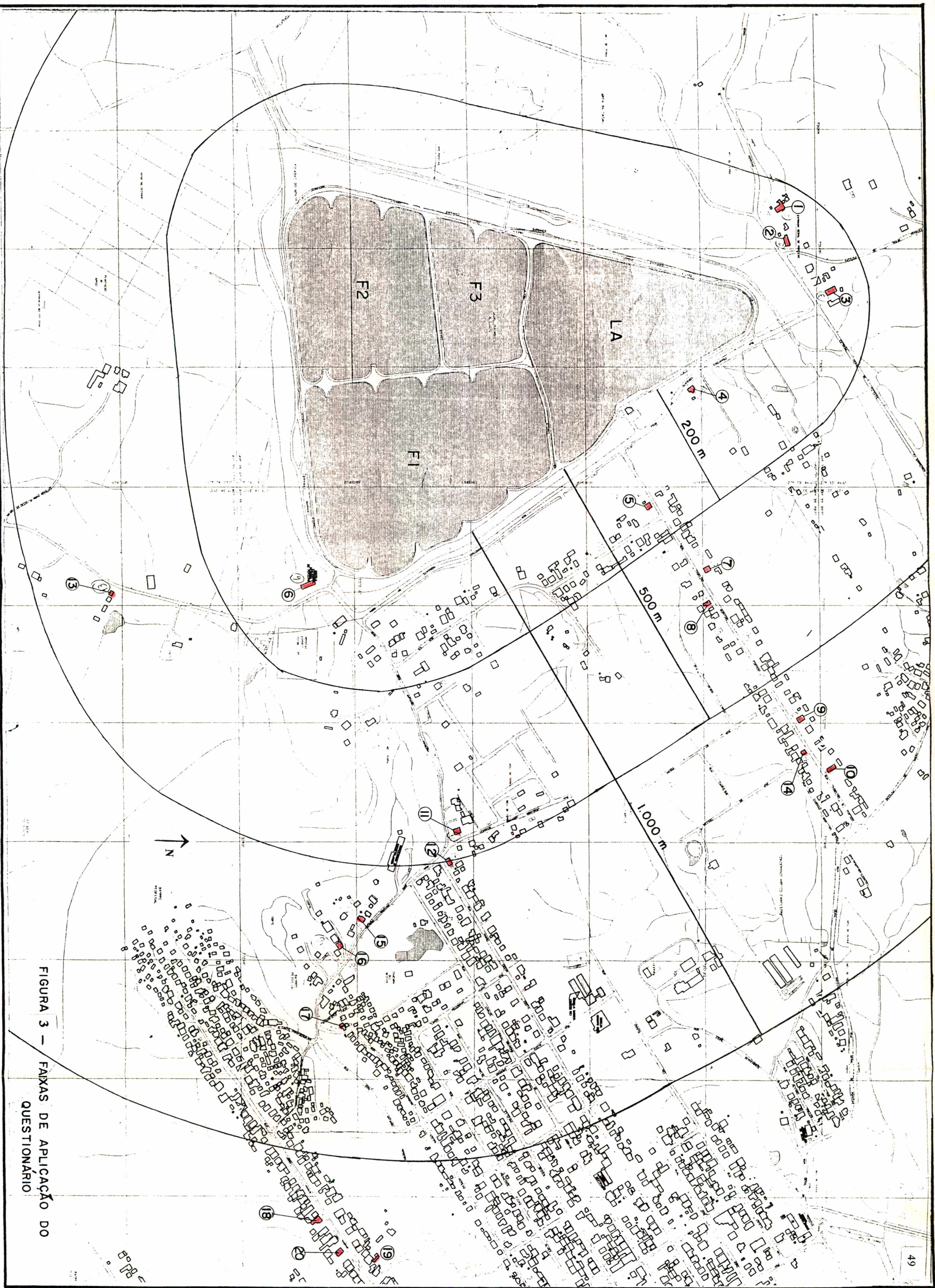


FIGURA 3 — FAIXAS DE APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

6. – RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. – CARACTERIZAÇÃO DO ESGOTO BRUTO NA REGIÃO DA GRANDE FLORIANÓPOLIS

Conforme descrito no capítulo anterior, para cada sistema selecionado foram pesquisadas as características da área e população atendida e os dados de projeto do sistema, bem como os resultados da análise estatística básica dos dados compilados, os quais serão apresentados na seqüência do trabalho.

6.1.1 -CARACTERÍSTICAS DA LAGOA DA CONCEIÇÃO

A localidade balneária da Lagoa da Conceição está situada no município de Florianópolis, na região central da ilha, na parte sul da lagoa formada pelo mar, distando do centro da cidade de Florianópolis, aproximadamente 13 km. A Figura 4 apresenta um esquema da área atendida e da localização do sistema de tratamento de esgotos da Lagoa.

Durante o verão existe uma grande afluxo de população flutuante à Lagoa da Conceição, em razão de sua grande beleza natural.

O clima da região é, em geral, ameno com uma temperatura média de 20,5°C. A média do mês mais quente é de 24,4°C e a do mês mais frio de 16,5°C, que ocorrem nos meses de janeiro e julho respectivamente.

A precipitação pluviométrica média anual é de 1.389,9 mm, sendo que a máxima ocorre no mês de janeiro, com 190,2 mm, e a mínima em julho com 53,1 mm.

A topografia da localidade é constituída por áreas acidentadas, dunas e pequenas áreas planas circundadas por morros. A urbanização vem-se desenvolvendo basicamente nas áreas planas com algumas edificações em áreas acidentadas.

As atividades econômicas da comunidade baseiam-se no comércio, formado principalmente por restaurantes, armazéns e hotéis, além da pesca e uma pequena indústria artesanal de rendas. Estas atividades econômicas são multiplicadas, principalmente, em época de temporada com o afluxo maior de turistas.

Parâmetros de Projeto:

Os dados foram pesquisados no projeto do Sistema de Esgotamento Sanitário da Lagoa da Conceição- Florianópolis/CASAN (1983).

População inicial : 3.880

Q_{agua} : 150 l/hab.dia

Coef. de retorno (R): 0,85

Coef. de infiltração: 0,0005 l/s.m

$K_1 = 1,25$; $K_2 = 1,50$



FIGURA 4 - S.E.S. da Lagoa da Conceição

DBO_5 : 54 g/hab.dia

$Q_{\text{médio}} = 3.880 \times 150 = 582.000\text{l/dia} = 6,73 \text{ l/s}$

$Q_{\text{esgoto(médio)}} = 6,73 \text{ l/s} \times 0,85 = 5,72 \text{ l/s} = 494 \text{ m}^3/\text{dia} = 20,6 \text{ m}^3/\text{h}$

$Q_{\text{max}} = 1,5 \times 1,2 \times 5,72 = 10,30 \text{ l/s}$

$DBO_{\text{total}} = 3.880 \times 0,054 = 209,52 \text{ kg/dia}$

Rede coletora em PVC-esgoto com junta soldável.

População prevista p/ 1997 = 10.000 (fixa) + 3.000 (flutuante) = 13.000 hab.

População prevista abastecível p/ 1997 = 80% de 13.000 hab. = 10.400 hab.

Previsão do consumo urbano normal de água p/1997:

-Vazão média diária : $1.560 \text{ m}^3/\text{dia} = 18,06 \text{ l/s}$

-Vazão máxima diária : $1.872 \text{ m}^3/\text{dia} = 21,67 \text{ l/s}$

-Vazão máxima horária : 32,50 l/s

A vazão média diária que atualmente aflui ao sistema de tratamento de esgotos da Lagoa da Conceição é de 5 l/s, conforme dados da Divisão de Operação de Esgotos da Regional de Florianópolis, que pode ser considerada a mesma da época dos dados coletados.

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS PARÂMETROS DO ESGOTO BRUTO QUE AFLUE À ETE DA LAGOA DA CONCEIÇÃO

A Tabela 9 apresenta o resultado do tratamento estatístico aplicado às características físicas, químicas e biológicas do esgoto bruto que chega à ETE da Lagoa da Conceição. O N° de casos, representa o número de vezes em que foi efetuada a determinação de cada parâmetro compilado no período selecionado.

Tabela 9 - Características do esgoto doméstico bruto da Lagoa da Conceição

Parâmetro	Unidade	N° Casos	Média	Mínima	Máxima	Desvio Padrão
T.ar	°C	50	24	19	31	3,22
T.amostra	°C	50	23	15	31	3,83
pH		51	6,5	6,1	7,4	0,24
Alc. Total	mg/l CaCO ₃	51	174,6	12	264,5	58,05
Cloretos	mg/l Cl ⁻	50	60,6	34	108,1	12,84
DQO	mg/l O ₂	50	446	91	1.159	215,04
DBO	mg/l O ₂	46	191	55	425	85,72
ST	mg/l	48	476	230	795	144,92
SS	mg/l	48	169	6	540	112,13
SD	mg/l	49	255	33	671	133,58
S.Sed.	mg/l	49	2,6	0	19	3,02
ColiTotal	NMP/ml	24	$2,6 \times 10^{12}$	17×10^7	16×10^{12}	$4,9 \times 10^{12}$
Coli Fecal	NMP/ml	23	$2,2 \times 10^{11}$	13×10^6	16×10^{11}	$4,3 \times 10^{11}$

Onde: ST= sólidos totais, SS= sólidos em suspensão, SD= sólidos dissolvidos, S.Sed.= sólidos sedimentáveis.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DOS ESGOTO BRUTO DA LAGOA DA CONCEIÇÃO

As temperaturas ambientes na localidade da Lagoa da Conceição, no período de estudo, variaram de um mínimo de 19 até um máximo de 31°C, ficando a média em 24°C, enquanto a temperatura das amostras do esgoto bruto coletadas variaram entre 15 e 31°C, com uma média de 23°C.

Os valores do pH do esgoto bruto da localidade (6,1 ; 6,5 ; 7,4) encontram-se próximos do neutro e dentro da faixa característica para os esgotos domésticos (ARCEIVALA,1981; JORDÃO & PESSÔA,1995; QASIM,1995; METCALF & EDDY,1991; VON SPERLING,1995).

O valor mínimo encontrado para a alcalinidade total (11,9 mg/l) é inferior aos mínimos normalmente citados na literatura e o máximo (246,5 mg/l) é também superior aos máximos, enquanto o valor médio (174,6 mg/l) fica próximo da faixa superior dos valores da literatura (ARCEIVALA,1981; JORDÃO & PESSÔA,1995; QASIM,1995; METCALF & EDDY,1991; VON SPERLING,1995). Esses valores porém se encontram próximos aos valores encontrados para o esgoto bruto do estado do Mato Grosso do Sul (NOBUYOSHI IDE, 1998).

Os valores encontrados para o parâmetro Cloretos (33,7 mg/l; 60,6 mg/l; 108,1 mg/l) são superiores aos da faixa típica para os esgotos domésticos brutos (ARCEIVALA,1981; JORDÃO & PESSÔA,1995; QASIM,1995; METCALF & EDDY,1991; VON SPERLING,1995).

Os valores médios de DQO (446 mg/l) e DBO (191 mg/l) do esgoto bruto da Lagoa da Conceição ficaram abaixo dos valores característicos destes parâmetros citados na literatura ((ARCEIVALA,1981; JORDÃO & PESSÔA,1995; QASIM,1995; METCALF & EDDY,1991; VON SPERLING,1995; NOBUYOSHI IDE,1998; KONIG et al, 1996; MATOS BRITO, M.C.S.O. et al, 1997; SILVA, S.R. et al, 1997; PINTO, M.T. et al, 1998). O valor de 191 mg/l de O₂ para a DBO permite classificar o esgoto da Lagoa da Conceição como um esgoto médio (~200mg/l), de acordo com JORDÃO & PESSÔA (1995) e METCALF & EDDY (1991).

Estudos da ONG Fundação Lagoa tem mostrado que os restaurantes da região, que são em grande número, têm lançado na rede os óleos de frituras. Por outro lado, muitas residências dirigem as águas pluviais à rede. Estes fatos podem explicar a DBO mínima tão baixa e a DQO máxima tão alta.

A relação DQO/DBO médias resulta em 2,33, valor este dentro da faixa usual para esgotos domésticos (de 1,8 à 2,5, segundo VON SPERLING, 1995) já a relação inversa, ou seja, DBO/DQO médias resulta no valor de 0,43, também de acordo com os valores encontrados na literatura para esgotos classificados como de concentração média (entre 0,32 à 0,62, conforme trabalho de SILVA, S.R. et al (1997).

O valor médio encontrado para os sólidos totais (476 mg/l) está abaixo da faixa usual deste parâmetro para esgotos domésticos brutos (VON SPERLING,1995, NOBUYOSHI

IDE, 1998) e evidência tratar-se de um esgoto de concentração média (~500mg/l), conforme JORDÃO & PESSÔA (1995) e METCALF & EDDY (1991).

Os valores médios dos coliformes totais ($2,6 \times 10^{12}$) e fecais ($2,2 \times 10^{11}$ NMP/ml) do esgoto bruto da Lagoa da Conceição estão de acordo com os valores normais das águas residuárias domésticas (10^{11} a 10^{12} NMP/ml para coliformes totais e 10^{10} à 10^{11} NMP/ml para coliformes fecais, segundo JORDÃO & PESSÔA, 1995).

6.1.2- CARACTERÍSTICAS DE CANASVIEIRAS

O distrito de Canasvieiras localiza-se ao norte da Ilha de Santa Catarina, distante 20 km. da cidade de Florianópolis, sendo que o acesso principal ao distrito se faz pela rodovia SC-401; sua situação está representada na Figura 1, mapa de situação.

Canasvieiras é uma localidade que abriga dois tipos de população, uma fixa e outra flutuante. A população fixa se concentra principalmente nas partes altas da praia, nas imediações da estrada que vai a praia de Jurerê, sendo que a localidade é conhecida como “Freguesia de Canasvieiras”. O distrito de Canasvieiras já possui uma quantidade razoável de prédios. Seu percentual de população flutuante não foi determinado no projeto, mas a população flutuante foi considerada na densidade populacional.

Entre as praias da ilha, Canasvieiras é uma das poucas que possui uma boa infra estrutura de verão, com bons hotéis, lojas comerciais, restaurantes, supermercados e locais de lazer.

A topografia da região é relativamente plana.

A área de atendimento do sistema de esgotos sanitários do Balneário Canasvieiras abrange aproximadamente 150 ha, quase a totalidade da área urbana do distrito, conforme pode ser visualizado na Figura 5.

Parâmetros de Projeto:

A fonte dos dados foi o projeto do Sistema de Esgotos Sanitários do Distrito de Canasvieiras, elaborado pela DIPE/GPR (Divisão de Esgotos/Gerência de Projetos) da CASAN, em março de 1989. O sistema foi projetado para atender a população até 2.008.

População: 18.000 hab., em 2008, o que equivale à aproximadamente uma densidade de 120 habitantes por hectare;

Quota per capita: 200 l/hab.dia

$K_1 = 1,2$; $K_2 = 1,5$; $K_3 = 0,50$

Coef. de retorno (R): 1,00, tendo em vista que grande parte da população local utiliza poços freáticos como fonte auxiliar de abastecimento, o que poderá causar um aumento à carga volumétrica de esgotos coletados.

Coef. de infiltração: 0,0005 l/s.m

$Q_{\text{médio}} = (18.000 \times 200)/86.400 = 41,67$ l/s

$Q_{\text{mínima}} = 41,67 \times 0,50 = 20,83$ l/s

$Q_{\text{max}} = 1,5 \times 1,2 \times 41,67 = 75,01$ l/s

Carga orgânica (DBO₅) : 54 g/hab.dia

Carga orgânica total : 972 kg de DBO/dia

Carga orgânica diluída : $972.000.000(\text{mg}/\text{dia}) / 3.600.000 (\text{m}^3/\text{dia}) = 270 \text{ mg}/\text{l}$

DBO_{total} = $3.880 \times 0,054 = 209,52 \text{ kg}/\text{dia}$

A tabela 10 fornece as vazões previstas por etapa.

Tabela 10: Vazões e etapas previstas no projeto

Etapas	Vazões (l/s)			Ano
	Mínima	Média	Máxima	
I (Início)	7,77	11,31	17,00	1989
II	10,70	17,16	27,52	1997
III (Final)	13,62	23,01	38,04	2008

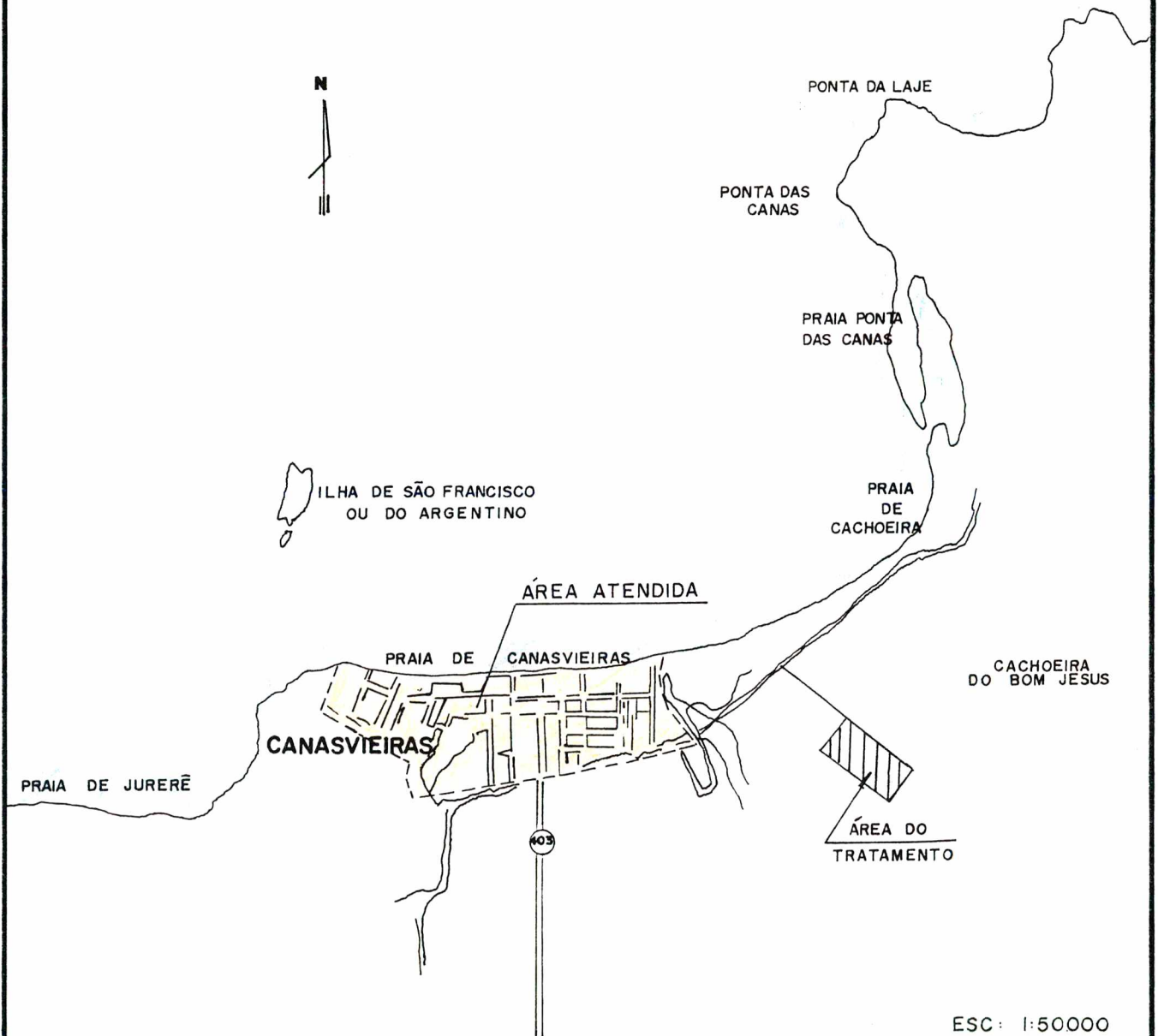
Fonte: CASAN- Sistema de Esgotos Sanitários do Distrito de Canasvieiras- Florianópolis (1989)

A vazão média diária que atualmente chega ao sistema de tratamento de esgotos da Canasvieiras é de 12 l/s fora da temporada, passando para aproximadamente 40 l/s por dia durante a temporada de veraneio, conforme dados da Divisão de Operação de Esgotos da Regional de Florianópolis.

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS PARÂMETROS DO ESGOTO BRUTO QUE AFLUE À ETE DE CANASVIERAS

Tabela 11 - Características do esgoto doméstico bruto de Canasvieiras

Parâmetro	Unidade	Nº Casos	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
T.ar	°C	10	23	20	27	2,06
T.amostra	°C	10	23	19	27	2,20
pH		11	6,4	6,0	6,7	0,20
Alc.Total	mg/l CaCO ₃	11	128,0	71,9	157,4	31,50
Cloretos	mg/l Cl ⁻	11	107,35	37,30	193,10	59,12
DQO	mg/l O ₂	11	237	56	532	136,75
DBO	mg/l O ₂	10	81	15	157	51,47
ST	mg/l	10	512	247	764	200,08
SS	mg/l	11	34	6	62	20,22
SD	mg/l	10	477	229	719	194,66
S.Sed.	mg/l	10	0,8	0,0	4,0	1,46
Coli Total	NMP/ml	11	$1,7 \times 10^{11}$	$4,9 \times 10^6$	16×10^{11}	$4,7 \times 10^{11}$
Coli Fecal	NMP/ml	8	$3,6 \times 10^{10}$	3×10^5	28×10^{10}	$9,8 \times 10^{10}$



ESC: 1:50000

FIGURA 5 - S.E.S. de Canasvieiras

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO ESGOTO BRUTO DE CANASVIEIRAS

A temperatura ambiente no distrito de Canasvieiras, entre março/96 e novembro/97 variou de 20 à 27°C, ficando a média em 23°C, muito próxima a das amostras do esgoto bruto coletados no período (média de 23, mínima de 19 e máxima de 27°C).

Os dados monitorados abrangeram o período de início de funcionamento do sistema de tratamento de Canasvieiras.

Os valores encontrados para o parâmetro pH (mínimo de 6,0, média de 6,4 e máximo de 6,7) estão um pouco abaixo dos valores usuais citados na literatura (ARCEIVALA,1981; JORDÃO & PESSÔA,1995; QASIM,1995; METCALF & EDDY,1991; VON SPERLING,1995; MATOS BRITO,M.C.S.O. et al, 1998).

A alcalinidade média (128,0 mg/l) do esgoto está dentro da faixa citada na literatura (110 à 170 mg/l, VON SPERLING,1995), enquanto o valor de cloretos (média de 107,35, mínimo de 37,30 e máximo de 193,10 mg/l) é mais elevado que os valores da literatura (20 à 50 mg/l – ARCEIVALA,1981; JORDÃO & PESSÔA,1995; QASIM,1995; METCALF & EDDY,1991; VON SPERLING,1995; NOBUYOSHI IDE, 1998).

A DQO (237) e a DBO (81 mg/l) médias apresentaram valores bem inferiores aos encontrados na literatura (conforme já citado na discussão dos resultados da Lagoa da Conceição), permitindo classificar este esgoto como de concentração fraca (~100 mg/l, conforme JORDÃO & PESSÔA,1995 e METCALF & EDDY,1991); isto evidencia que deve estar havendo diluição dos esgotos, ou seja, devem estar ocorrendo infiltrações na rede coletora.

A relação DQO/DBO médias ficou em 2,92, mais elevada que os valores citados na literatura (1,8 à 2,5, segundo VON SPERLING,1995). Já a relação DBO/DQO médias resulta no valor de 0,34, já encontrado por diversos pesquisadores, conforme citado no trabalho de SILVA,S.R. et al, 1997.

Os valores médios encontrados para os diversos tipos de sólidos também se encontram abaixo dos valores usualmente citados na literatura. O valor médio do parâmetro sólidos totais (512 mg/l), permite classificar o esgoto bruto de Canasvieiras como de concentração média (~500 mg/l) sendo que mais de 90% dos sólidos totais estão dissolvidos.

Os valores médios dos coliformes totais ($1,7 \times 10^{11}$) e fecais ($3,6 \times 10^{10}$ NMP/ ml) estão de acordo com os valores citados na literatura para este parâmetro.

6.1.3- CARACTERÍSTICAS DA ÁREA ATENDIDA PELA ETE INSULAR

O sistema de esgotos sanitários insular foi concebido para atender a área urbana do município de Florianópolis situada na Ilha, visto que a área continental está contemplada em outro projeto.

Em função das características topográficas da região foram definidas 6 bacias de esgotamento: Bacia A (Baía norte), Bacia A1 (Agrônômica), Bacia B-C (Centro-Sul e Mauro Ramos), Bacia D (José Mendes), Bacia E (Saco dos Limões) e Bacia F (Trindade, Serrinha, Carvoeira, Santa Mônica e UFSC). Portanto as bacias mais densamente povoadas da ilha, com boas moradias e boas condições sócio-econômicas.

A Figura 6 apresenta um esquema da ilha, com a localização das bacias de esgotamento, e a Figura 7, a concepção geral do sistema insular.

Todo o esgoto coletado nessas bacias será encaminhado à estação de tratamento do Aterro da Baía Sul, do tipo lodos ativados, modalidade aeração prolongada, que tratará os esgotos até o ano de 2020, quando deverá ser atingida sua capacidade máxima de 225.000 habitantes e um nível de cobertura de 76% da população urbana da ilha.

Parâmetros de projeto:

Os dados foram obtidos na CASAN, do projeto do Sistema de Esgotos Sanitários de Florianópolis- parte Insular, elaborado pela Engevix Engenharia S.A.(1994) e do projeto do S.E.S. de Florianópolis/Insular Bacia F, elaborado por MPB/ENGEVIX (1997).

Quota per capita: 200 l/hab.dia

$K_1 = 1,2$; $K_2 = 1,5$

Coef. de retorno (R): 0,85

Coef. de infiltração: 0,0005 l/s.m

População a ser atendida:

- 1ª Etapa: 150.000 hab.

- 2ª Etapa: 225.000 hab.

Vazões de projeto:

- 1ª Etapa: $Q_{med.} = 0,278 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondente a 24.000 m^3/dia

- 2ª Etapa: $Q_{med.} = 0,417 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondente a 36.000 m^3/dia

Carga orgânica média afluyente ao sistema de tratamento:

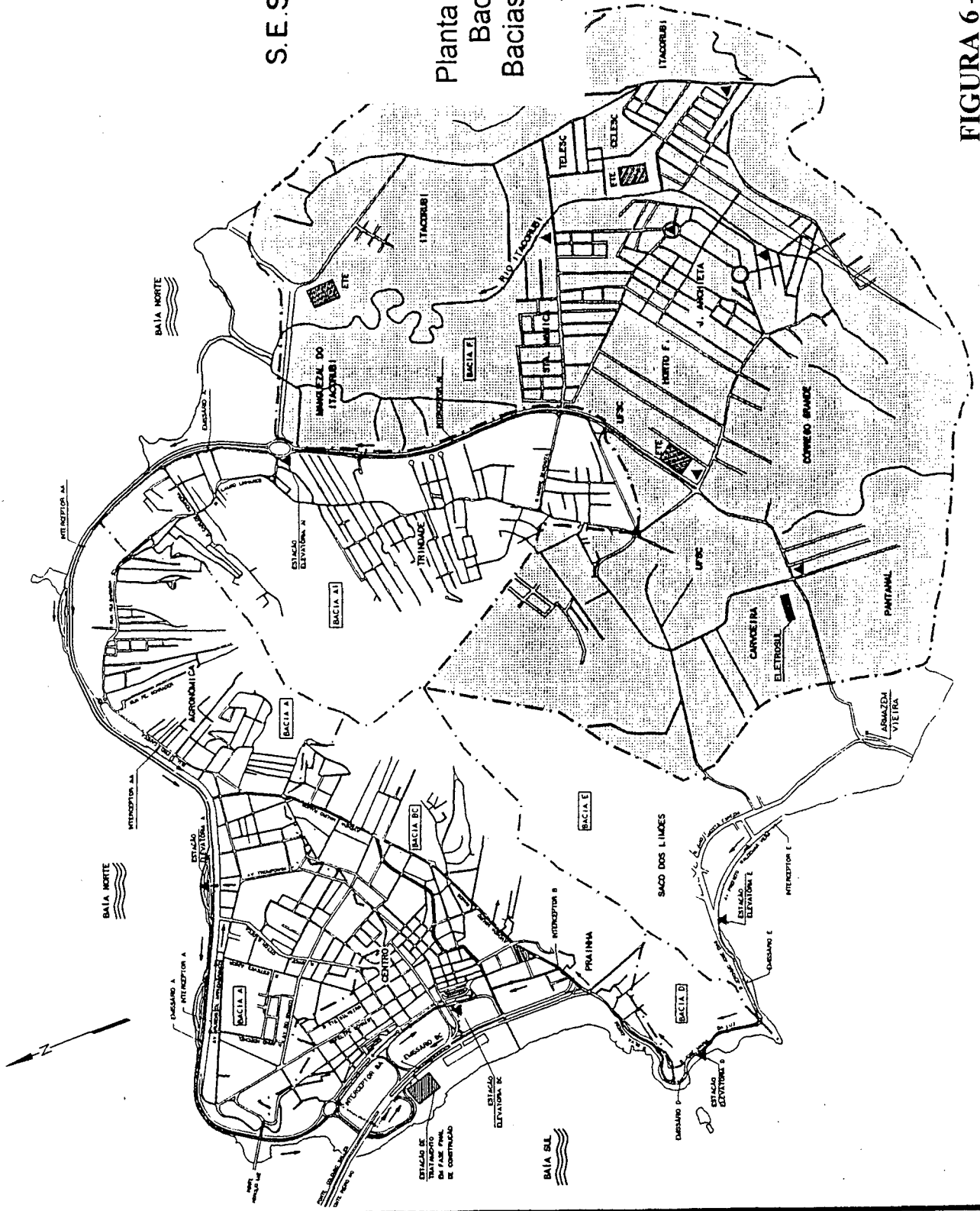
- 1ª Etapa: 7.770 kg. DBO_5/dia

- 2ª Etapa: 11.660 kg. DBO_5/dia

A vazão média que hoje aflui ao sistema é de aproximadamente 125 l/s por dia, de acordo com a Divisão de Operação de Esgotos da Regional de Florianópolis da CASAN.

S.E.S — INSULAR

Planta esquemática da Ilha com as
Bacias A, BC — Implantadas;
Bacias A1, D,E — em implantação;
Bacia F — em projeto.

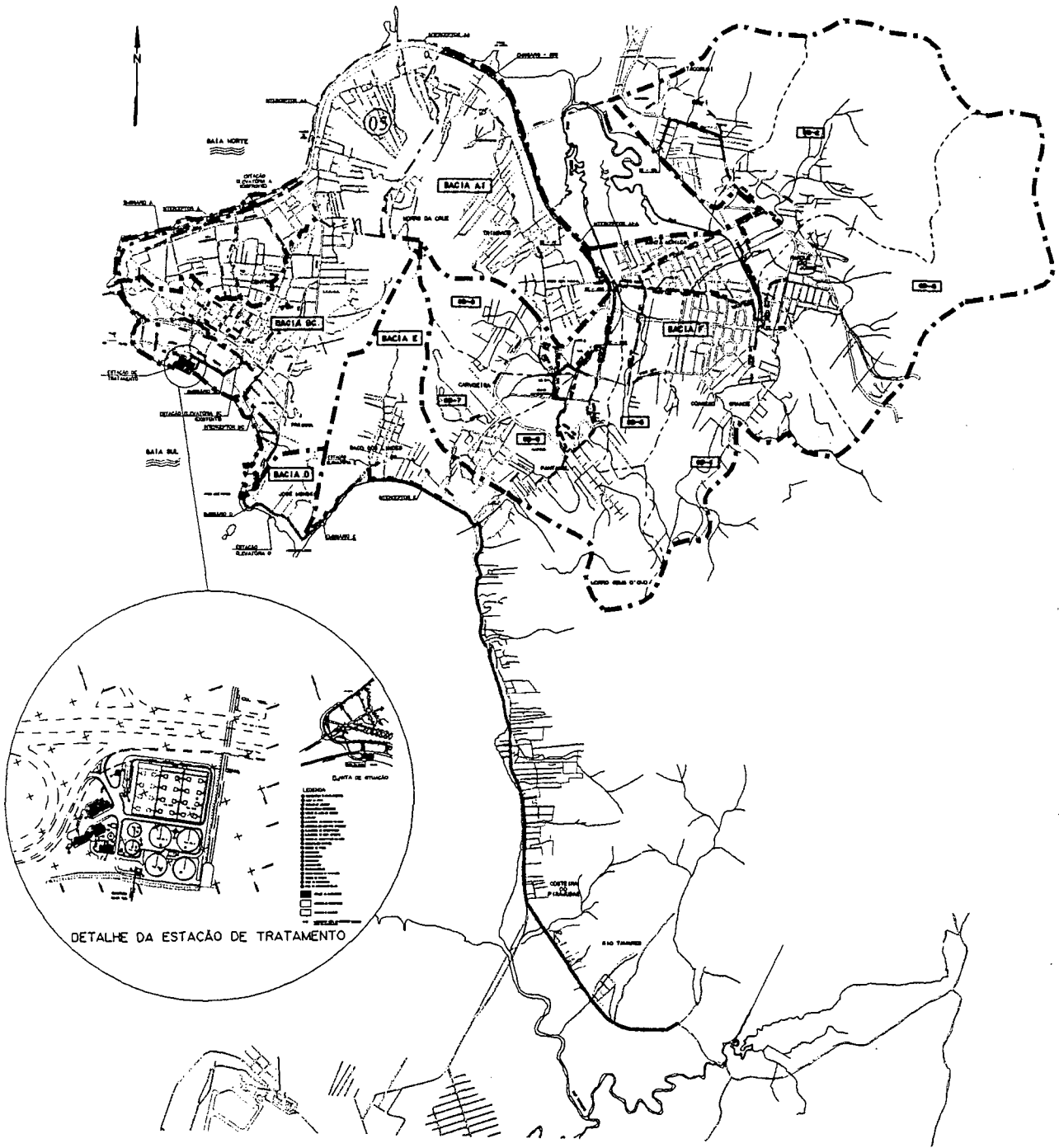


- LEGENDA
- COLETOR
- INTERCEPTOR
- EMISSÁRIO
- LIMITE DE BACIA
- BACIA F
- ETE
- PROVÁVEIS LOCAIS DE ETE
- PROVÁVEIS LOCAIS DE ELEVATORIA

FIGURA 6 — SES INSULAR : Área atendida

CIDADE DE FLORIANÓPOLIS

SISTEMA DE ESGOTOS SANITARIOS - INSULAR



LEGENDA:

□ AREA IMPLANTADA - BACIA A, B e C

LAY-OUT DO SISTEMA

FIGURA 7 – SES INSULAR : Lay-out do sistema

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS PARÂMETROS DO ESGOTO BRUTO QUE AFLUE À ETE INSULAR

Na tabela 12 são apresentados os valores médio, mínimo e máximo de cada parâmetro monitorado no período de estudo, bem como o desvio padrão equivalente a cada um deles.

As bacias atualmente atendidas são A,B e C, conforme Figura 6.

Tabela 12 - Características do esgoto doméstico bruto da área Insular de Florianópolis

Parâmetros	Unidade	Nº Casos	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
T.ar	°C	8	21	18,5	25	2,36
T.amostra	°C	8	22	18	24,5	2,02
pH		8	6,7	6,5	7,5	0,37
Alc.Total	mg/l CaCO ₃	8	111,8	56,7	191,6	38,89
Cloretos	mg/l Cl ⁻	8	131,79	42,10	407,4	139,91
DQO	mg/l O ₂	7	238	54	615	191,36
DBO	mg/l O ₂	7	176	53	353	95,75
ST	mg/l	8	435	240	811	211,80
SS	mg/l	8	77	16	139	38,12
SD	mg/l	8	359	192	795	221,88
S.Sed.	mg/l	8	2	0	9	3,20
Coli Total	NMP/ml	5	7,1x10 ⁹	3,5x10 ⁸	1,6x10 ⁹	8,1x10 ⁹
Coli Fecal	NMP/ml	5	2x10 ⁹	5x10 ⁶	9x10 ⁹	3,9x10 ⁹

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO ESGOTO INSULAR.

Os poucos dados compilados (~8 por parâmetro) do esgoto afluyente ao sistema de tratamento da área insular devem-se ao fato da estação ter iniciado sua operação durante o período de estudo.

Obteve-se uma temperatura média no local de 21 °C, variando de um mínimo de 18,5 à um máximo de 25 °C. A temperatura média do esgoto afluyente ficou em 22°C (mínimo de 18 e máxima de 24,5°C).

Os valores de pH ficaram dentro da faixa usual para esgotos domésticos brutos, conforme a literatura pesquisada, variando de 6,5 à 7,5, com uma média de 6,7.

A alcalinidade total média encontrada (111,8 mg/l) está dentro da faixa característica para os esgotos brutos (de 110 à 170 conforme literatura).

Os valores encontrados para o parâmetro Cloretos (42,10; 131,79 e 407,39 mg/l) são bem superiores as faixas normais relacionados na literatura (20 à 50 mg/l, segundo VON SPERLING (1995) e média de 44,5 mg/l conforme NOBUYASHI IDE (1998).

A DQO variou de um mínimo de 54 à um máximo de 615 mg/l, ficando a média em 238 mg/l, enquanto a DBO média foi de 176 mg/l, com variações entre 53 e 353 mg/l. Estes valores são inferiores aos valores registrados na literatura como usuais para os esgotos domésticos brutos.

Os valores de cloretos, DQO e DBO evidenciam a possibilidade de estarem ocorrendo infiltrações no sistema coletor dos esgotos, o que é confirmado pelos valores de sólidos encontrados, os quais também são inferiores aos valores normalmente encontrados na literatura. A média para os sólidos totais ficou em 435 mg/l.

O valor da DQO/DBO média foi de 1,35, bem inferior à faixa normal para os esgotos domésticos (1,8 à 2,5) citada por VON SPERLING, 1995; e a relação DBO/DQO média resultou no valor de 0,74, bem superior aos valores encontrados na literatura (entre 0,32 à no máximo 0,62, conforme SILVA, S.R., 1997). Estes resultados provavelmente devem-se ao fato de terem sido utilizadas apenas amostras simples.

Os valores médios encontrados para os coliformes totais ($7,1 \times 10^9$) e fecais (2×10^9 NMP/ml) são também inferiores aos valores médios para os esgotos domésticos, conforme literatura já citada.

6.1.4- CARACTERÍSTICAS DO MORRO DA CAIXA

De acordo com dados do IPUF- Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis, a Unidade Espacial de Planejamento (UEP) denominada "Morro da Caixa", contava com uma população total de 3.765 habitantes no último censo demográfico (1991) do IBGE. O Morro da Caixa está situado na parte continental do município de Florianópolis, estando destacada sua localização na Figura 8.

A topografia da área desta UEP é bastante acidentada, seu clima está classificado como mesotérmico semi-úmido, e as condições sócio-econômicas do local são típicas de população de baixa renda.

Parâmetros de Projeto:

População: 1.000 pessoas

Contribuição: 150 l/hab.dia

Carga DBO₅: 54 g DBO/hab.dia

Carga DQO: 175 g DQO/hab.dia

Fonte dos dados: CASAN/Projeto de Ampliação de Tratamento de Esgoto Sanitário do Morro da Caixa (1992).

A vazão do esgoto bruto que aflui ao sistema de tratamento do Morro da Caixa, constituído por um reator anaeróbio de fluxo ascendente, é de 2,50 l/s, conforme dados da Divisão de Operações da Regional de Florianópolis, da CASAN.

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS PARÂMETROS DO ESGOTO BRUTO QUE AFLUE À ETE DO MORRO DA CAIXA

A tabela 13 apresenta o resultado do tratamento estatístico dos parâmetros do esgoto bruto que chega ao sistema de tratamento do Morro da Caixa.

Tabela 13- Características do esgoto doméstico bruto do Morro da Caixa

Parâmetros	Unidade	Nº Casos	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
T.ar	°C	38	22	13	32,5	4,85
T.amostra	°C	39	22	16	29	4,00
pH		41	7,2	6	8,1	0,44
Alc. Total	mg/l CaCO ₃	41	158,2	95,2	285,5	45,34
Cloretos	mg/l Cl ⁻	41	63,50	31,00	92,40	13,62
DQO	mg/l O ₂	39	1.083	533	1.887	311,79
DBO	mg/l O ₂	40	508	287	1.234	166,24
ST	mg/l	41	941	504	1.833	266,88
SS	mg/l	40	497	152	1.428	270,86
SD	mg/l	40	449	29	907	217,93
S.Sed.	mg/l	40	6,0	1,0	12,0	2,50
Coli Total	NMP/ml	18	1,0x10 ¹⁴	2,4x10 ¹²	3,5x10 ¹⁴	1,1x10 ¹⁴
Coli Fecal	NMP/ml	19	3x10 ¹²	2,2x10 ¹²	1,4x10 ¹⁴	3,97x10 ¹²

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO ESGOTO BRUTO DO MORRO DA CAIXA

A temperatura dos esgotos do Morro da Caixa variou entre 16 e 29 °C, sendo a média de 22 °C. A temperatura média do ar ficou em 22 °C, variando entre 13 e 32,5 °C.

A média para o parâmetro pH foi de 7,2, com variações entre 6,0 no mínimo e 8,1 no máximo. O valor médio está dentro da faixa normal para águas residuárias domésticas (VON SPERLING, 1995; PINTO, M.T., 1998), embora os valores mínimos e médios fujam um pouco das faixas normais com um desvio padrão de 0,44.

O valor médio (158,2 mg/l) da alcalinidade total está dentro da faixa de concentração para os esgotos domésticos (VON SPERLING, 1995), aproximando-se do limite superior.

A faixa de concentração do parâmetro cloretos encontrada na revisão bibliográfica (VON SPERLING, 1995) situa-se entre 20 e 50 mg/l, enquanto os valores encontrados para o esgoto do Morro da Caixa, variam de 31,00 à 92,40 mg/l, ficando a média em 63,5 mg/l, com um desvio padrão de 13,62, em 41 análises.

Os valores de DQO (1083 mg/l) e DBO (508 mg/l) médios são bem mais elevados que os valores médios da literatura (350 para a DBO e 700 mg/l para a DQO conforme VON SPERLING, 1995).

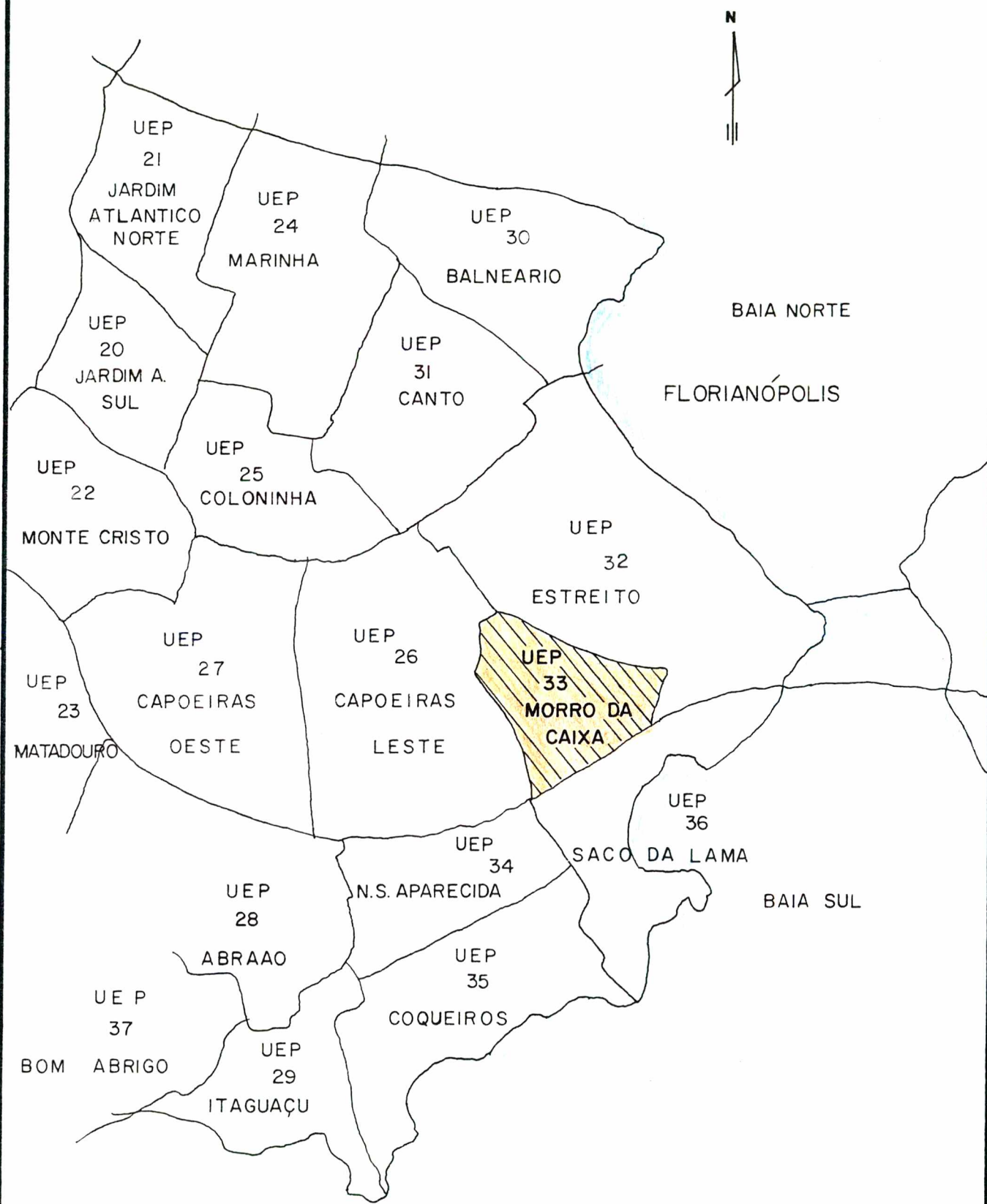


FIGURA 8 - Localização do Morro da Caixa

A relação DBO/DQO médias obtida foi de 0,47 e a relação inversa ficou em 2,13, valores dentro dos intervalos mostrados na literatura para os esgotos domésticos brutos.

Os valores médios dos parâmetros sólidos totais (941mg/l), sólidos suspensos (497 mg/l) e sólidos dissolvidos (449 mg/l), indicam que o Morro da Caixa apresenta um esgoto de concentração forte (sólidos totais ~ 1000 mg/l, sólidos suspensos ~500 mg/l e sólidos dissolvidos ~500 mg/l, de acordo com JORDÃO & PESSÔA (1995) e METCALF & EDDY (1991).

Os valores dos coliformes totais (10^{14} NMP/ml) e dos fecais (3×10^{12} NMP/ml) também indicam um esgoto bem concentrado.

6.1.5- CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA CONTINENTAL - POTECAS

As características da região atendida pelo S.E.S. de Potecas, os dados de projeto e demais dados que caracterizam a localidade e o sistema estão apresentados no item 6.2 deste capítulo.

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS PARÂMETROS DO ESGOTO BRUTO QUE AFLUE À ETE DO CONTINENTE

Na tabela 14 são apresentados os valores obtidos do tratamento estatístico aplicado aos parâmetros do esgoto bruto que chegou à caixa de distribuição do complexo de lagoas de estabilização de Potecas, no período de estudo.

Tabela 14 - Características do esgoto doméstico bruto da área Continental de Florianópolis

Parâmetros	Unidade	Nº Casos	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
T.ar	°C	44	23	13	35	5,40
T.amostra	°C	43	24	17	30	3,56
pH		44	6,7	5,9	8,3	0,52
Alc.Total	mg/l CaCO ₃	44	156,6	39,4	266,8	42,42
Cloretos	mg/l Cl ⁻	44	379,11	24,20	3559,50	680,37
DQO	mg/l O ₂	43	408	100	815	160,37
DBO	mg/l O ₂	40	174	33	395	75,19
ST	mg/l	44	1238	31	9124	1733,25
SS	mg/l	42	169	29	496	115,79
SD	mg/l	42	1112	109	9014	1752,14
S.Sed.	mg/l	40	1,6	0,0	5,5	1,40
Coli Total	NMP/ml	23	$1,1 \times 10^{12}$	$3,5 \times 10^6$	$5,4 \times 10^{12}$	$1,26 \times 10^{12}$
Coli Fecal	NMP/ml	21	$3,5 \times 10^{11}$	$1,7 \times 10^6$	$3,5 \times 10^{12}$	$8,00 \times 10^{11}$

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO ESGOTO DE POTECAS

Depois do Morro da Caixa, o esgoto de Potecas é o que apresentou o maior número de análises dos parâmetros compilados no período de estudo.

Para a temperatura ambiente na região onde está localizada Potecas, em São José, foram medidos valores que variaram entre 13 e 35 °C, obtendo-se uma média de 23°C.

Os esgotos brutos coletados nos bairros do continente do município de Florianópolis e em alguns bairros do município de São José, e que chegam em conjunto a ETE de Potecas, apresentaram uma temperatura média de 24°C, com variações entre um mínimo de 17°C e um máximo de 30°C.

O pH médio ficou em 6,7, com picos entre 5,9 e 8,3, e desvio padrão de 0,52. Valores estes dentro dos intervalos encontrados na literatura.

A amplitude de valores da alcalinidade total (de 39,4 à 266,8 mg/l) foge da faixa característica para os esgotos domésticos brutos (110-170 mg/l, conforme VON SPERLING, 1995), embora o valor da alcalinidade média (156,6 mg/l) fique dentro desta faixa.

Os Cloretos apresentaram valores bem superiores (24,20 à 3.559,50 mg/l, média de 379,11 mg/l) aos usuais para os esgotos, indicando que provavelmente existem pontos no sistema coletor onde está ocorrendo infiltração da água do mar. O desvio padrão elevado (680,37) evidencia também a possibilidade de despejos esporádicos de efluentes industriais com altas concentrações de cloretos.

Os valores médios da DQO (408 mg/l) e DBO encontrados no esgoto de Potecas são inferiores aos valores típicos desses parâmetros para os esgotos domésticos, o que reforça a probabilidade de estarem ocorrendo infiltrações no sistema de coleta, o que leva a diluição da carga, representada por esses parâmetros. A média dos valores da DBO (174 mg/l) permite classificar o esgoto de Potecas como de concentração média (~200 mg/l), de acordo com JORDÃO & PESSÔA (1995).

A relação DQO/DBO média (2,35) está dentro da faixa característica dos esgotos brutos (1,8 à 2,5 – VON SPERLING, 1995), o que também ocorre com a relação inversa, ou seja, DBO/DQO média cujo valor é 0,42, dentro da faixa de 0,33 à 0,49 obtida por SILVA, S.R. et al (1997) para os esgotos classificados como de concentração média.

O valor médio encontrado para os sólidos totais (1238 mg/l) é mais elevado que os valores médios citados na bibliografia, e definem o esgoto de Potecas como de concentração forte em termos de sólidos (~1000 mg/l, conforme JORDÃO & PESSÔA, 1995). Os valores mínimo (31 mg/l) e máximo (9124 mg/l) também fogem totalmente à faixa de valores normalmente encontradas na literatura, apresentando um desvio padrão de 1733,25. Os demais tipos de sólidos acompanham essa tendência dos sólidos totais, como seria de se esperar.

Os valores médios de coliformes observados na Tabela 14 são normais em águas residuárias domésticas (10^{11} à 10^{12} NMP/ml de colis totais e 10^{10} à 10^{11} NMP/ml de fecais, de acordo com JORDÃO & PESSÔA, 1995).

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO ESGOTO BRUTO DOS CINCO SISTEMAS ESTUDADOS

As tabelas 9,11,12,13 e 14 mostram os resultados do tratamento estatístico aplicado aos dados do esgoto bruto dos sistemas selecionados. Nota-se que as características desses esgotos variam bastante de um sistema para outro, e no próprio sistema, o que pode ser verificado através dos valores mínimo e máximo, bem como pelo desvio padrão de cada parâmetro analisado.

Com exceção das temperaturas, pH e sólidos sedimentáveis, todos os outros parâmetros apresentam uma grande variabilidade no conjunto de dados compilados (desvio padrão elevado), principalmente em razão das amostragens não terem seguido um programa sistemático. Por isso a discussão dos resultados se fixaram, basicamente nos valores médios, sendo comentados somente aqueles que mereceram um destaque maior.

A temperatura média dos esgotos de todos os sistemas estudados é relativamente elevada (mínima de 22°C – Morro da Caixa e máxima de 24°C – Potecas), o que contribui para maior velocidade da decomposição da matéria orgânica e decaimento de patogênicos.

O pH médio dos sistemas variou de 6,4 em Canasvieiras (com apenas 11 dados compilados), até 7,2 em Potecas (com 41 dados), estando próximos do neutro e dentro da faixa característica para os esgotos domésticos brutos.

A alcalinidade média dos esgotos variou de 111,9 até 174,6 mg/l, ficando dentro da faixa de valores apresentada na literatura (VON SPERLING,1995).

Os valores médios encontrados para o parâmetro cloretos (Lagoa =60,56; Morro da Caixa=63,50; Canasvieiras=107,35; insular=131,75 e Potecas=379,11 mg/l Cl) são bem superiores aos usuais para os esgotos domésticos brutos, indicando que provavelmente existem pontos nos sistemas coletores onde está ocorrendo infiltração da água do mar (exceto o sistema do Morro da Caixa, todos os demais sistemas possuem redes coletoras próximas ao mar). A média e o desvio padrão encontrados para o sistema Potecas evidencia também a possibilidade de lançamentos clandestinos de efluentes industriais com alta concentração de cloretos, o que deveria ser investigado.

Os valores médios resultantes da DQO e DBO (Lagoa=446 e 191; Canasvieiras=237 e 81; insular=238 e 176; Potecas=408 e 174 mg/l) ficaram abaixo dos valores típicos desses parâmetros para os esgotos domésticos, o que reforça a possibilidade de estarem ocorrendo infiltrações no sistema de coleta, o que leva a diluição da carga, representada por esses parâmetros. Isto só não se verificou para o Morro da Caixa (DQO=1083 e DBO=508 mg/l), cujos valores indicam um esgoto mais concentrado, devendo-se ressaltar que este é o único dos sistemas estudados que atende uma área com lençol freático mais baixo, distante do mar, com uma população de nível sócio-econômico baixo e com uma pequena vazão, e pequena extensão de rede coletora.

Considerando-se a média dos valores da DBO pode-se classificar o esgoto do Morro da Caixa como de concentração forte (>300 mg/l), o de Canasvieiras como de concentração

fraca (< 100 mg/l) e o dos demais sistemas como de concentração média (~200 mg/l), de acordo com JORDÃO & PESSÔA (1995) e METCALF & EDDY (1991).

A relação DQO/DBO média do sistemas da Lagoa (2,33), Potecas (2,35) e Morro da Caixa (2,13) ficaram dentro da faixa de 1,8 à 2,5, norma para os esgotos domésticos brutos, conforme VON SPERLING (1995), já o sistema insular (1,35) apresentou um valor inferior e Canasvieiras (2,92) um valor mais elevado que o referido intervalo.

Já para relação inversa (DBO/DQO) todos os sistemas ficaram dentro do intervalo de 0,32 à 0,62 citado no trabalho de SILVA,S.R. et al (1997), exceto o sistema insular que apresentou o valor de 0,74 para a relação.

A literatura apresenta uma faixa de variação de valores muito grande para os diversos tipos de sólidos, sendo que os valores médios encontrados para os sólidos totais indicam que apenas Potecas e o Morro da Caixa apresentam esgotos com alta concentração de sólidos (~1000 mg/l = forte), enquanto os demais apresentam esgotos de concentração tendendo à média em termos de sólidos totais (~500 mg/l).

Os valores médios de coliformes totais e fecais dos esgotos brutos dos sistemas estudados são normais em águas residuárias domésticas (10^{11} a 10^{12} NMP/ml de colis totais e 10^{10} a 10^{11} NMP/ml de colis fecais, segundo JORDÃO & PESSÔA (1995), exceto os do Morro da Caixa cujas concentrações de coliformes foram mais elevadas (colis totais de 10^{14} e fecais de 3×10^{12} NMP/ml), o que pode ser explicado pelas razões já expostas no parágrafo sobre a DBO.

6.2. – SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS POR LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO – POTECAS

6.2.1. – CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA

O sistema de tratamento dos esgotos da área continental de Florianópolis e de parte de São José, está situado na localidade de Potecas, no município de São José, distando aproximadamente 5 Km do trevo rodoviário da BR-101, conforme mapa de situação- Figura 1. Um esquema do sistema e dos bairros atendidos pode ser observado na Figura 9, que apresenta também o corpo receptor (Rio Forquilha), afluente do Rio Maruim, cujas águas drenam para a baía sul.

A ETE é composta por uma série de quatro lagoas de estabilização, sendo a primeira projetada como anaeróbia e as três restantes como facultativas, de acordo com o lay-out apresentado na Figura 2.

A lagoa anaeróbia possui uma superfície triangular de 72.972 m², com profundidades úteis médias de 2,60 m junto aos diques e 3,30 m na área restante, com uma parte central mais profunda que o restante da lagoa, projetada para acumular o lodo, pois o sistema não possui caixa de retenção de areia nem gradeamento. As características dimensionais de todas as lagoas que formam o sistema de tratamento de Potecas estão apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15 - Características Dimensionais da ETE- Lagoas de Estabilização-Potecas

Lagoa	Tempo de detenção (dias)	Área superficial média (m ²)	Volume (m ³)	Prof.média (m)
Anaeróbia	1ª Etapa: 11,4 2ª Etapa: 5,7	72.972	205.338	2.8
Facultativa –1	1ª Etapa: 9,8 2ª Etapa: 4,9	104.781	176.671	1.7
Facultativa –2	1ª Etapa: 6,34 2ª Etapa: 3,17	67.204	114.247	1.7
Facultativa-3 (Maturação/pol.)	1ª Etapa: 3,05 2ª Etapa: 1,52	32.371	55.031	1.7
TOTAL:	1ª Etapa: 30,59 2ª Etapa: 15,29	277.328	551.287	

Fonte: CASAN/Emenda Técnica ao S.E.S. de Florianópolis- 1979

A alimentação do afluente na lagoa anaeróbia é feita na total extensão da base do triângulo por meio de um canal que distribui o esgoto, através de comportas de operação manual, dirigindo o fluxo para o vértice superior do triângulo. O canal de distribuição dos esgotos é uma galeria de concreto fechada, localizada no dique que separa a lagoa anaeróbia das facultativas. O esgoto bruto que chega a este canal é distribuído para a lagoa anaeróbia por meio de 37 entradas. Esse canal possui uma abertura, fechada por uma tampa de concreto, através da qual é feita a coleta do esgoto bruto afluente, e sobre essa galeria foram instaladas algumas chaminés, equipadas com leitos de limalha de ferro, que coletam e tratam os gases acumulados no interior da galeria. Do vértice superior do triângulo, os esgotos, por meio de um canal formado por uma parede de blocos de concreto e o dique da lagoa, são encaminhados à primeira lagoa facultativa e de forma sequencial, em série, para as lagoas facultativas 2 e 3, e desta última para lançamento final, através de uma vala à céu aberto,

para o corpo receptor. A interligação entre as lagoas facultativas é realizada por meio de tubulações submersas, nas posições apresentadas na Figura 2.

As três lagoas facultativas possuem cortinas direcionadoras de fluxo, executadas com blocos de concreto, proporcionando um escoamento hidráulico contínuo, tendendo a um reator do tipo pistão.

As lagoas são formadas por diques de argila compactada numa extensão de 5.923 m aproximadamente, sendo os taludes internos protegidos por placas de concreto para atenuar os efeitos da variação do nível d'água, e externamente com grama, como proteção contra a erosão por águas pluviais. Não existe vegetação no interior das lagoas.

Regularmente é feita a manutenção do complexo de lagoas, com capinação e limpeza das áreas de circulação, retirada de espuma, lodo e nata esverdeada sobrenadante nas lagoas.

A Figura 10 permite uma visualização de todo o sistema das lagoas de estabilização de Potecas e seus arredores.

Vazão Afluente ao Sistema

O sistema de lagoas é alimentado de modo intermitente, através das bombas da elevatória "GB", que reúne os esgotos de todas as redes coletoras dos bairros que contribuem para a ETE de Potecas, conforme está representado na Figura 9.

Como não há medidor de vazão no canal de chegada do esgoto bruto na ETE, nem na saída do efluente tratado, após a lagoa facultativa III, o controle da vazão do sistema é efetuado na elevatória "GB".

Nesta elevatória está instalado um macro-medidor eletromagnético, que grava em fitas magnéticas os dados do tempo de operação de cada bomba e os volumes aduzidos no período, o que permite à Divisão de Operação de Esgotos da CASAN fazer o controle da vazão do esgoto bruto que é recalcado para a ETE.

Segundo os dados da DIOES a vazão média diária do esgoto bruto afluente as lagoas no ano de 1996 foi de aproximadamente 68,00 l/s.

No ano de 1997, os relatórios fornecidos pela Divisão de Operação indicam a vazão média diária, do total de dias controlados, como sendo de 77,98 l/s.

Com esses dados obtêm-se uma vazão média diária no período 96/97 de 73,00 l/s, e os tempos de detenção nas lagoas, apresentados na Tabela 16.

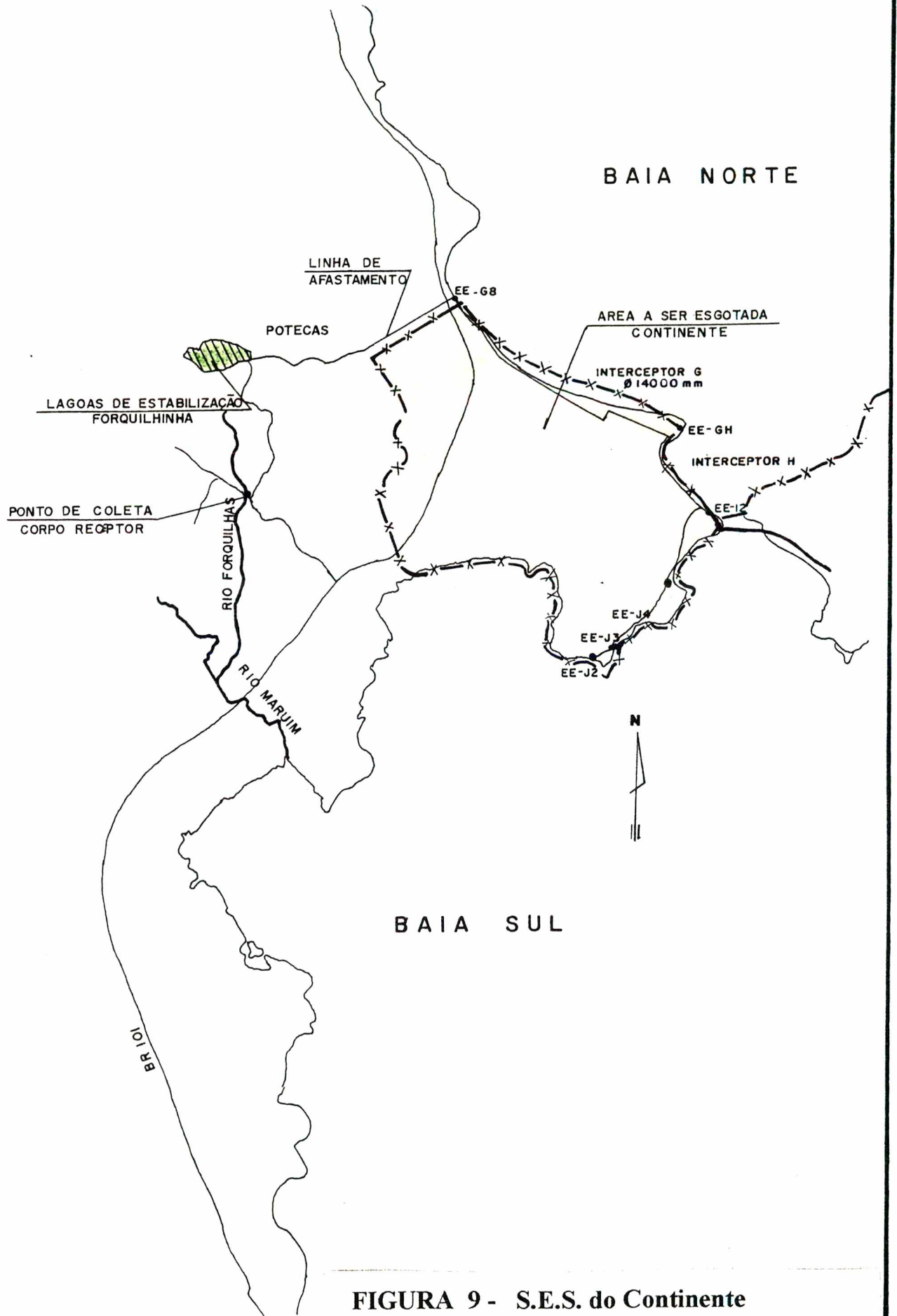


FIGURA 9 - S.E.S. do Continente



FIGURA 10 – Vista aérea do complexo de Lagoas de Estabilização de POTECAS

Tabela 16 - Tempos de detenção e carga aplicada- Lagoas de Estabilização-Potecas

Lagoa:	T _d (1996) (dia)	T _d (1997) (dia)	T _d (96/97) (dia)	DBO _{an} (96/97) (mg/l)	Carga média aplicada (96/97)
- Anaeróbia	34,95	30,48	32,55	174	5,34 g DBO/m ³ d
- Facultativa I	30,07	26,22	28,01	45	27,70 kg DBO/ha.d
- Facultativa II	19,44	16,96	18,11	23	21,60 kg DBO/ha.d
- Facultativa III	9,37	8,17	8,72	22	42,80 kg DBO/ha.d
- Total	93,83	81,83	87,39		

6.2.2. – CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DA REGIÃO

Na tabela 17 apresentam-se as principais características climatológicas da região de Potecas, no município de São José, cujos dados foram obtidos através do CLIMERH-CENTRO INTEGRADO DE METEOROLOGIA E RECURSOS HIDRICOS DE SANTA CATARINA, órgão subordinado a EPAGRI- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL do Estado. Os dados foram obtidos de séries históricas da Estação “Florianópolis”, localizada no município de São José (coordenadas: latitude 27°35’, longitude 48°34’ e altitude de 1,84m).

As séries históricas tem a seguinte duração:

- Direção dos ventos : 20 anos;
- Velocidade dos ventos : 70 anos;
- Temperatura e Pressão: 81 anos;
- Precipitações: 82 anos.

A temperatura média anual é de 20,7°C e a média pluviométrica é de 1500 mm. Chove suavemente nos meses de junho à agosto, meses em que a temperatura média é relativamente baixa também. A umidade é continuamente alta durante todo o ano, de 80% ou mais. A direção do vento muda a qualquer hora do dia, mas geralmente sopra um vento norte de manhã e um vento sul de noite.

Tabela 17. – Características climatológicas da Região de Potecas – São José

Mês	Ventos			Pressão (milibares)	Temperatura (°C)			Precipitação (mm de chuva)
	Direção Principal	2ª Direção	Velocidade (Km/h)		Média	Média das Mínimas	Média das Máximas	
Jan.	Norte	Nordeste	12,6	1.009,6	24,4	21,6	28,1	190,7
Fev.	Norte	Sul	13,0	1.010,3	24,6	21,7	28,3	182,7
Mar.	Sudeste	Norte	12,2	1.011,7	24,0	21,0	27,7	169,7
Abr.	Norte	Sudeste	11,5	1.013,0	21,8	18,8	25,6	128,8
Mai.	Norte	Sul	10,4	1.015,3	19,4	16,5	23,4	105,7
Jun.	Norte	Sul	10,8	1.016,3	17,1	14,3	21,4	84,7
Jul.	Norte	Sul	11,2	1.017,8	16,4	13,3	20,4	80,9
Ago.	Norte	Sul	13,0	1.017,1	16,8	13,9	20,7	93,3
Set.	Norte	Sul	13,7	1.015,8	17,8	15,1	21,2	113,4
Out.	Norte	Nordeste	14,8	1.014,0	19,3	16,7	22,6	128,7
Nov.	Norte	Sul	15,5	1.011,6	21,1	18,3	24,5	130,9
Dez.	Norte	Sul	14,8	1.009,9	23,0	20,1	26,4	139,0

Fonte: EPAGRI/CLIMERH

6.2.3. – CARACTERIZAÇÃO DO CORPO RECEPTOR

O esgoto doméstico tratado no complexo das lagoas de estabilização de Potecas é encaminhado ao rio Forquilha, através de um canal à céu aberto.

Este canal que, de acordo com a OESA- Organização e Engenharia S.A. (1974), empresa contratada pela CASAN para elaborar o projeto do sistema de esgotamento sanitário do município de Florianópolis, drena água com bastante matéria orgânica, recebida à jusante de ponto de lançamento dos esgotos efluentes da ETE.

O Rio Forquilha no seu caminamento de 10.700 m. recebe os esgotos de vilas habitacionais e o seu uso, restringia-se apenas nas suas nascentes, já na época do projeto da OESA, segundo consta no mesmo. O ponto para descarga do efluente das lagoas está a 7.000 m. da desembocadura no mar, no trecho que o canal não tem mais utilidade para fins de abastecimento.

O Rio Forquilha foi enquadrado através da PORTARIA N° 024/79, da Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral do Estado de Santa Catarina na Classe 2, da classificação estabelecida pela PORTARIA GM N° 0013, de 15/01/76 do Ministério do Interior. Portanto este curso d'água pode receber efluentes líquidos, desde que os mesmos atendam os padrões de emissão previstos na Resolução CONAMA N° 20 de 18/06/86 e no DECRETO N° 14.250 de 05/06/81, do Estado de Santa Catarina e não confirmam ao corpo receptor características em desacordo com sua classe e com os critérios e padrões de qualidade de água, adequados aos diversos usos benéficos previstos para o corpo d'água.

A OESA, na “Concepção Geral do Sistema de Esgotos Sanitários de Florianópolis” (1974), apresentava as previsões de vazões para o rio Forquilha e calculava a diluição do esgoto tratado da seguinte forma:

- Área de Contribuição: 34,5 km²
- Q_{min.}: 345,0 l/s = 0,345 m³/s
- Q_{medio}: 492,0 l/s
- Q_{max.}: 27.300,0 l/s
- Diluição inicial: $\frac{1,407 + 0,345}{1,407} = 1,24 = \frac{Q_{\text{min. Rio}} + Q_{\text{max.hor.esgoto}}}{Q_{\text{max.hor.esgoto}}$, onde Q_{max.hor.esgoto}

foi obtida da Tabela 19.

Utilizando um software de autoria de Luiz Alberto Gomes, baseado no Projeto HG-47 – “Vazões de Estiagem em Pequenas Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina”, elaborado para a CASAN pelo Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza – CEHPAR da Universidade Federal do Paraná, obtivemos as seguintes previsões de vazão para o rio Forquilha:

- Área de contribuição: 34,7 km²
- Q_{min.(TR=5anos)}: 247,25 l/s
- Q_{medio}: 739,45 l/s (Faixa de confiança: 690,75 à 751,58 l/s)

6.2.4. – DADOS DE PROJETO

a) Características da região

Segundo dados da OESA, a área onde foram implantadas as lagoas de estabilização, era caracterizada por possuir trechos alagados e sem produtividade aparente além da criação de gado; sendo que o DNOS efetuou obras de retificação e alargamento do canal do rio Forquilha, tendo transformado a região numa área praticamente seca e estabilizada.

b) Características dos Esgotos

A OESA, baseando-se em dados de cidades brasileiras localizadas em regiões semelhantes às de Florianópolis, estabeleceu as características dos esgotos adotadas para o projeto da ETE da área continental do município, e os dados retirados de METCALF & EDDY (1972), sobre os valores máximos, médios e mínimos dessas características, os quais são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18. - Características dos Esgotos para o projeto da ETE- Florianópolis

Parâmetros	Unidade	Valores adotados	Metcalf & Eddy		
			V. max.	v. médio	v. min
ST	mg/l	1.000	1.200	700	250
SS	mg/l	370	325	200	105
S.Sed.	ml/l	6,0	20	10	5
DQO	mg/l	800	1.000	500	250
DBO	mg/l	200	300	200	100
Gordura-graxa	mg/l	100	200	100	50
H ₂ S	mg/l	0,125	-	-	-

Fonte: CASAN: Emenda Técnica do projeto do Sistema de Esgotos Sanitários de Florianópolis (1979)

c) Previsão das Populações Atendidas

Os coeficientes adotados pela OESA, na determinação das vazões de contribuição são:

- Consumo per capita : 250 l/hab.dia
- Coeficiente de máxima diária : $K_1 = 1,20$
- Coeficiente de máxima horária: $K_2 = 1,50$
- Coeficiente de mínima : $K_3 = 0,50$
- Coeficiente de retorno: $R = 0,90$

Baseando-se nos estudos demográficos, realizados pela OESA, para as áreas de projeto, bem como os coeficientes adotados para determinação das vazões, tem-se na Tabela 19, a população e vazões de contribuição utilizadas para o projeto da ETE e na Tabela 20 as populações previstas pelo projeto da OESA para o ano 2.000, por bairro.

A tabela 21 apresenta a previsão da população a ser atendida até o ano 2.000 pela ETE continental, incluindo os bairros Kobrasol e Campinas, cujas redes coletoras estão sendo executadas. Toda esta vazão segue para a Estação de Recalque "GB", que recalca os esgotos coletados para as lagoas de estabilização na localidade de Potecas. A Estação de Recalque "GB" está dimensionada para receber toda a vazão do continente, sendo que atualmente estão instalados dois conjuntos moto-bombas com velocidades variáveis, capazes de atender vazões entre 210 e 417 l/s por bomba.

Tabela 19 – Populações e vazões de Projeto da Área Continental- Florianópolis

Ano	População Total (hab)	Vazão (l/s)		
		Maxima horária	Média anual	Mínima
1978	47.503	222,66	126,02	63,01
1979	50.281	235,68	131,04	65,52
1980	53.223	249,47	138,70	69,35
1981	56.336	264,06	146,82	73,41
1982	59.632	279,51	155,41	77,70
1983	63.121	295,87	164,50	82,25
1984	66.813	313,17	174,12	87,06
1985	70.722	331,50	184,31	92,15
1986	74.859	350,89	195,09	97,54
1987	79.238	371,42	206,50	103,25
1988	83.874	393,15	218,59	109,29
1989	174.409	817,52	454,54	227,27
1990	182.902	874,83	486,40	243,20
1991	191.810	917,44	510,09	255,05
1992	201.151	962,12	534,94	267,47
1993	210.947	1.008,97	560,99	280,49
1994	221.220	1.058,11	588,31	294,15
1995	231.993	1.109,64	616,96	308,48
1996	243.291	1.163,68	647,00	323,50
1997	255.140	1.220,35	678,51	339,25
1998	267.565	1.279,78	711,56	355,78
1999	280.596	1.342,11	746,21	373,10
2000	294.229	1.407,31	782,46	391,23

Fonte: CASAN/ Emenda Técnica do Projeto do Sistema de Esgotos Sanitários de Florianópolis – Vol. V

Tabela 20 –Populações Previstas Pelo Projeto da OESA Para o Ano 2.000

Bacias	Bairros	População (hab)	Densidades (hab/km ²)
J2	Bom Abrigo	2.916	75 a 150
J3	Itaguaçu	3.932	75 a 150
J4	Coqueiros	7.816	74 a 150
I1	Coqueiros	20.128	150 a 350
I2	Sob a ponte	2.097	150
H	Estreito	78.620	75 a 350
Subtotal 1		115.509	
G	Balneário, Canto, Coloninha, J. Atlântico	48.375	75 a 350
GA	Barreiros	5.841	-
GB	Jardim Atlântico	19.281	-
Subtotal 2		73.497	-
Total Geral		189.006	

Fonte: CASAN/Projeto do Sistema de Esgotos Sanitários Kobrasol/Campinas-São José (1996)

Tabela 21 – População A Ser Atendida Até o Ano 2.000 Pela ETE – Potecas

Sistema	População (hab)	Vazão Equiv. Média (l/s) (*)
Continental implantado	189.006 (**)	328
Continental a implantar (Kobrasol e Campinas)	53.459 (***)	93
Total Geral	292.465	421

Fonte: CASAN/Projeto do Sistema de Esgotos Sanitários Kobrasol/Campinas-São José (1996)

OBS.: * Sem considerar vazões infiltrantes;

** Falta acrescentar no futuro as vazões dos bairros Abraão e Capoeiras;

*** Falta acrescentar no futuro os bairros do outro lado da BR-101.

d) Dimensionamento

- População: 1ª Etapa = 90.000 hab.
2ª Etapa = 180.000 hab.
- Vazão: 1ª Etapa = 18.000 m³/dia
2ª Etapa = 36.000 m³/dia
- DBO : 270 mg/l (nas duas etapas)

Tabela 22- Dados de dimensionamento da ETE- Potecas

Lagoa	Tempo de retenção (dias)		% Remoção da DBO	
	1ª Etapa	2ª Etapa	1ª Etapa	2ª Etapa
Anaeróbia	11,4	5,7	56,30	51,48
Facultativa 1	9,8	4,9	62,49	45,45
Facultativa 2	6,34	3,17	51,80	35,03
Facultativa 3	3,05	1,52	34,17	20,53
Total	30,62	15,31	94,81	92,39

6.2.5- AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO COMPLEXO DE LAGOAS

Para a avaliação do desempenho das lagoas de estabilização de Potecas foram compilados todos os dados do monitoramento de rotina efetuado pela CASAN, referentes aos anos de 1996 e 1997, e efetuado o tratamento estatístico dos mesmos, o que resultou nas Tabelas 14- Esgoto bruto (apresentada no item 6.1.5 deste capítulo), Tabela 23-Lagoa anaeróbia, Tabela 24-Lagoa Facultativa 1, Tabela 25-Lagoa Facultativa 2, Tabela 26-Lagoa Facultativa 3, e Tabela 27- Rio Forquilha.

Tabela 23- Tratamento Estatístico dos Parâmetros Monitorados (96/97) – Lagoa Anaeróbia

Parâmetros	Unidade	Nº Casos	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
T.ar	°C	35	22	13	31	4,75
T.amostra	°C	40	22	15	31	4,73
pH		40	7,3	6,6	8,0	0,31
Alc.Total	mg/l CaCO ₃	40	179,6	103,8	306,6	53,43
Cloretos	mg/l Cl ⁻	40	249,00	99,90	546,20	131,10
DQO	mg/l	38	174	47	446	87,06
DBO	mg/l	35	45	9	170	28,95
OD	mg/l O ₂	16	2,9	0	10	3,31
ST	mg/l	39	872	397	1737	432,10
SS	mg/l	29	60	9	233	44,61
SD	mg/l	29	880	381	1670	435,60
S.Sed.	mg/l	26	0,4	0,0	5,0	1,05
Coli Total	NMP/ml	21	2,20E6	1,10E5	1,30E9	3,80E8
Coli Fecal	NMP/ml	21	6,00E7	4,90E4	9,40E8	2,07E8

Tabela 24- Tratamento Estatístico dos Parâmetros Monitorados (96/97) – Lagoa Facultativa 1

Parâmetros	Unidade	Nº Casos	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
T.ar	°C	46	23	14	35	5,24
T.amostra	°C	46	24	16	35	5,08
pH		46	7,8	6,8	9,4	0,60
Alc.Total	mg/l CaCO ₃	46	105,2	41,5	228,3	48,45
Cloretos	mg/l Cl ⁻	46	217,50	52,80	537,00	127,50
DQO	mg/l	41	124	65	243	42,56
DBO	mg/l	38	23	9	62	14,22
OD	mg/l O ₂	46	7,3	1,0	22,8	4,30
ST	mg/l	45	720	352	1712	361,10
Coli Total	NMP/ml	18	5,82E4	1,70E3	1,60E5	5,03E4
Coli Fecal	NMP/ml	19	8,81E3	3,0E1	5,40E4	1,29E4

Tabela 25- Tratamento Estatístico dos Parâmetros Monitorados (96/97) -Lagoa Facultativa 2

Parâmetros	Unidade	Nº Casos	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
T.ar	°C	46	23	14	30,5	4,71
T.amostra	°C	46	23	15	35,5	5,19
pH		46	8,1	6,5	9,4	0,69
Alc.Total	mg/l CaCO ₃	46	80,1	39,0	137,6	28,03
Cloretos	mg/l Cl ⁻	46	207,49	92	648,13	127,52
DQO	mg/l	40	126	73	243	35,67
DBO	mg/l	37	22	7	76	15,89
OD	mg/l O ₂	46	7,5	1,7	19,8	3,13
ST	mg/l	45	682	387	1614	340,18
Coli Total	NMP/ml	20	2,04E5	1,60E3	2,80E6	6,15E5
Coli Fecal	NMP/ml	20	5,66E3	1,70E1	2,40E4	8,35E3

Tabela 26- Tratamento Estatístico dos Parâmetros Monitorados (96/97)-Lagoa Facultativa 3

Parâmetros	Unidade	Nº Casos	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
T.ar	°C	46	23	14	35	5,27
T.amostra	°C	46	24	15	35,5	5,24
pH		46	8,4	6,7	9,9	0,71
Alc.Total	mg/l CaCO ₃	46	76,5	45,0	129,8	22,80
Cloretos	mg/l Cl ⁻	46	201,54	62,90	671,20	131,62
DQO	mg/l	45	137	73	345	47,91
DBO	mg/l	40	21	6	54	12,19
OD	mg/l O ₂	46	8,8	2,6	19,6	3,58
ST	mg/l	45	689	376	1586	337,29
Coli Total	NMP/ml	24	7,40E4	1,70	3,50E5	9,02E4
Coli Fecal	NMP/ml	24	4,61E3	1,70	5,40E4	1,11E4

Tabela 27 – Tratamento Estatístico dos Parâmetros Monitorados (96/97)– Rio Forquilha

Parâmetros	Unidade	Nº Casos	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
T.ar	°C	22	24	15	35,5	6,10
T.amostra	°C	22	23	15	32	4,86
pH		22	6,2	5,7	6,7	0,25
Alc.Total	mg/l CaCO ₃	22	23,1	7,7	73,0	13,67
Cloretos	mg/l Cl ⁻	22	60,88	15,50	513,87	104,46
DQO	mg/l	20	21	8	38	8,83
DBO	mg/l	21	3	0,5	7	1,95
OD	mg/l O ₂	17	7,7	6,1	10,4	1,17
ST	mg/l	22	209	121	390	82,76
SS	mg/l	22	85	2	290	66,30
S.Diss.T.	mg/l	22	124	12	342	88,21
S.Sed.	mg/l	20	0,2	0,0	1,0	0,32
Coli Total	NMP/ml	22	6,22E5	5,40E5	2,20E6	5,71E5
Coli Fecal	NMP/ml	22	1,14E5	7,9E4	5,4E5	1,15E5

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Temperatura

A temperatura ambiente na localidade onde está implantada a ETE, durante o período 96/97, variou de 13°C à 35,50°C, ficando a média próximo dos 23°C, o que está de acordo com as características do clima da região, conforme Tabela 17. A temperatura mínima foi medida em junho/96 e a máxima em dezembro/97.

A temperatura ambiente no local e a temperatura das amostras coletadas no esgoto bruto, no efluente da lagoa anaeróbia, da lagoa facultativa 1, da lagoa facultativa 2, da lagoa facultativa 3 e no corpo receptor, podem ser observadas nas tabelas respectivas e nos gráficos das Figuras 11, 12, 13, 14, 15 e 16 respectivamente. Estas figuras apresentam também a variação do pH nesses pontos de coleta.

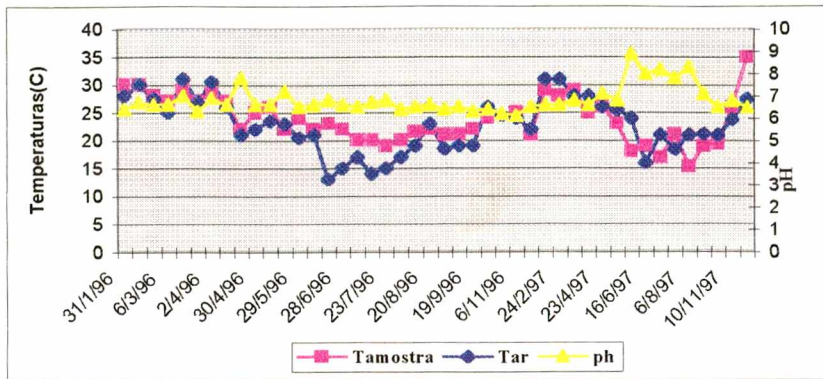


FIGURA 11- Temperaturas e pH do esgoto bruto - Potecas

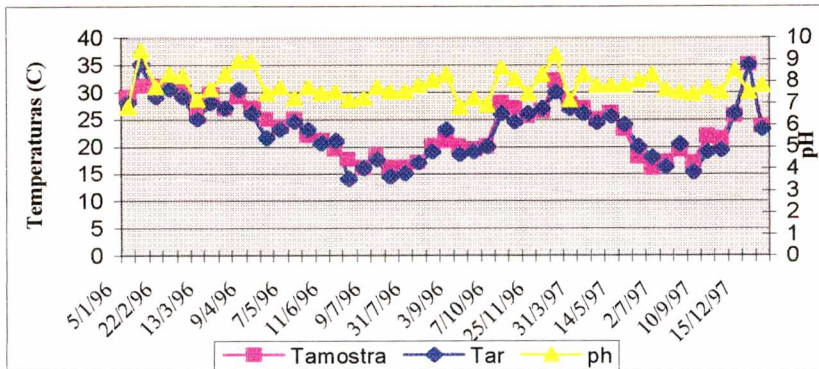


FIGURA 12- Temperaturas e pH da Lagoa Anaer6bia- Potecas

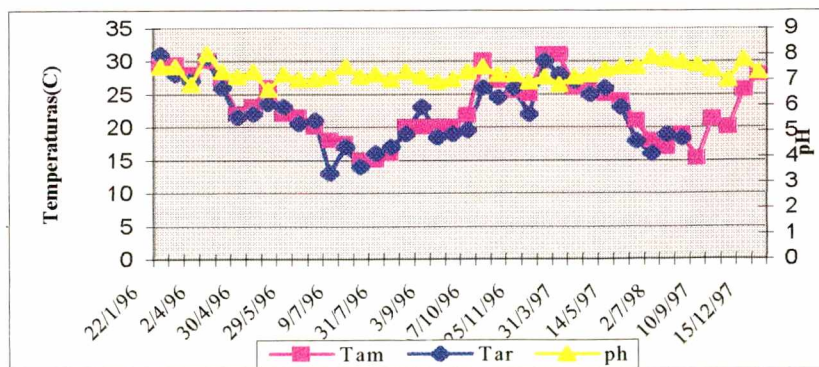


FIGURA 13- Temperaturas e pH da Lagoa Facultativa - Potecas

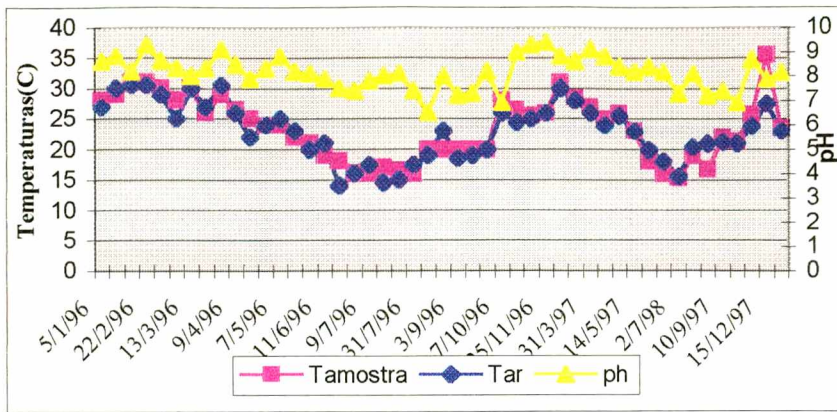


FIGURA 14- Temperaturas e pH na Lagoa Facultativa 2

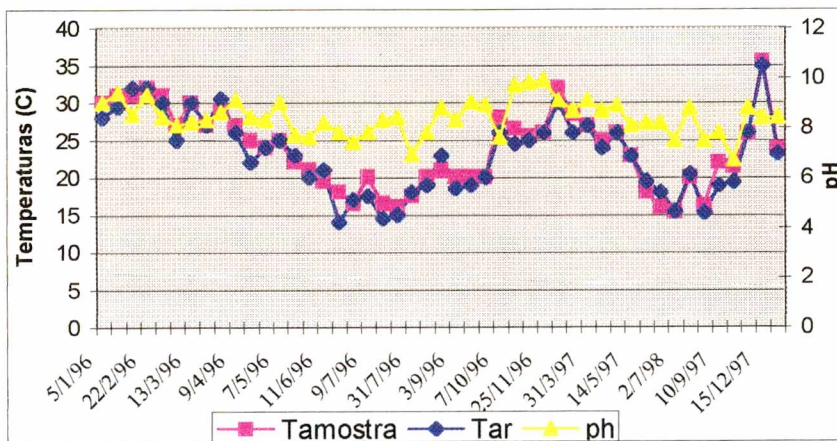


FIGURA 15- Temperaturas e pH na Lagoa Facultativa 3-Potecas

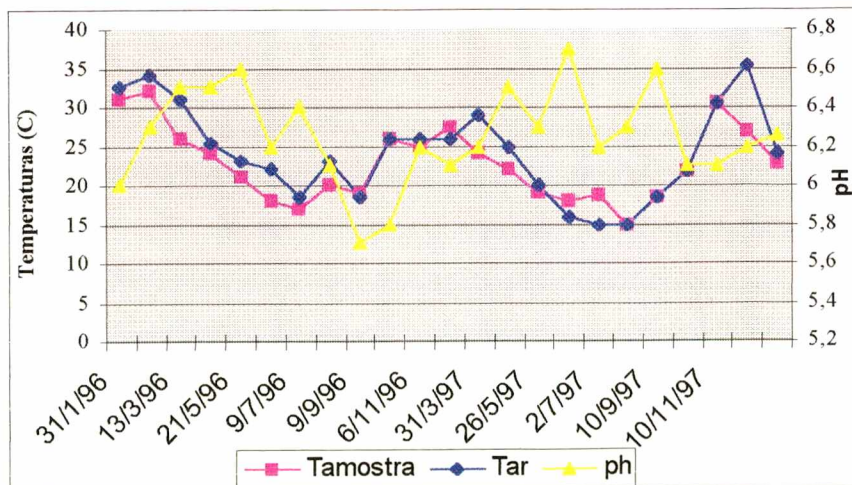


FIGURA 16- Temperaturas e pH no Rio Forquilha

pH

Os valores de pH variaram bastante desde o esgoto bruto até o corpo receptor. No esgoto bruto o valor foi relativamente estável, com o mínimo de 5,9, média de 6,7 e o máximo de 8,3, sendo que em 60% das medições efetuadas o valor do pH ficou na faixa entre 6,5 e 7,5, em 17,7% abaixo de 6,5 e 13,3% superior a 7,5.

No efluente da lagoa anaeróbia os valores de pH também foram próximos ao neutro (mínimo 6,6, médio 7,3 e máximo 8,0), ficando dentro da faixa recomendada, para estes reatores conforme revisão bibliográfica. A elevação dos valores deste parâmetro nas lagoas facultativas para valores médios de 7,7 na F1, 8,1 na F2 e 8,4 na F3 evidenciam a influência do processo fotossintético desenvolvido pelas algas durante o dia nesses reatores.

Conforme citado na revisão bibliográfica o pH em lagoas facultativas varia ao longo do dia e nas diferentes camadas do líquido, predominando na superfície os valores mais elevados. A razão dessa contínua variação é o consumo de gás carbônico pelas algas. Normalmente, durante as primeiras horas da manhã os valores de pH são mais baixos, tornando-se mais elevados entre as 14:00 e 16:00 horas, período em que as algas se encontram em plena atividade fotossintética. Valores fornecidos em trabalhos de KONIG, A. et al (1997) fornecem valores de pH nas lagoas facultativas variando entre 6,5 e 9,2.

Alcalinidade e Cloretos

A alcalinidade média de 44 dados do esgoto bruto (156,6 mg/l), foi superior à média da lagoa anaeróbia (149,6) com 40 dados válidos, porém nas lagoas facultativas o valor médio da alcalinidade total foi reduzindo de 105,2 (F1) para 80,1 (F2), até 76,5 (F3).

No corpo receptor o valor médio encontrado para alcalinidade foi de 23,1, variando de um mínimo de 7,7 até 73,0 mg/l de CaCO_3 .

Com relação aos cloretos, seu valor médio sofreu pequenas reduções desde o esgoto bruto até a lagoa facultativa, na saída da ETE, evidenciando que sistemas de lagoas não removem cloreto e são capazes de absorver condições ácidas sem que ocorram modificações no pH, o que é confirmado na literatura (KONIG, A. et al, 1996).

No Rio Forquilha o valor médio dos cloretos variou de 15,50 à 513,87 mg/l, ficando o valor médio das 22 amostras realizadas em 60,88 ml/l.

As figuras de 17 à 22 apresentam os gráficos da variação dos parâmetros alcalinidade total e cloretos no esgoto bruto, no corpo receptor e nas lagoas.

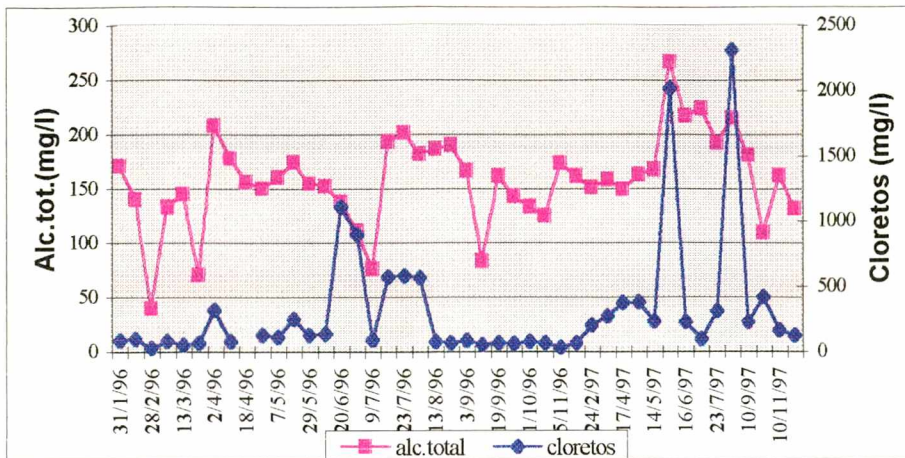


FIGURA 17- Alcalinidade total e Cloretos no esgoto bruto- Potecas

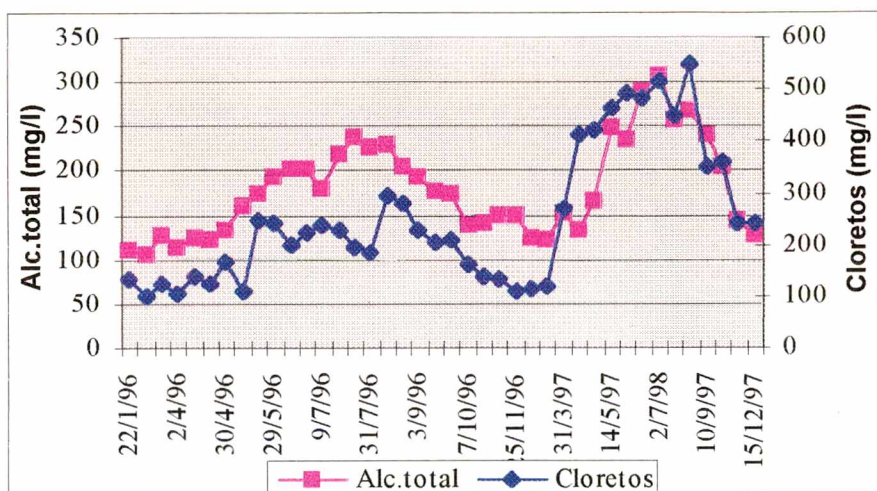


FIGURA 18- Alcalinidade total e Cloretos na Lagoa Anaerobia-Potecas

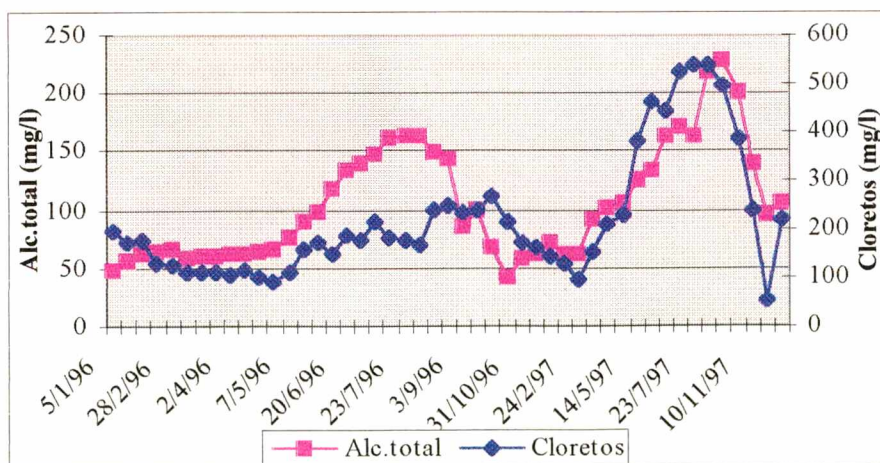


FIGURA 19- Alcalinidade total e Cloretos na Lagoa Facultativa 1-Potecas

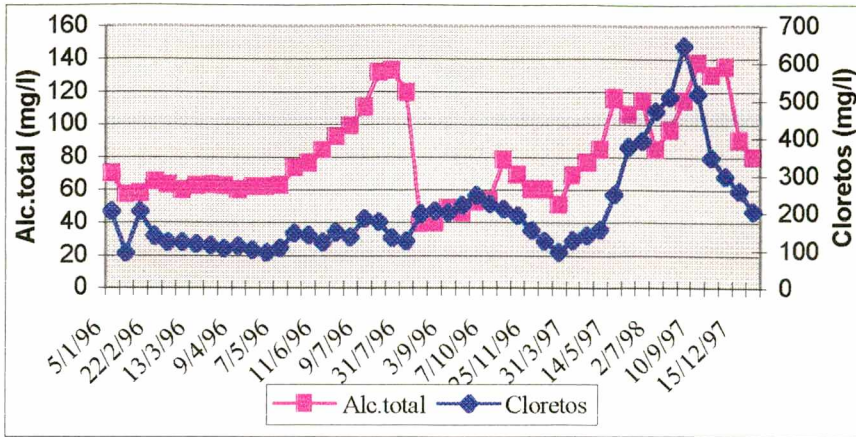


FIGURA 20- Alcalinidade total e Cloretos na Lagoa Facultativa 2-Potecas

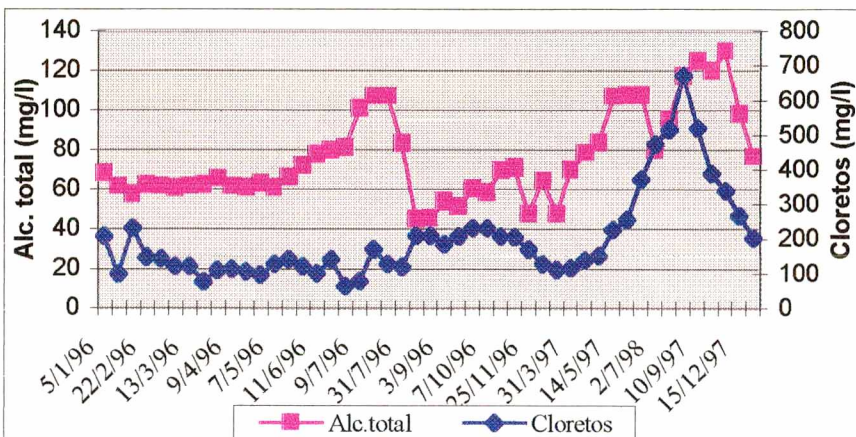


FIGURA 21- Alcalinidade total e Cloretos na Lagoa Facultativa 3- Potecas

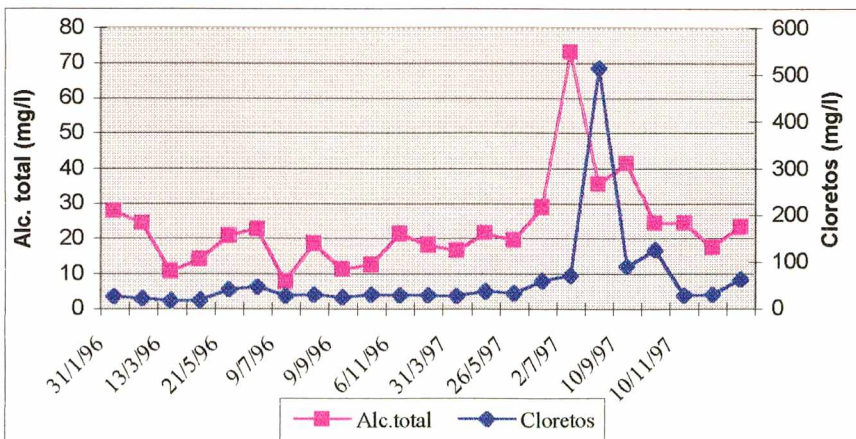


FIGURA 22- Alcalinidade total e Cloretos no Rio Forquilha

DQO

O resultado de 43 análises realizadas no esgoto bruto de Potecas levaram a uma DQO média de 408 mg/l, variando de 100 até 815 mg/l no máximo.

O valor médio da DQO na saída da lagoa anaeróbia resultou em 174 mg/l, variando de um mínimo de 47 a um máximo de 446 mg/l, o que nos dá uma eficiência de remoção de DQO da lagoa anaeróbia em relação ao esgoto bruto de 57,30%.

A DQO média de 41 dados da lagoa facultativa 1 foi de 124 mg/l, o que resulta em uma eficiência em relação a lagoa anaeróbia de 29%, e em relação ao esgoto bruto de 69,7%.

Nas lagoas facultativas 2 e 3 os valores médios encontrados para o parâmetro DQO resultaram em 126 (40 análises) e 137 mg/l (45 análises) respectivamente. Isto significa que ao invés da redução, que a princípio seria de se esperar, os valores da DQO total média aumentaram da primeira lagoa facultativa para a segunda, e da segunda para a terceira. Como tem sido divulgado, alguns pesquisadores tem verificado que cerca de 60% a 90% dos sólidos das lagoas facultativas são algas e cada mg de algas geram cerca de 0,45 mg de DBO. Dessa maneira cada 1 mg de sólidos suspensos totais produziria cerca de 0,3 a 0,4 mg de DBO₅. Porém, como apontado por TEIXEIRA PINTO, M.A. et al (1998) essa relação na verdade depende do tempo de retenção com que as lagoas são operadas, independentemente do tipo de lagoa. A relação em termos de DBO particulada decresce com o tempo de retenção acumulado, enquanto que em termos de DQO particulada esta relação aumenta com o tempo de retenção. Assumindo que a quase totalidade dos sólidos suspensos das lagoas de estabilização são algas, podemos entender que elas vão entrando em "endogenia" com a sua permanência nas lagoas, restando material celulósico com clorofila, que influencia as análises de DQO, mas que porém não se degradam nos 5 dias das análises de DBO.

As figuras 23, 24, 25, 26, 27, e 28, representam os gráficos da variação da DQO e DBO, no esgoto bruto, lagoa anaeróbia, facultativas 1, 2 e 3 e no corpo receptor, respectivamente.

A Figura 29 apresenta a variação dos valores de DQO no esgoto bruto, nas lagoas e no corpo receptor, no qual o valor médio obtido para a DQO foi de 21 mg/l, variando de um mínimo de 8 a um máximo de 38 mg/l.

A Figura 30 apresenta a variação da DBO no período de estudo, no esgoto bruto, nas lagoas e no corpo receptor.

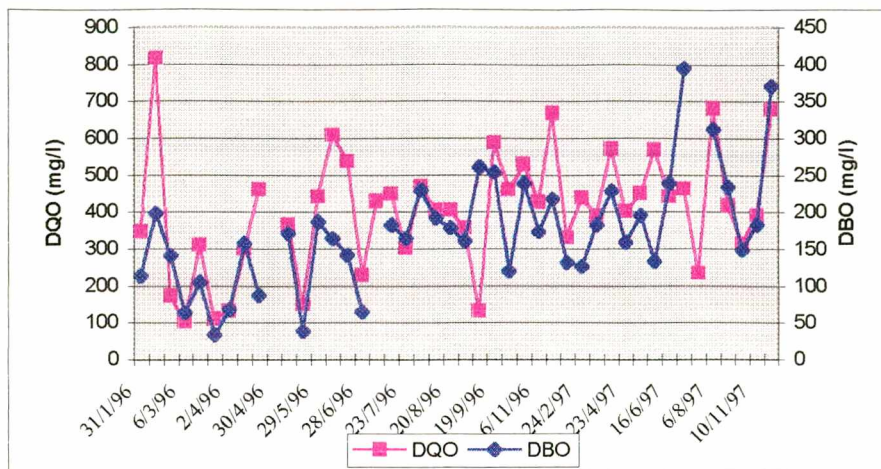


Figura 23- Variação da DQO e DBO no esgoto bruto- Potecas

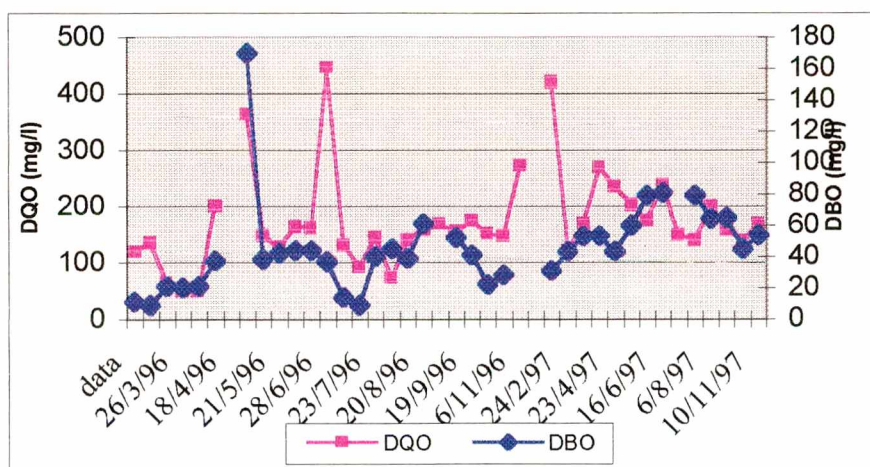


FIGURA 24- Variação da DQO e DBO na Lagoa Anaeróbia- Potecas

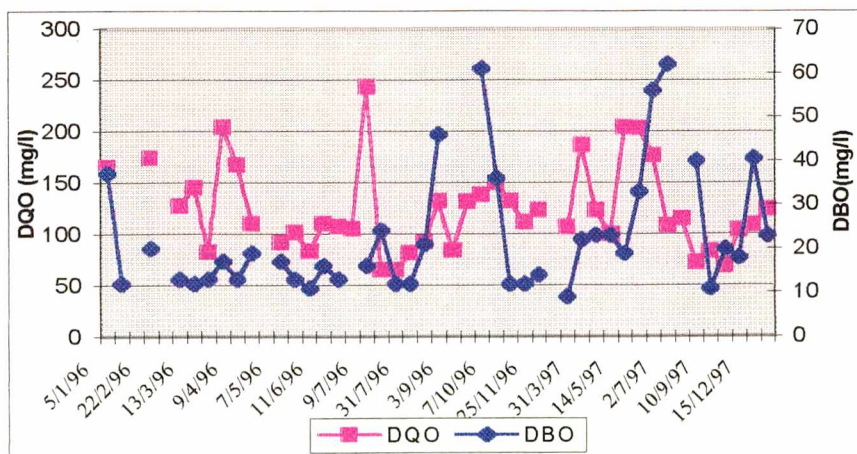


FIGURA 25- Variação da DQO e DBO na lagoa facultativa 1- Potecas

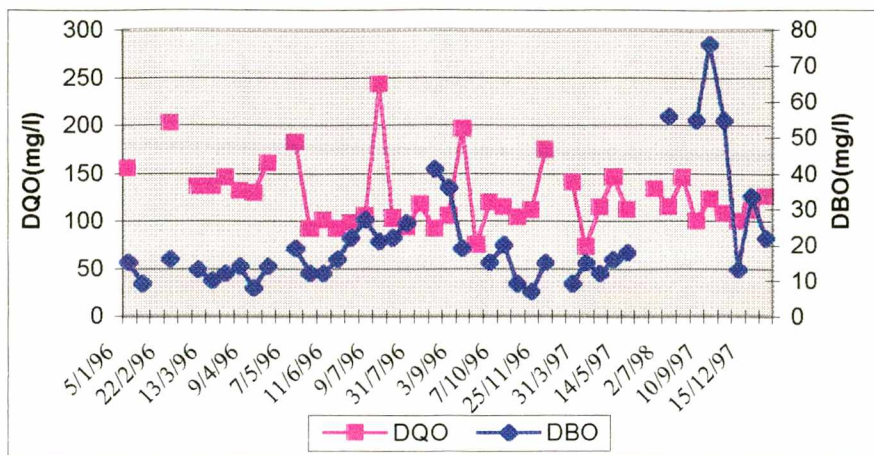


FIGURA 26- Variação da DQO e DBO na lagoa facultativa 2- Potecas

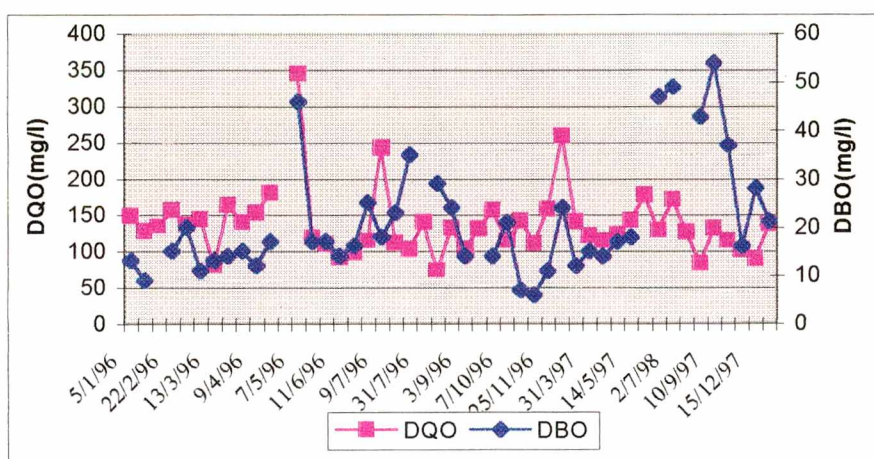


FIGURA 27- Variação da DQO e DBO na lagoa facultativa 3- Potecas

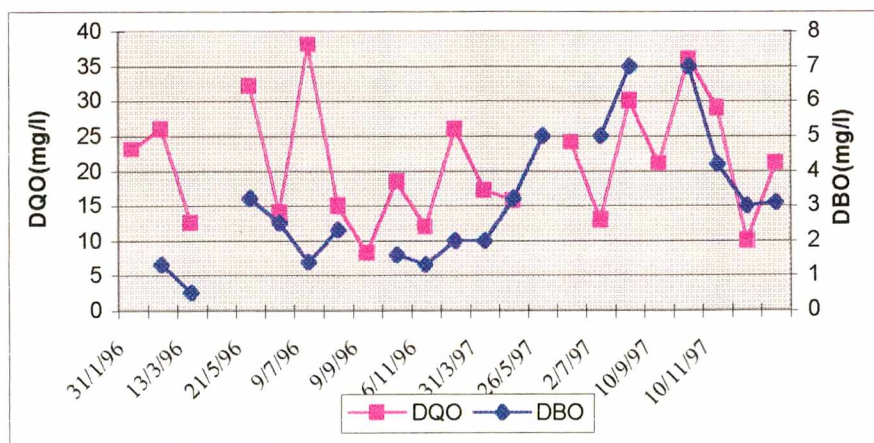


FIGURA 28- Variação da DQO e DBO no corpo receptor- Rio Forquilha

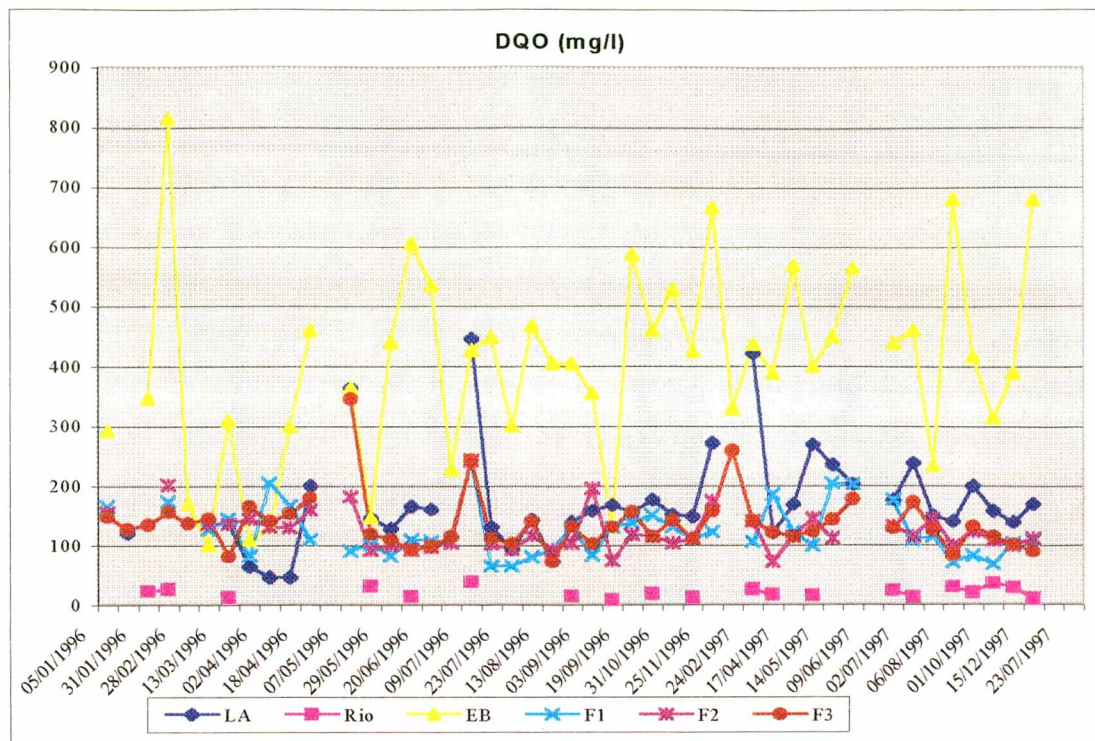


FIGURA 29- Variação da DQO no esgoto bruto (EB), na lagoa anaeróbia (LA), nas lagoas facultativas (F1, F2 e F3) e no corpo receptor (Rio)

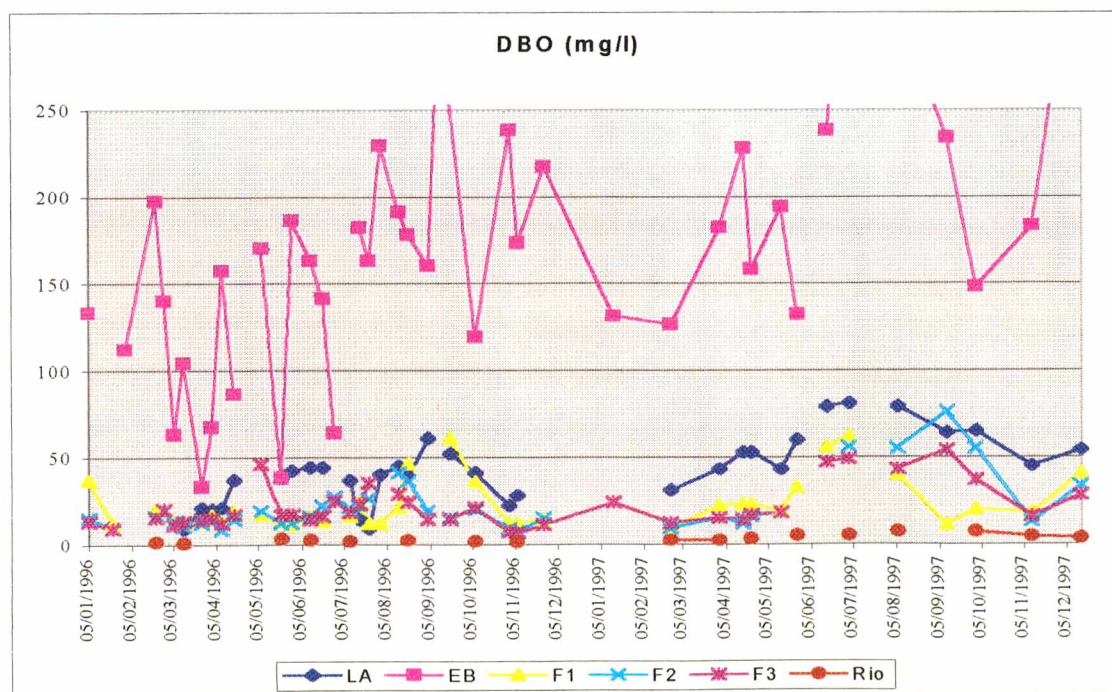


FIGURA 30- Variação da DBO no esgoto bruto (EB), na lagoa anaeróbia (LA), nas lagoas facultativas (F1, F2 e F3) e no corpo receptor (Rio)

DBO

Os dados compilados do esgoto bruto afluente à ETE de Potecas resultaram num valor médio do parâmetro de 174 mg/l, variando de 33 a 395 mg/l. Este valor médio de DBO evidencia tratar-se de um esgoto de concentração próxima da concentração de esgotos classificados como *médio* (≈ 200 mg/l, conforme JORDÃO & PESSÔA, 1995 e METCALF & EDDY, 1991).

Com o valor médio da DBO do esgoto bruto e considerando a vazão média do sistema de tratamento de 73,00 l/s no período, chega-se a conclusão que a taxa de aplicação média da carga orgânica na lagoa anaeróbia foi de apenas 5,34 gDBO/m³.d, variando de 1,01 gDBO/m³.d a no máximo 12,13 gDBO/m³.d, cargas extremamente baixas e totalmente em desacordo com as recomendações citadas na revisão bibliográfica (mínimo 100 gDBO/m³.d). Esses valores associados aos altos tempos de detenção na lagoa anaeróbia e as oscilações de temperatura na região, explicam a geração de maus odores, pois o reator embora projetado para trabalhar como anaeróbio, com profundidades típicas de lagoas anaeróbias, passa a ter um comportamento de lagoa facultativa.

O efluente da lagoa anaeróbia apresentou um valor mínimo para a DBO de 9 mg/l, médio de 46 e máximo de 170 mg/l. Com esses dados obtêm-se a taxa de aplicação superficial média de 27,7 kg DBO/ha.d na lagoa facultativa 1.

Nas saídas das lagoas facultativas os valores médios de DBO obtidos foram 23 mg/l na F1, 22 na F2 e 21 na F3, com variações entre os picos mínimos e máximos de 9 e 62 ; 7 e 76 e 6 e 54 mg/l, respectivamente. Os valores de DBO do efluente da lagoa F3 representam a DBO lançada no corpo receptor (21 mg/l em média), estando associada a presença de algas principalmente, fito e zooplâncton.

Calculando-se as eficiências de remoção da DBO₅, utilizando-se os dados médios obtidos, chega-se aos seguintes valores:

- Da lagoa anaeróbia em relação ao esgoto bruto : 74%
- Da facultativa 1 em relação a anaeróbia: 50%
- Da facultativa 2 em relação a facultativa 1 : 4%
- Da facultativa 3 em relação a facultativa 2 : 3%
- Da facultativa 3 em relação a anaeróbia : 53%
- Da facultativa 3 em relação ao esgoto bruto: 88%, que corresponde a eficiência média do sistema de tratamento.

A figura 31 apresenta a variação da eficiência do sistema na remoção de DBO ao longo dos dois anos de monitoramento.

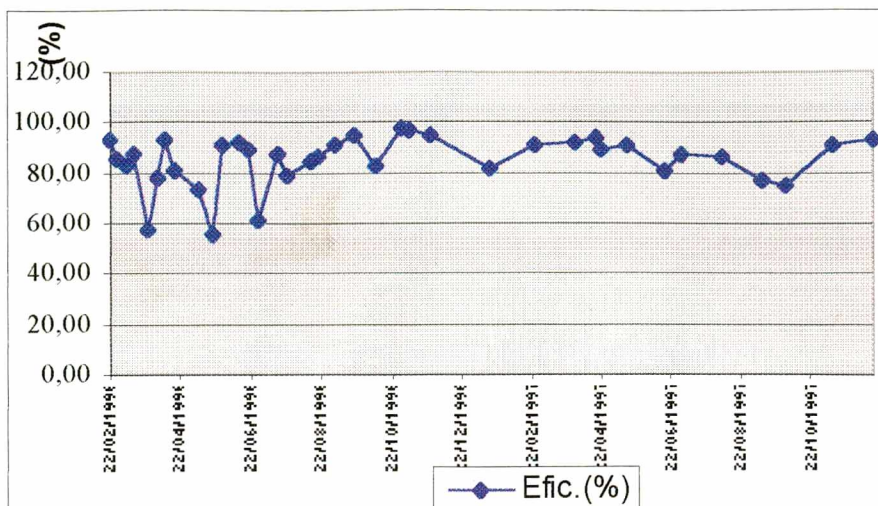


FIGURA 31- Eficiência da ETE de Potecas na remoção da DBO

Pode-se observar na Figura 31, que o sistema vem mantendo uma boa eficiência em termos de remoção da DBO₅ total, mantendo em 78% dos dados analisados eficiências superiores a 80%.

Relação DQO/DBO₅

Utilizando-se os valores médios obtidos para os parâmetros DQO e DBO foram calculados os valores da relação DQO/DBO:

- Para o Esgoto Bruto: 2,35
- Para o Efluente da Lagoa Anaeróbia : 3,83
- Para o Efluente da Lagoa F1.....: 5,41
- Para o Efluente da Lagoa F2.....: 5,76
- Para o Efluente da Lagoa F3.....: 6,47
- Para o Rio Forquilha: 6,81

Conforme já citado na revisão bibliográfica a tendência da relação é aumentar a medida que o esgoto bruto passa pelas diversas unidades de tratamento, pois a fração biodegradável vai sendo reduzida, enquanto a fração inerte permanece praticamente inalterada.

Os valores encontrados estão dentro da faixa de valores da relação DQO/DBO relatados por SILVA, S.R. et al (1997) para esgoto bruto (2,04 à 3,03) para efluentes de lagoa anaeróbia (2,04 à 5,26) e para efluentes de lagoa facultativa secundária (3,44 à 6,67).

Oxigênio Dissolvido

Não foram determinados os valores de Oxigênio Dissolvido nas amostras do esgoto bruto.

No efluente da lagoa anaeróbia o valor do Oxigênio Dissolvido variou de 0,0 a 10,3, evidenciando sua flutuação entre um comportamento anaeróbio e facultativo; o valor médio ficou em 2,9.

Nas amostras do efluente das lagoas facultativas os valores médios de Oxigênio Dissolvido resultaram em 7,3 para a F1, 7,5 para a F2 e 8,8 para a F3, com variações entre picos mínimos e máximos de 1,0 à 22,8; 1,7 à 19,8 e 2,6 à 19,6, respectivamente.

Os valores máximos nas três lagoas foram medidos nas amostras coletadas na mesma data, 22/01/96 no período vespertino (entre 15:50 e 16:10 hs). Já os valores mínimos coincidiram no período da coleta (início da manhã) para todas as lagoas e no mês (30/09/96 para a F1, 10/09/97 para a F2), porém para a F3 a data foi 31/01/96. Isto se deve ao procedimento experimental não atender à uma sistematização correta.

No Rio Forquilha o oxigênio dissolvido variou entre 6,1 à 10,4, o que resultou no valor médio 7,7 mg/l.

Na figura 32 podem ser visualizadas as variações desse parâmetro nas diversas unidades do sistema de tratamento e no corpo receptor.

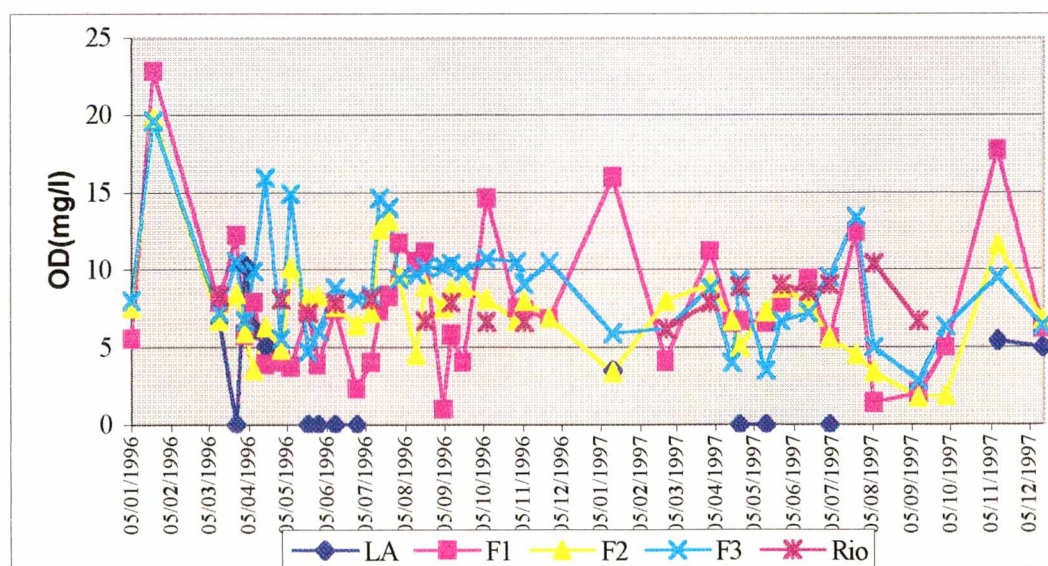


FIGURA 32- Variação do OD na lagoa anaeróbia (LA), nas lagoas facultativas (F1, F2, F3) e no corpo receptor (Rio).

Sólidos

O tratamento estatístico dos parâmetros sólidos totais, sólidos em suspensão totais, sólidos dissolvidos totais e sólidos sedimentáveis totais, para o esgoto bruto afluente ao sistema de lagoas de estabilização está na Tabela 14. De acordo com os valores médios obtidos nessa estatística o esgoto bruto que chega à ETE Potecas (S.T.=1238, S.D.= 1112 mg/l) pode ser classificado como forte (S.T. ~ 1000 mg/l e S.D. ~ 500 mg/l, conforme JORDÃO & PESSÔA, 1995).

No efluente da lagoa anaeróbia a média dos valores de sólidos foi de 872 mg/l para sólidos totais, 60 para sólidos em suspensão totais, 880 para sólidos dissolvidos totais e 0,4 mg/l para sólidos sedimentáveis totais, indicando que a eficiência na remoção de sólidos pela lagoa anaeróbia foi de 29% para o sólidos totais, 64% para os sólidos em suspensão totais, 21% para os sólidos dissolvidos totais e 77% para os sólidos sedimentáveis totais.

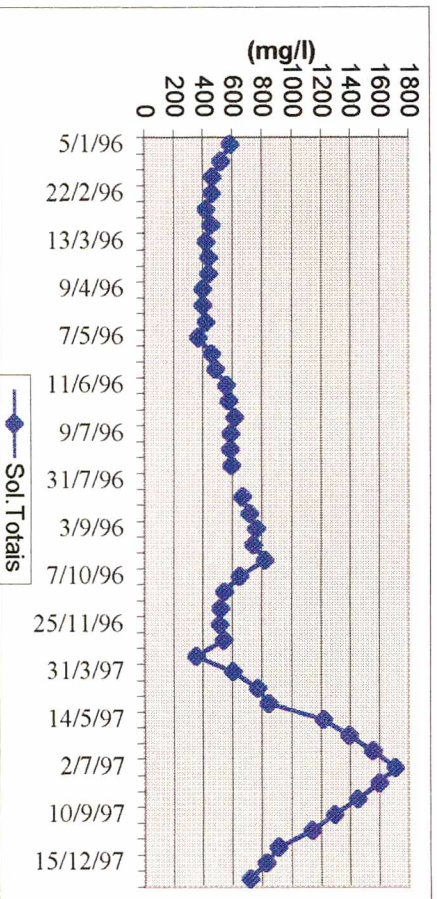
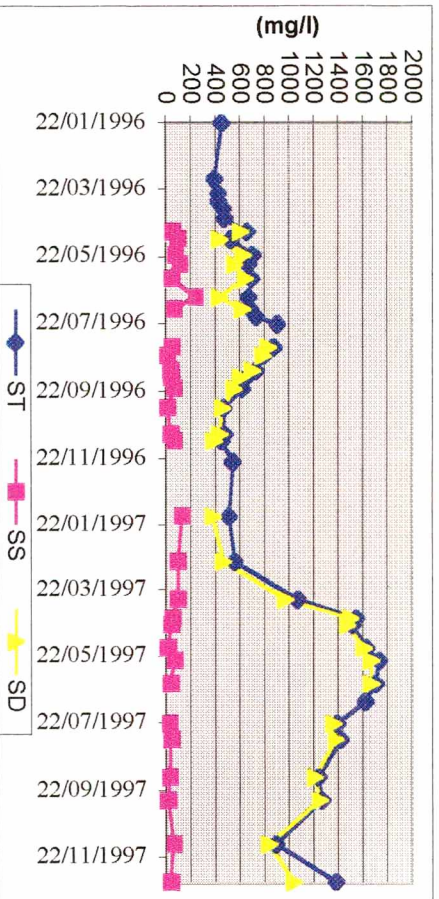
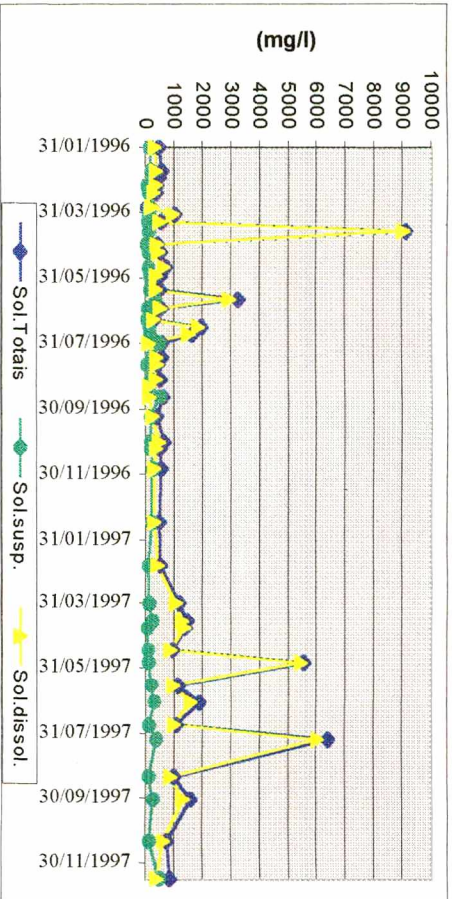
Nas lagoas facultativas foram monitorados apenas os valores dos sólidos totais, obtendo-se os seguintes valores, mínimos, médios e máximos (em mg/l):

- lagoa facultativa 1..... 352 - 720 - 1712
- lagoa facultativa 2..... 387 - 682 - 1614
- lagoa facultativa 3..... 376 - 689 - 1586

Conforme citado na revisão bibliográfica grande parte dos sólidos nos efluentes de lagoas facultativas são provenientes das algas, pois neste tipo de reator há formação de algas (representadas nos sólidos em suspensão) e consumo de sólidos dissolvidos.

Nas figuras 33 à 37 estão representadas as variações dos valores de sólidos nas amostras coletadas no sistema Potecas.

Os valores de sólidos nas amostras coletadas no rio Forquilha estão representados na figura 38, com valores médios de 209 para sólidos totais, 85 para sólidos em suspensão totais, 124 para sólidos dissolvidos totais e 0,2 para sólidos sedimentáveis totais.



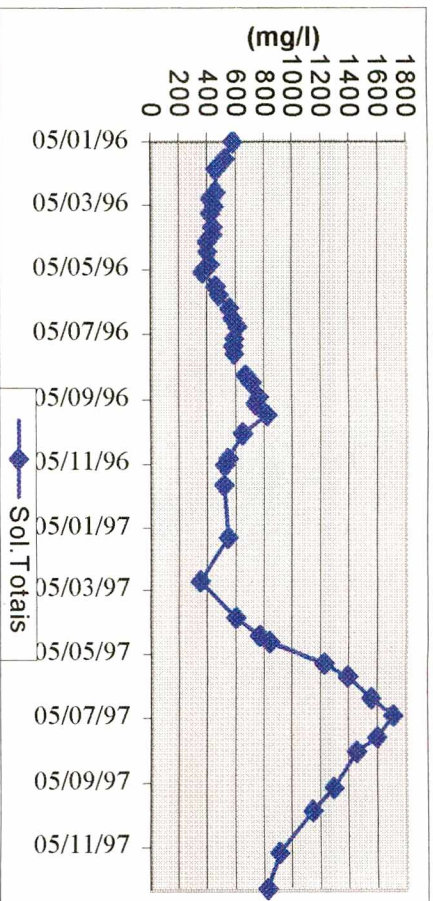


FIGURA 36- Variação dos sólidos totais na lagoa facultativa 2 –Potecas

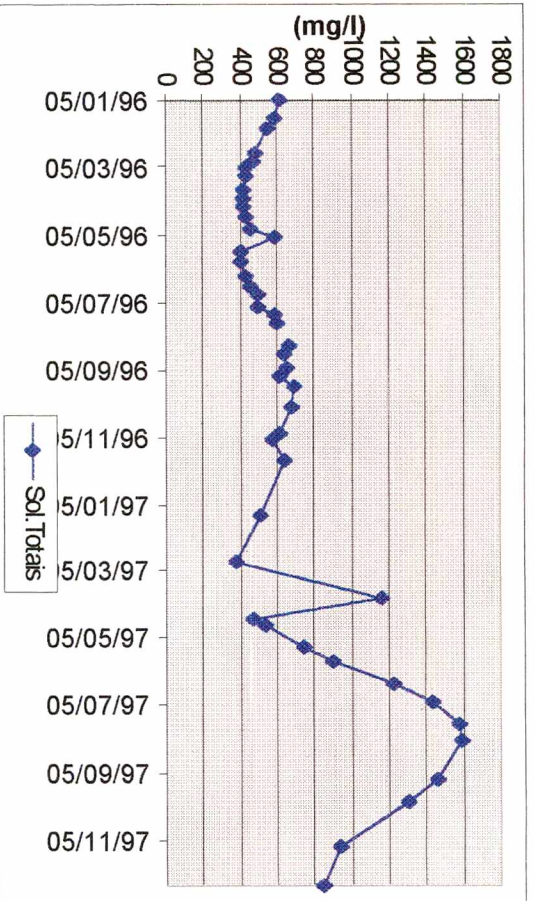


FIGURA 37- Variação dos sólidos totais na lagoa facultativa 3 - Potecas

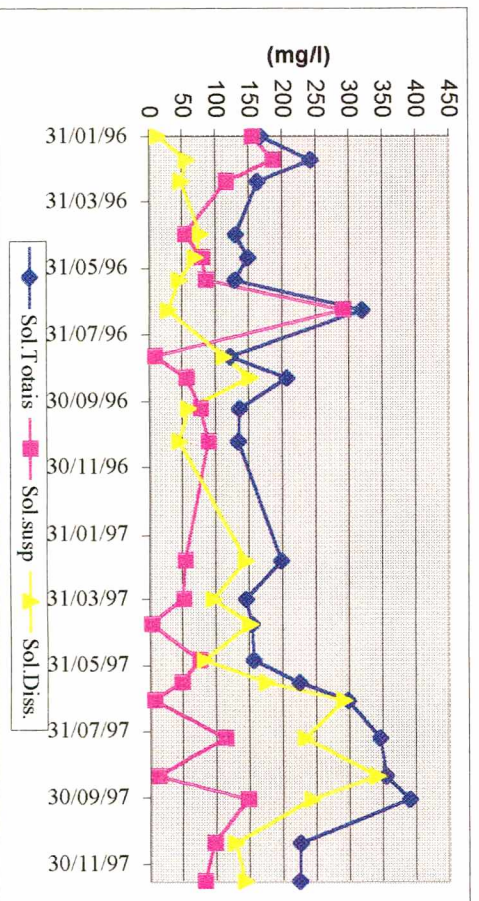


FIGURA 38- Variação dos sólidos no corpo receptor- Rio Forquilha

Coliformes Totais e Fecais

Os valores médios encontrados para o N.M.P./ml de coliformes totais no esgoto bruto afluente à ETE foi de $1,1 \times 10^{12}$ e para coliformes fecais de $3,5 \times 10^{11}$, valores dentro da faixa típica dos esgotos domésticos.

O efluente das lagoas anaeróbias apresentou uma concentração bacteriana média, em termos de coliformes totais de $2,2 \times 10^6$ NMP/ml e de $6,0 \times 10^7$ NMP/ml em termos de coliformes fecais. Portanto a lagoa anaeróbia promoveu uma redução de 99,9998% dos coliformes totais e 99,9828% dos coliformes fecais.

Da lagoa facultativa 1 para a lagoa facultativa 2 e para a lagoa facultativa 3, os resultados médios da colimetria passaram de $5,8 \times 10^4$ para $2,0 \times 10^5$ e $7,4 \times 10^4$ NMP/ml de coliformes totais e de $8,8 \times 10^3$ para $5,7 \times 10^3$ e $4,6 \times 10^3$. O sistema como um todo teve uma eficiência de 99,9999% em termos de remoção de coliformes totais e coliformes fecais.

Entretanto o efluente final lançado no corpo receptor, apesar da excelente eficiência apresenta ainda uma elevada concentração de organismos indicadores, em valores absolutos.

A variação dos parâmetros coliformes totais e fecais nas diversas unidades do sistema e no corpo receptor estão representadas nas figuras 39 à 44.

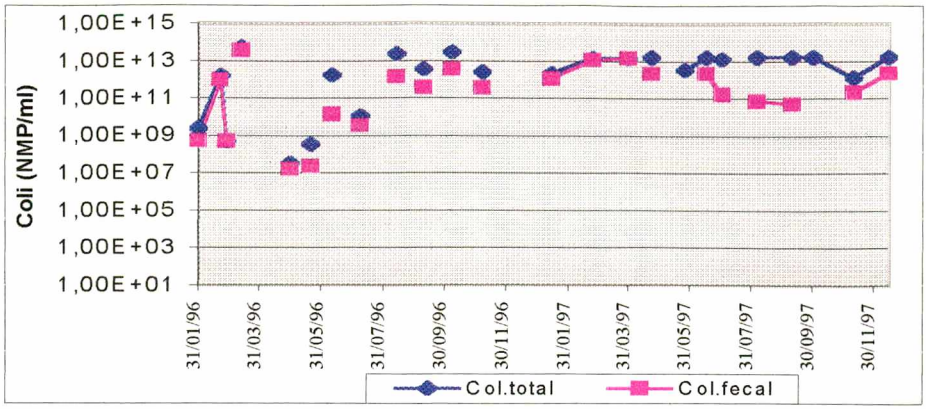


FIGURA 39- Variação dos coliformes totais e fecais no esgoto bruto-Potecas

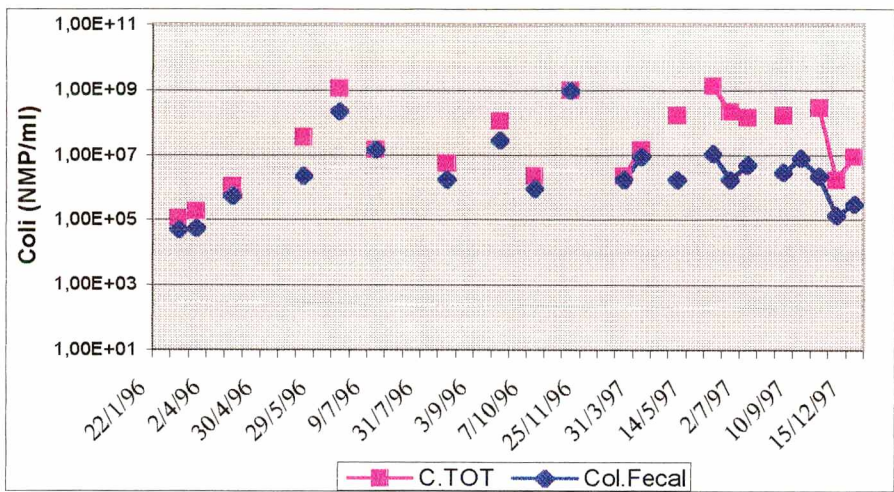


FIGURA 40- Variação dos coliformes totais e fecais na lagoa anaeróbia- Potecas

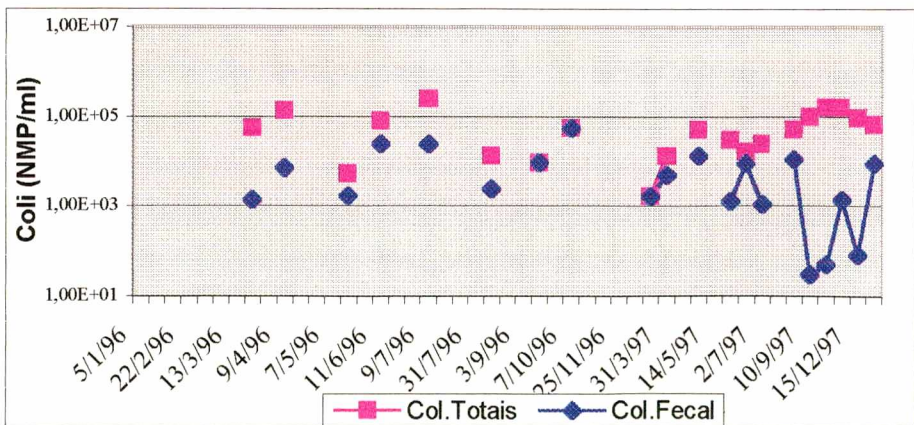


FIGURA 41- Variação dos coliformes totais e fecais na lagoa facultativa 1-Potecas

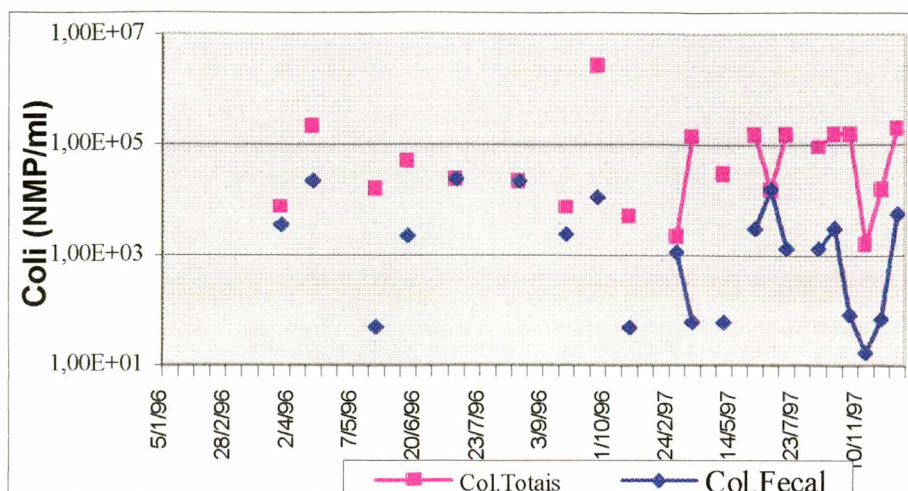


FIGURA 42- Variação dos coliformes totais e fecais na lagoa facultativa 2 –Potecas

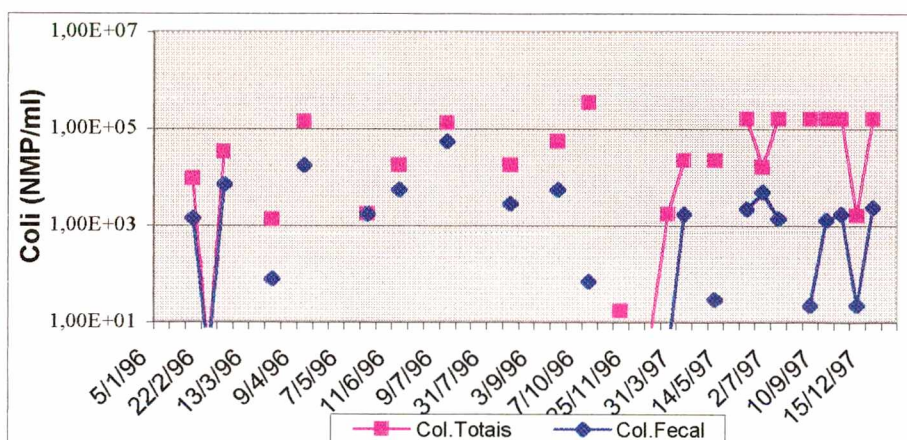


FIGURA 43- Variação dos coliformes totais e fecais na lagoa facultativa 3 –Potecas

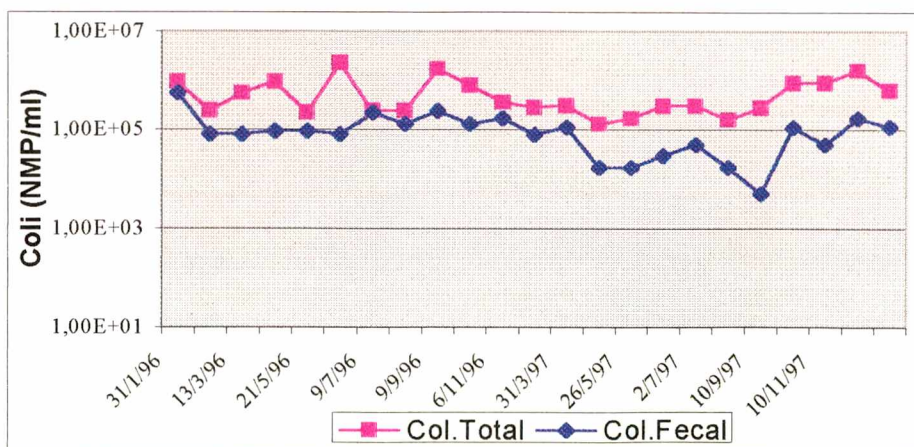


FIGURA 44- Variação dos coliformes totais e fecais no Rio Forquilha

Atendimento a Legislação Ambiental

A tabela 28 apresenta um estudo relativo ao atendimento do sistema de Potecas aos padrões de emissão de efluentes e de classe do corpo receptor, obedecendo-se ao DECRETO 14.250 de 05/06/81 que regulamenta dispositivos da LEI ESTADUAL (Santa Catarina) nº 5.793 de 15/10/80 (que dispõe sobre a proteção e melhoria da qualidade ambiental) e à Resolução CONAMA nº 20 de 18/06/86, que estabelece o padrão de lançamento de efluentes nos corpos de água e a classificação das águas no Território Nacional.

De acordo com a legislação, os efluentes líquidos, além de obedecerem os padrões de lançamento, não deverão conferir ao corpo receptor características em desacordo com os critérios e padrões de qualidade de água, adequados aos diversos usos benéficos previstos para o corpo de água. Resguardados os padrões de qualidade do corpo receptor, demonstrado por estudo de impacto ambiental, o órgão ambiental competente poderá autorizar lançamento acima dos limites de emissão estabelecidos, fixando o tipo de tratamento e as condições para esse lançamento. A fim de assegurar os padrões de qualidade previstos para o corpo de água, todas as avaliações deverão ser feitas para as condições mais desfavoráveis. No caso de lançamento em cursos de água, os cálculos de diluição deverão ser feitos para o caso de vazão máxima dos efluentes e vazão mínima dos cursos de água.

Tabela 28 - Dados do Sistema Potecas e Legislação Ambiental.

Parâmetros	Efluente do Sistema		LEGISLAÇÃO		Rio Forquilha	
	Dados Compilados	Dados Dentro dos Padrões	Padrões de Emissão	Rios de Classe 2	Dados Compilados	Dados Dentro dos Padrões
Temperatura	46	46	<40°C	—	—	—
pH	46	38	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	22	22
Cloretos	—	—	—	250 mg/l	20	19
DBO	40	40	60 mg/l ou redução de 80%	Até 5 ml	17	15
OD	—	—	—	Não inferior a 5,0 mg/l	17	17
S.D.T.	—	—	—	500 mg/l	22	22
S.S.T.	—	—	Até 1,0ml/l			
Coli Totais	—	—		(NMP até 5.000/100 ml)*	22	13
Coli Fecais	—	—		(NMP até 1.000/100 ml)**	22	13

OBS.: *, ** - Não deverá ser excedido um limite de 1.000 coli fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês, no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coli fecais, o índice limite será de até 5.000 coli totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês.

A tabela 28 relaciona apenas os parâmetros monitorados rotineiramente pela CASAN, onde se pode verificar que o sistema de Potecas atende os padrões de emissão referentes à temperatura e DBO, na totalidade dos casos e o padrão de pH em 81,61% dos casos, sendo que nos casos em que não atendeu o pH ficou no máximo 10% acima do limite superior (9,00).

Já com relação ao padrão de qualidade do corpo receptor, Rio Forquilha (classe 2), pode-se observar que o valor de pH, OD e sólidos dissolvidos totais são atendidos em 100% dos casos, enquanto cloretos atende em 95% dos dados monitorados (apenas uma medida foi superior ao limite) e DBO atende em 88,2% dos dados compilados.

Porém os parâmetros de coliformes totais e fecais atendem em 59,09% dos dados estudados, ressaltando-se que não foram obedecidas as condições de amostragem prevista na legislação (pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês). As datas da coleta das amostras estão apresentadas na tabela 29, na qual se pode observar que os valores de coliformes totais e coliformes fecais no ponto de coleta no curso d'água são superiores aos valores de lançamento do sistema em 100% dos casos, o que significa que o mesmo já chega a este ponto com concentrações bacterianas superiores as de lançamento.

Tabela 29 – Coliformes totais e fecais no efluente da ETE e no Corpo Receptor

Data	Coliformes totais (NMP mg/l)		Coliformes Fecais (NMP mg/l)	
	Rio Forquilha	Efluente da ETE	Rio Forquilha	Efluente da ETE
31/01/96	$9,20 \times 10^5$	$9,20 \times 10^3$	$5,40 \times 10^5$	$1,40 \times 10^3$
22/02/96	$2,40 \times 10^5$	2,00	$7,90 \times 10^4$	2,00
13/03/96	$5,40 \times 10^5$	—	$7,90 \times 10^4$	—
30/04/96	$9,20 \times 10^5$	—	$9,20 \times 10^4$	—
21/05/96	$2,20 \times 10^5$	$1,70 \times 10^3$	$9,20 \times 10^4$	$1,70 \times 10^3$
11/06/96	$2,20 \times 10^5$	$1,70 \times 10^4$	$7,90 \times 10^4$	$5,40 \times 10^3$
09/07/96	$2,40 \times 10^5$	$1,30 \times 10^5$	$2,20 \times 10^5$	$5,40 \times 10^4$
20/08/96	$2,40 \times 10^5$	—	$1,30 \times 10^5$	—
09/09/96	$1,70 \times 10^6$	$5,40 \times 10^4$	$2,40 \times 10^5$	$5,40 \times 10^3$
07/10/96	$7,90 \times 10^5$	$3,50 \times 10^5$	$1,30 \times 10^5$	$7,00 \times 10^1$
06/11/96	$3,50 \times 10^5$	$1,70 \times 10^1$	$1,70 \times 10^5$	2,00
24/02/97	$2,80 \times 10^5$	$1,70 \times 10^3$	$7,90 \times 10^4$	2,00
31/03/97	$3,00 \times 10^5$	$2,20 \times 10^4$	$1,10 \times 10^5$	$1,70 \times 10^3$
23/04/97	$1,30 \times 10^5$	$2,20 \times 10^4$	$1,70 \times 10^4$	30,00
26/05/97	$1,70 \times 10^5$	$1,60 \times 10^5$	$1,70 \times 10^4$	$2,20 \times 10^3$
16/06/97	$3,00 \times 10^5$	$1,60 \times 10^4$	$3,00 \times 10^4$	$5,00 \times 10^3$
02/07/97	$3,00 \times 10^5$	$1,60 \times 10^5$	$5,00 \times 10^4$	$1,40 \times 10^3$
06/08/97	$1,60 \times 10^5$	$1,60 \times 10^5$	$1,70 \times 10^4$	$2,30 \times 10^1$
10/09/97	$2,80 \times 10^5$	$1,60 \times 10^5$	$5,00 \times 10^3$	$1,30 \times 10^3$
01/10/97	$9,00 \times 10^5$	$1,60 \times 10^5$	$1,10 \times 10^5$	$1,70 \times 10^3$
10/11/97	$9,00 \times 10^5$	$1,60 \times 10^3$	$5,00 \times 10^4$	$2,30 \times 10^1$
15/12/97	$1,60 \times 10^6$	$1,60 \times 10^5$	$1,70 \times 10^5$	$2,40 \times 10^3$

OBS.: Os dados relativos ao Rio Forquilha são os do ponto de coleta, ou seja, após a mistura do mesmo com o efluente da ETE.

6.2.6- LEVANTAMENTO DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS DO COMPLEXO DE LAGOAS DE POTECAS APONTADOS PELO SETOR DE OPERAÇÕES DA CASAN

De acordo com o engenheiro Jair Sartorato, chefe da DIOES- Divisão de Operação de Esgotos Sanitários da Regional de Florianópolis da CASAN, os principais problemas operacionais da ETE- Potecas são os seguintes:

- Liberação de odores ofensivos, em alguns dias de operação;
- Mosquitos, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro;
- Baixa carga na lagoa anaeróbia;
- Falta de flexibilidade operacional do sistema projetado e executado.

Para tentar solucionar estes problemas a CASAN já tomou algumas providências e no momento tem contrato com uma empresa consultora, que deverá apontar as falhas do sistema e as medidas a serem tomadas para a sua correção.

Dentre as medidas já adotadas pela CASAN, o engenheiro cita as seguintes:

- Cobertura do canal de distribuição do esgoto bruto e submersão das entradas do mesmo na lagoa anaeróbia, para reduzir os odores gerados;
- Correção do pH do esgoto bruto na elevatória final, com aplicação de cal, sempre que o mesmo atinge valores críticos, também para redução dos maus odores;
- Recirculação do efluente da lagoa de maturação (F₃) para o início da lagoa anaeróbia, com aproximadamente 50% da vazão de entrada do esgoto bruto, com a finalidade de melhorar o desempenho da lagoa, reduzindo a produção dos odores.

Segundo a avaliação do engenheiro Jair, os problemas de liberação de odores da lagoa anaeróbia ocorrem porque durante o ano ela trabalha algumas épocas como facultativa e outras como anaeróbia, ou seja, o processo nesta lagoa não está bem definido. Durante o ano a lagoa anaeróbia passa por 4 fases: atuando como anaeróbia, mudança de anaeróbia para facultativa, facultativa e na transformação de facultativa para anaeróbia. A mudança de anaeróbia para facultativa acontece no final da primavera, e ela trabalha durante o verão como facultativa, nestas fases normalmente não ocorre o problema de liberação de maus odores. No outono o processo na lagoa começa a se transformar de facultativo para anaeróbio; no inverno a lagoa atua como anaeróbia. É na fase de transformação de facultativa para anaeróbia, que geralmente ocorrem os maiores problemas de liberação de maus odores, sendo constante a reclamação da comunidade. Estas alterações, de acordo com o engenheiro, acontecem principalmente devido a baixa carga e as condições ambientais (mudança na insolação e temperatura, entre outras).

Para resolver este problema de maus odores, o engenheiro está pesquisando outras alternativas além da recirculação. Entretanto a falta de flexibilidade operacional do sistema (altura mínima e máxima dos vertedores, altura das chicanas, etc.) podem vir a constituir um obstáculo a novas medidas.

Com relação aos mosquitos, a CASAN ainda não conseguiu fazer a identificação dos mesmos, apesar de ter solicitado a colaboração do Departamento de Biologia da UFSC.

Para tentar solucionar o problema dos mosquitos estão sendo criados peixes nas duas últimas lagoas (para que se alimentem das larvas dos mosquitos) e nos limites dos terrenos do complexo das lagoas foram plantados arbustos e árvores (na tentativa de que os mosquitos não busquem as residências próximas, atraídos pela luz).

Quanto ao problema da baixa carga, talvez o incremento de vazão após o início de funcionamento das redes coletoras que estão sendo construídas e o próprio aumento da população em etapas futuras, venham a contribuir para solucionar o problema.

6.2.7- LEVANTAMENTO DOS PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS APONTADOS PELA COMUNIDADE CIRCUNVIZINHA AO COMPLEXO DE LAGOAS.

A seguir apresentamos os resultados dos questionários aplicados a comunidade circunvizinha às lagoas de estabilização.

a) Quando começou a morar no local?

A Figura 45 apresenta o percentual de entrevistados por tempo de residência no local.

Do total de entrevistados 75% já moravam no local antes do início de operação da ETE, e 25% vieram residir na região após a estação já estar operando.

Isto caracteriza que a região está tendo um crescimento populacional relativamente grande, com o surgimento de diversos novos loteamentos, dos quais alguns dentro das faixas de até 200m e de 200 à 500 m do perímetro das lagoas, onde não seria aconselhável o parcelamento do solo para fins residenciais. Segundo JORDÃO & PESSÔA (1995) e MENDONÇA,S.R. (1990), por medida de precaução as lagoas devem ser construídas a no mínimo 500- 1000 metros das habitações.

Dentro da faixa de até 200 m de distância das lagoas, dois dos seis entrevistados vieram residir no local após o início de funcionamento da ETE, ou seja 33,33% dos entrevistados desta faixa, vieram residir no local após o funcionamento das lagoas.

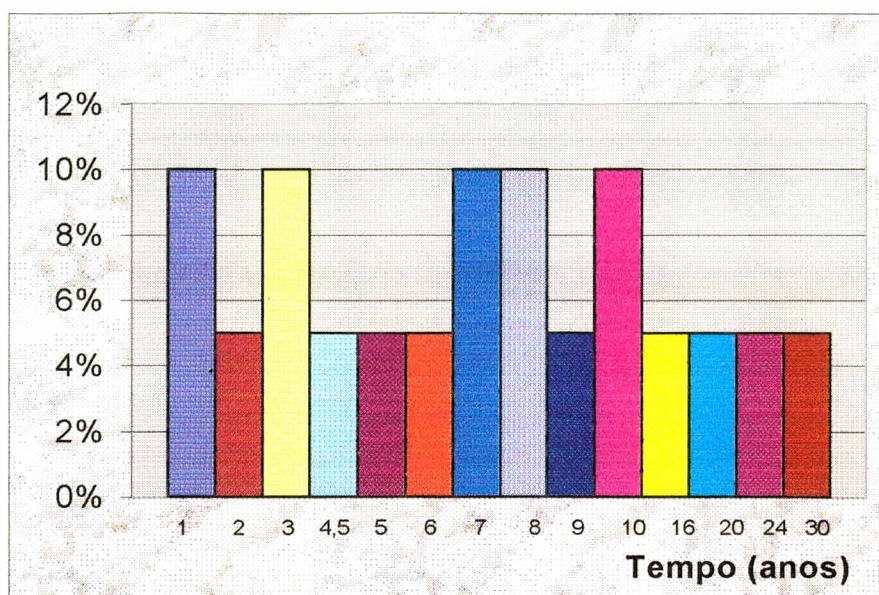


Figura 45 - Percentual de entrevistados e tempo de residência no local

b) Maiores incômodos ambientais do local?

As pessoas entrevistadas citaram os seguintes incômodos ambientais do local onde residem: mau cheiro (da lagoa e de outras fontes), poeira (devido à falta de pavimentação das ruas), lixo (áreas usadas como depósito de lixo e falta de coleta regular), insetos, falta de coleta de esgoto (à céu aberto), falta de água (algumas vezes só tem água à noite), barulho (não devido as lagoas), pobreza, animais soltos, degradação da paisagem (não por causa da lagoa, e sim devido a depósitos de lixo e sujeira em geral), doenças e presença de maus elementos (maconheiros, arruaceiros, ladrões). Algumas pessoas só citaram um incômodo e outras citaram vários. Das respostas dadas pode-se deduzir que a qualidade de vida no local deixa muito a desejar.

c) Quantificar os dois principais incômodos ambientais e sua intensidade.

Nesta pergunta as pessoas deviam apontar os dois incômodos ambientais mais importantes, sua frequência (sempre, de vez em quando, ou raro) e sua intensidade (forte, médio ou fraco).

Os dois principais incômodos ambientais citados pelos entrevistados estão representados na Figura 46.

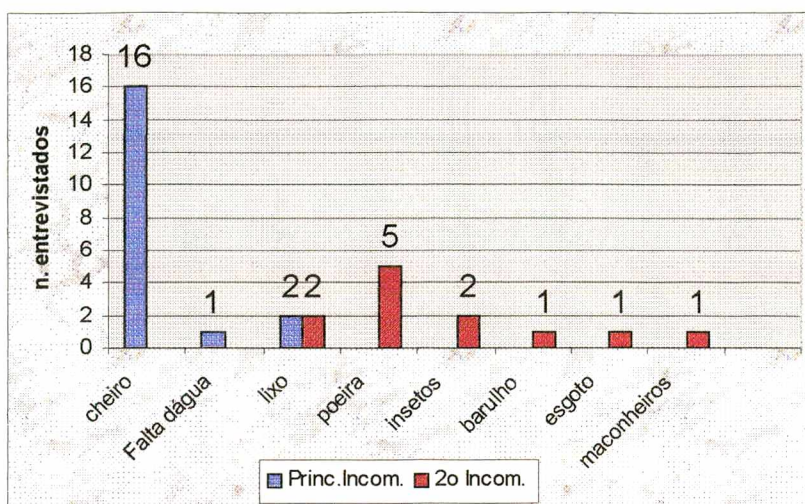


Figura 46 - Principais incômodos ambientais do local

O principal incômodo ambiental apontado foi o mau cheiro (84,21% dos entrevistados, descontando um que não quis se manifestar), sendo que na faixa de até 200 m. do perímetro das lagoas 100% dos entrevistados consideram o mau cheiro proveniente das lagoas como o principal incômodo ambiental do local. Na faixa dos 200 aos 500 m. de distância das lagoas, o mau cheiro foi citado por 80% dos entrevistados e a falta de água por 20% dos entrevistados, como o principal incômodo da localidade. Na faixa de 500 à 1000 m. de distância das lagoas o lixo foi apontado por 33,33% dos entrevistados como o principal incômodo, sendo o mau cheiro apontado pelos demais. Já na faixa com distância superior à 1000 m. o mau cheiro também foi considerado o principal incômodo por dois dos três entrevistados, sendo que um não se manifestou, porém deve-se destacar que o mau cheiro no caso não se deve as lagoas e sim a outras causas.

Deve-se aqui ressaltar que a direção predominante dos ventos na região de acordo com a Tabela 18, é a *norte* durante todos os meses do ano, exceto o mês de março em que predomina a direção *sudeste*. A 2ª direção predominante é a *sul* (em 8 meses do ano). Na aplicação do questionário procurou-se escolher residências localizadas nas direções de predominância dos ventos, o que nem sempre foi possível, visto que a grande concentração de residências nas proximidades das lagoas estão na direção *leste*, conforme se pode observar nas Figura 3 e 10. Nas direções *norte* e *sul* existem poucas residências próximas as lagoas, e na direção *oeste*, entre as lagoas e as primeiras residências observa-se uma grande faixa coberta por vegetação, sendo a maior parte desta área de propriedade da CASAN.

Embora a maior parte das residências estejam localizadas na direção *leste*, o mau odor é percebido à uma distância razoável, em razão da grande variação no sentido do vento, apontada por vários dos entrevistados.

Dentre os incômodos ambientais apontados como em segundo lugar estão: poeira, lixo, insetos, barulho, esgoto e maconheiros; sendo que destes só é importante para o presente trabalho os insetos, por terem relação com as lagoas. Os insetos foram

apontados por 2 dos entrevistados na faixa de até 200 m. de distância das lagoas, os quais disseram que os mesmos são freqüentes e em grande quantidade no verão.

A intensidade do mau cheiro é variável de acordo com alguns dos entrevistados que apontaram o mau cheiro como o principal incômodo, porém como não havia esta opção na resposta a maioria marcou a opção “forte” sendo que destes 3 (21,43%) disseram que o mau cheiro é muito freqüente (sempre), 10 (71,43%) disseram que o mau cheiro aparece de vez em quando e 1 (7,14%) disse que é raro, sendo que este mora na faixa superior à 1000 m. das lagoas. Na faixa até 200 m. das lagoas apenas 1 (16,66%) dos 6 entrevistados disse que o mau cheiro é muito freqüente (sempre), 4 (66,66%) disseram que ele aparece “de vez em quando” e 1 (16,66%) disse que tem épocas que é freqüente, outras raro, e por isto não opinou sobre sua freqüência e a intensidade.

Na Figura 47 estão representados os percentuais deste incômodo de acordo com as freqüências apontadas, considerando-se apenas os entrevistados que consideraram o mau cheiro como o principal incômodo e o caracterizaram.

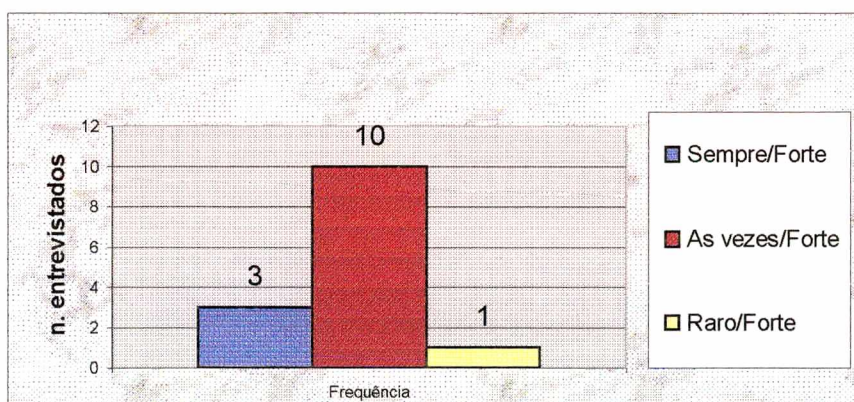


Figura 47– Intensidade e Freqüência do principal incômodo: mau cheiro

d) Seu esgoto é tratado?

Dentre os entrevistados 55% não possui nenhum tipo de tratamento para os esgotos residenciais, 25% utiliza sistemas individuais (fossa, filtro e/ou sumidouro) e 20% são servidos por redes coletoras da CASAN, conforme pode ser observado na Figura 48.

Dentre os que são servidos por rede coletora da CASAN, 4 dos entrevistados no total, 1 reside na faixa até 200 m. de distância das lagoas, outro na faixa de 200 à 500 m. e 2 se localizam na faixa de distância superior à 1000m. das lagoas.

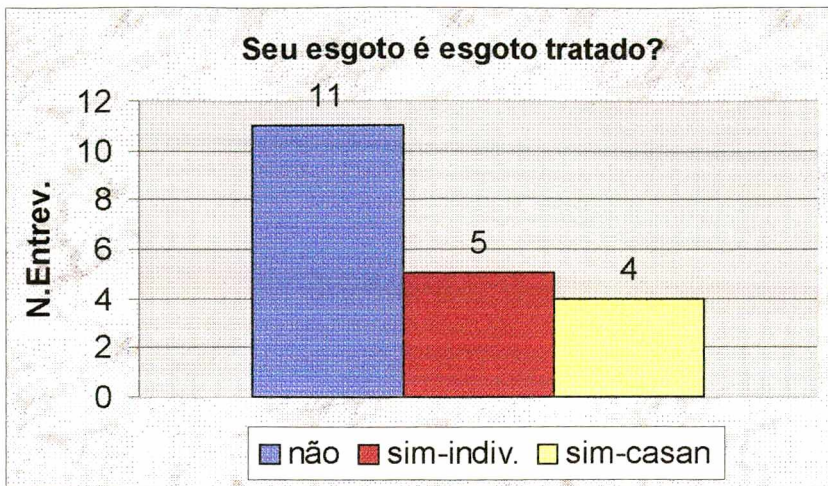


Figura 48 - N° de Entrevistados e Tratamento de esgotos.

e) Você acha necessário tratar o esgoto? Por quê ?

Do total de entrevistados 75% acham que é necessário tratar os esgotos, para evitar doenças (25%), ou para evitar degradação ambiental (5%), ou para ambos (45%); 10% dos entrevistados acham que não é necessário tratar os esgotos e 15% responderam que não sabem se é ou não necessário tratá-los. Estes resultados estão representados no gráfico da Figura 49.

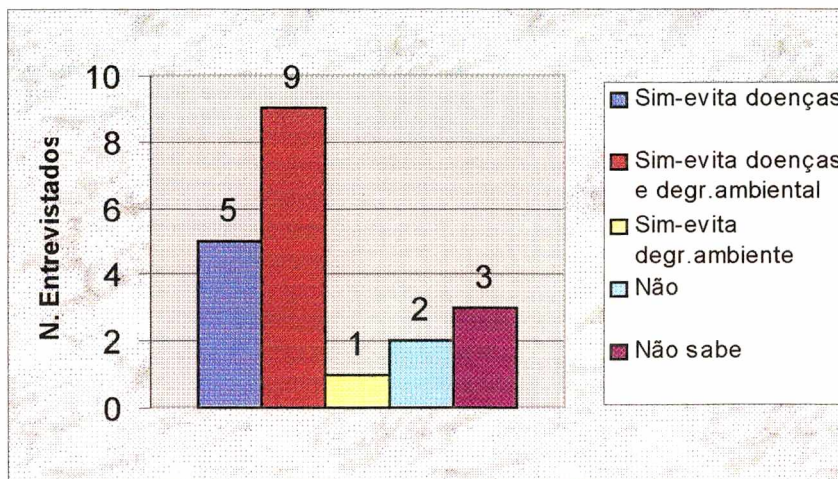


Figura 49 - Necessidade de Tratar os esgotos e o por quê.

6.2.8- AVALIAÇÃO PRELIMINAR DOS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELO FUNCIONAMENTO DA ETE.

Na tentativa de avaliar os impactos causados pelo funcionamento do Sistema de Lagoas de Estabilização de Potecas, foi elaborada a matriz apresentada na tabela 30. É preciso lembrar que o conceito de impacto ambiental envolve um julgamento, tendo portanto, um certo grau de relatividade, uma vez que todo julgamento tem um caráter intrínseco que varia no espaço, tempo, intra e intersocialmente. Certamente que o fato dessa matriz preliminar dos impactos ter sido elaborada com a visão de uma única pessoa, quando deveria ter sido resultado de um trabalho multidisciplinar, além da inexistência de dados sobre diversos aspectos que deveriam ser estudados, se reflete na qualidade e superficialidade da matriz. Apesar disso essa avaliação preliminar pode servir de base ao menos para a identificação dos principais impactos, para que seja feita a programação do monitoramento dos mesmos sobre o ambiente e para que sejam definidas as medidas mitigadoras dos impactos levantados.

Medidas minimizadoras podem ser definidas como medidas para suprimir, reduzir e compensar as conseqüências prejudiciais de um projeto ou empreendimento, e constam de dispositivos para atenuar ou eliminar os impactos por ele causados.

Na matriz foram apontados os impactos ambientais nocivos sobre o ambiente, porém há que se ressaltar os grandes impactos positivos causados pelo funcionamento da ETE, ou seja, a despoluição dos diversos locais (solo e recursos hídricos) onde o esgoto das áreas atendidas era anteriormente lançado, bem como a melhoria da qualidade ambiental nestas áreas devido ao seu saneamento. Estes aspectos devem ser considerados na avaliação da magnitude do impacto sobre os recursos hídricos e aspectos sócio-econômicos.

Tabela 30 – Matriz Simplificada para Avaliação Preliminar dos Impactos causados pelo Funcionamento da ETE - Potecas

Aspectos	Previsão da magnitude do Impacto			Previsão da duração			Interpretação
	Pequeno	Médio	Grande	Curto prazo	Médio prazo	Longo prazo	
Recursos Hídricos		X				X	A influência do lançamento do efluente tratado no corpo receptor será constante durante o func. da ETE, porém o mesmo atende padrões de lançamento.
Solo	X			—	—	—	Não foram observ. erosões causadas pela ETE ou depósitos irregulares de sólidos no solo
Ar			X			X	Não atendimento ao artigo 31 do Decr. 14.250/81-S.C.
Vegetação (Flora)	X			—	—	—	A ETE não compromete a flora local, porém removeu na época da implantação.
Fauna		X		X			Problema dos mosquitos, durante os meses de verão.
Socio-econômico		X				X	Maus odores tem efeito adverso na saúde e bem-estar dos vizinhos/ desvalor. dos imóveis/ Segurança boa.
Paisagem (estética)	X					X	Visual atual é bonito, porém modificaram o meio natural.
Consumo de energia	X			—	—	—	Menor consumo entre os diversos S.E.S.
Clima	—	—	—	—	—	—	Qualquer influência das lagoas sobre o clima é localizado.
Sons e ruídos	—	—	—	—	—	—	A ETE não produz ruídos.
Áreas de Proteção especial	—	—	—	—	—	—	Não existem áreas de prot. Especial ou zonas de reserva ambiental próximas.

Obs.: Art. 31- “É proibida a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora.

6.2.9- PREVISÃO DO DESEMPENHO DA ETE COM O INCREMENTO DAS VAZÕES DOS BAIRROS CAMPINAS E KOBRA SOL (EM 2002)

Utilizando os dados da tabela 15 (dimensões das lagoas), da tabela 21 (população atendida no ano de 2002) e o valor médio da DBO do esgoto bruto afluente ao sistema Potecas, pode-se fazer uma previsão do desempenho futuro da ETE.

Para o cálculo da eficiência das lagoas, em termos de remoção de DBO, pode-se utilizar as equações 4.9 (reator de mistura completa) e/ou 4.10 (fluxo pistão), conforme item 4.1.3 do capítulo 4 da Revisão Bibliográfica.

Como a temperatura mínima média da região é de 18°C (tabela 17), teremos k_1 igual a 0,30 (valor adotado no projeto da OESA). A DBO média afluente ao sistema (C_i) é igual a 174 mg/l, conforme determinado através do tratamento estatístico do esgoto bruto. Aplicando esses valores e a vazão prevista para o sistema em 2.002 (421,00 l/s), já incluindo os bairros de Campinas e Kobrasol, nas fórmulas citadas podemos calcular a DBO que sai (efluente) de cada uma das lagoas.

A tabela 31 apresenta os resultados da DBO efluente de cada unidade, considerando na 5ª coluna todos os reatores como sendo de mistura completa, e na 8ª coluna, mantendo-se a lagoa anaeróbia como sendo um reator de mistura completa e as demais, as lagoas facultativas, como sendo reatores de fluxo pistão, em razão das chicanas existentes. Nas colunas 7 e 10 são calculadas as eficiências de cada unidade em relação a imediatamente anterior, e no *total* a eficiência do sistema como um todo.

Tabela 31- Previsão de desempenho das lagoas em 2.002

Lagoa	Volume (m ³)	Áreas (há)	T _a (dia)	C. M.Comp. (mg/l)	Tx. de Aplic. (DBO)	Efic. (%)	C. (Fl.Pistao) (mg/l)	Tx. Aplic. (DBO)	Efic. (%)
Anacr	205.338	7,30	5,64	65	30,82 g/m ³ .d	63	M.C.	30,82 g/m ³ .d	63
Fac.1	176.671	10,48	4,86	26	225,60 kg/ha.d	60	15	225,60 kg/ha.d	77
Fac.2	114.247	6,72	3,14	13	140,73 kg/ha.d	50	6	81,19 kg/ha.d	61
Fac.3	55.031	3,24	1,51	9	145,95 kg/ha.d	31	4	67,36 kg/ha.d	36
Total	551.287	27,74	15,15			95			98

Portanto a eficiência do sistema na remoção da DBO em 2.002, nas condições previstas será superior à 90%. Entretanto mesmo que a vazão prevista seja realmente atingida, o que até o momento não tem ocorrido, a taxa de aplicação volumétrica da lagoa anaeróbia, para a DBO de 174 mg/l, será de apenas 30,82 g/m³.d, valor ainda muito inferior a taxa mínima recomendada de 100 g DBO/m³.d (conforme Revisão Bibliográfica), o que não resolveria os problemas de oscilação do comportamento do reator entre anaeróbio e facultativo.

6.2.10- SUGESTÃO DE MEDIDAS POSSÍVEIS DE SEREM TOMADAS VISANDO A MELHORIA DO DESEMPENHO DO SISTEMA E/OU REDUÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS LEVANTADOS

Dos resultados dos trabalhos executados até esta fase e a partir das observações no local, chega-se a conclusão que os principais problemas relacionados ao funcionamento das lagoas de Potecas, podem ser resumidos nos seguintes:

- Funcionamento inadequado da lagoa anaeróbia;
- Geração de maus odores, que se constitui também no principal impacto negativo diagnosticado;
- Lançamento de coliformes totais e fecais em níveis que podem comprometer ainda mais o corpo receptor já contaminado;
- Falta de flexibilidade operacional das lagoas.

A geração de maus odores, de acordo com o diagnóstico feito deve-se principalmente aos problemas de funcionamento da lagoa anaeróbia, sendo bem menos freqüentes maus odores exalados de alguma das lagoas facultativas.

Provavelmente o problema da geração de maus odores na lagoa anaeróbia deve-se a baixa taxa de aplicação volumétrica e aos elevados tempos de detenção calculados, o que faz com que o seu comportamento oscile do de um reator anaeróbio para o de um facultativo. É justamente nessas mudanças de comportamento que ocorrem os maiores problemas de emissão de maus odores, conforme levantado.

A grande distância da rede coletora até o sistema de tratamento também contribui para a redução da carga orgânica e para a geração de maus odores, pois o processo de digestão do esgoto tem início durante seu percurso até a ETE e grande parte do esgoto já chega às lagoas em estado séptico.

No caso das canalizações por recalque forma-se gás sulfídrico na película mucilaginosa que cobre internamente os tubos. Além disso contribuem para a septicidade os depósitos de lodo em decomposição que se encontram nas canalizações, em desacordo com as boas normas técnicas. Este inconveniente vê-se agravado por temperaturas elevadas, pelo teor de enxofre no efluente e por tempos de escoamento muito longos. A existência de um amplo espaço para aeração nas tubulações tem efeito favorável; no mesmo sentido age uma boa ventilação das canalizações. Os condutos de recalque sem ventilação são particularmente prejudicados, especialmente quando a vazão é intermitente, como no sistema de Potecas, caso em que pode haver a deposição de lodo. Alguns materiais, como o concreto e os metais podem sofrer corrosão acima do nível de água pelo gás sulfídrico. Para evitar este ataque aconselha-se que as paredes acima do nível de água sejam molhadas por meio de resamento periódico do líquido (IMHOFF, 1985).

Um remédio eficaz contra a ação do gás sulfídrico é a injeção de ar comprimido em condutos forçados e a aplicação de cloro em condutos livres. Também se emprega oxigênio em estado gasoso. (HYDROGEN SULPHIDE CONTROL MANUAL, 1989).

Como na ETE de Potecas o canal de chegada do esgoto bruto já foi fechado e instaladas as chaminés com leitos de limalha de ferro, pode-se também tentar eliminar a formação de uma quantidade maior de gás sulfídrico no canal reduzindo-se o número de

saídas para a lagoa anaeróbia, o que aumentaria a velocidade do fluxo prevenindo o acúmulo de lodo em decomposição no mesmo. Outra possibilidade seria a instalação de algum tipo de dispositivo de ventilação no canal para promover uma aeração do esgoto bruto afluente.

Outra medida possível é a eliminação do gás sulfídrico por pré-aeração ou pré-cloração, ou a correção do pH numa câmara de chegada à ser construída antes da entrada do esgoto na galeria de distribuição. Isto também pode ser feito na elevatória final e em algumas intermediárias, devendo-se fazer um monitoramento das mesmas para selecionar aquelas nas quais seria aconselhável este procedimento. Na última elevatória (GB) a CASAN já vem fazendo a correção do pH, com adição de cal, sempre que se constata a necessidade, através do controle do pH do esgoto afluente ao canal de chegada (ver figura 2).

O problema das oscilações de comportamento da lagoa anaeróbia tem várias soluções possíveis: pode-se elevar a carga aplicada, ou reduzir o volume da lagoa, ou mudar o tipo de processo no reator em questão, ou captar e tratar os gases gerados, entre outras. Porém todas as soluções exigem tempo e investimentos, maiores ou menores.

Para aumentar a taxa aplicada seria necessário aumentar a vazão dos esgotos brutos afluentes à ETE e se possível sua carga orgânica, em termos de DBO. O aumento da vazão depende da ampliação da rede coletora do sistema, o que já vem sendo feito.

Uma medida que não reduziria o mau odor gerado, mas que poderia impedir que um número maior de pessoas fossem afetadas no futuro por esse problema, seria uma ação conjunta da CASAN com os órgãos da administração municipal de São José, visando uma modificação do zoneamento das áreas próximas à ETE, de modo a diminuir a taxa de ocupação no local, em especial impedindo a edificação de unidades residenciais multifamiliares nas áreas mais próximas do perímetro das lagoas.

A CASAN deveria, em respeito ao citado artigo 31 do DECRETO 14.250/81, ter adquirido uma área maior e implantado o sistema de tratamento deixando uma distância de no mínimo 1 km de possíveis residências (MENDONÇA, S.R., 1990; JORDÃO & PESSÔA, 1995). No próprio terreno onde está implantada a ETE, sua locação poderia ter sido mais distante das residências.

A lagoa anaeróbia foi construída para a vazão final de plano, e como a vazão atual é pequena e intermitente, nas visitas ao local não se observa o fluxo do líquido e pode-se observar, em áreas estagnadas da lagoa, camadas de sólidos flutuantes, muitas vezes formados por algas. Assim uma outra possibilidade de melhorar o desempenho da lagoa anaeróbia seria reduzindo o seu volume, o que diminuiria os tempos de detenção e aumentaria a taxa de aplicação volumétrica.

Conforme já visto na revisão bibliográfica, o tempo de detenção em lagoas anaeróbias de esgotos domésticos recomendado seria entre 2 e 6 dias, e o tempo de detenção médio do período de estudo das lagoas de Potecas foi de 32,55 dias. Com tempos de detenção superiores a 6 dias a lagoa anaeróbia tende a se comportar como facultativa, o que foi comprovado pelos valores de OD medidos.

A forma de redução do volume da lagoa anaeróbia teria que ser devidamente estudada, para se determinar a melhor maneira, ou seja, a que leve a menores investimentos, menores prejuízos e maiores benefícios, sem esquecer que o sistema teria que continuar funcionando no período em que se estivesse fazendo as modificações necessárias. Talvez a utilização de cortinas plásticas dividindo a lagoa em no mínimo duas seções pudesse ser uma solução, de maneira que se criassem duas lagoas anaeróbias que poderiam ser usadas alternadamente, ou uma delas seria usada somente em caso de necessidade de desativação da outra, ou quando o aumento da vazão a tornasse necessária. Preferivelmente, a lagoa deveria ser dividida em três seções, com a entrada do esgoto sendo feita no centro da atual lagoa, para melhor distribuição do fluxo, o que requereria maiores modificações nos dispositivos de entrada e saída do esgoto nessa unidade.

Uma outra possibilidade aventada seria a transformação da lagoa anaeróbia em um reator anaeróbio de fluxo ascendente incorporado à uma lagoa facultativa, conforme descrito nos trabalhos de TEIXEIRA PINTO, M. et al (1997/98), relativos à concepção e resultados obtidos na estação de tratamento de esgotos de Samambaia, em Brasília. A lagoa anaeróbia seria transformada em um reator anaeróbio, colocado na parte inicial da lagoa e projetado nos moldes de um reator anaeróbio de fluxo ascendente, com separador de fase e coleta dos gases produzidos. Os esgotos seriam alimentados pelo fundo do reator, com baixa velocidade ascensional. Os gases produzidos são captados através de campânulas, que tem a função também de impedir a saída dos sólidos remobilizados pela produção de gás. Os esgotos após passar por este reator, encontrariam rapidamente uma camada oxidante, que cobre a parte superior da campânula, que é a própria lagoa facultativa. Os sólidos que eventualmente viessem a passar pelo reator seriam decantados na parte seguinte da lagoa facultativa, uma vez que perdem rapidamente a sustentação pela redução da velocidade de ascensão e liberação dos gases. A remoção de lodos é prevista para em torno de 10 anos. Esta proposta poderia ser melhor estudada, para que se tentasse aproveitar a parte existente mais profunda da lagoa, instalando-se sobre ela a campânula e fazendo com que os esgotos afluentes sejam canalizado até sua parte central inferior.

Uma outra alternativa possível seria transformar a lagoa anaeróbia em uma lagoa facultativa, ou em lagoa aerada, ou ainda, conforme proposição do Professor Dr. Ricardo Franci Gonçalves, membro da banca julgadora, fazer um by-pass, isolando a lagoa anaeróbia, e utilizando-se apenas as lagoas facultativas, passando a lagoa facultativa 1 a atuar como facultativa primária, até que se atinja a taxa de aplicação volumétrica necessária para a operação da lagoa anaeróbia.

Com relação a necessidade de reduzir ainda mais os valores atuais de lançamento de coliformes totais e fecais por causa do corpo receptor já comprometido, fica claro que são necessárias modificações operacionais no sistema, de preferência de baixo custo, que melhorem as características microbiológicas do efluente final, ou então que se mude o corpo receptor para um que tenha melhores condições de diluição. Como não existe nas proximidades outro corpo receptor com estas características (o mais próximo é o rio Maruim, que talvez seja uma alternativa no futuro, caso as vazões afluentes à ETE aumentem muito), deve-se pensar na desinfecção do efluente. Existem muitas formas de desinfecção do efluente final de um sistema de esgotos sanitários, porém quando se pensa em uma opção mais econômica e com menor complexidade na operação e manutenção, lembra-se logo das lagoas de maturação ou polimento. A lagoa facultativa 3 foi dimensionada para atuar como facultativa e seu comportamento é de um reator facultativo,

porém poderia ser transformada numa lagoa de maturação. De acordo com GLOYNA, E. F.(1971), o tempo de retenção recomendado para lagoas de polimento está na faixa de 7 a 10 dias e a profundidade em torno de 1,00 m. Já o PROJETO DE NORMA BRASILEIRA (1991) recomenda um tempo de retenção mínimo de 2 dias em cada lagoa, e preferivelmente que o volume necessário seja dividido em lagoas múltiplas dispostas em série, com profundidades entre 0,60 e 1,50 m. Com base nesses critérios e na literatura pesquisada, a lagoa facultativa 3 poderia ser transformada numa lagoa de polimento reduzindo-se sua profundidade de 1,70 m para 1,00 m. Mesmo com esta alteração o tempo de detenção estaria dentro da faixa aceitável. Outro fator observado foi que em razão desta lagoa ter um volume de menos da metade do volume da lagoa anterior, o fluxo da vazão é aumentado de repente e isso pode conduzir os sólidos flutuantes para a saída, o que ao invés de melhorar a qualidade final do efluente através da sedimentação das algas pode piorá-lo. O ideal seria que se tivesse mais de uma lagoa de maturação, o que pode ser conseguido, dependendo das alterações a serem feitas na lagoa anaeróbia, ou dividindo-se a lagoa facultativa 1 em duas, ou até mesmo a lagoa facultativa 2 também em duas, o que a princípio parece que não traria nenhum problema no processo, visto que as mesmas estão dimensionadas para a vazão de 416 l/s, devendo-se alterar os dispositivos de interligação entre as lagoas. De qualquer forma há necessidade de modificações nos dispositivos de entrada e saída, e de interligação entre as lagoas para permitir um mínimo de flexibilidade na operação do sistema, conforme já apontado pelo Eng^o Jair Sartorato, permitindo ao menos a mudança do nível de água nas lagoas, conforme a necessidade.

Para prevenir a fuga dos sólidos suspensos com o efluente final, seria aconselhável a instalação de placas retentoras antes do vertedor de saída da lagoa facultativa 3.

Quanto ao problema dos mosquitos, é possível que os mesmos estejam aparecendo em razão da baixa vazão afluyente as lagoas, o que leva à estagnação do fluxo, criando um ambiente propício para a proliferação dos insetos, já que as larvas dos mesmos são observadas na superfície do líquido próximo aos vertedores das lagoas facultativas, segundo as informações obtidas. Deve-se portanto buscar aumentar o fluxo do líquido nas lagoas, reduzindo seu nível, e identificar o tipo de inseto, e a melhor maneira de eliminá-los sem prejuízos ao ecossistema aquático e ao meio ambiente.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os programas de monitoramento sistemático de parâmetros físico-químicos e microbiológicos permitem conhecer o funcionamento das unidades que compõem um sistema de tratamento, avaliar sua eficiência, identificar pontos críticos e sugerir mudanças para melhoria do desempenho.

O monitoramento rotineiro efetuado pela CASAN em diversos sistemas de tratamento de esgotos da Regional de Florianópolis, permitiram a determinação das características do esgoto bruto dos sistemas selecionados para o estudo e a avaliação do desempenho do sistema de lagoas de estabilização de Potecas.

O tratamento estatístico dos dados compilados do esgoto bruto afluente aos sistemas estudados forneceu os seguintes valores médios, característicos de cada localidade atendida:

- ◆ Lagoa da Conceição: temperatura 23°C, pH 6,5, alcalinidade total 174,6 mg/l, cloretos 60,56 mg/l, DQO 446 mg/l, DBO 191 mg/l, sólidos totais 476 mg/l, sólidos suspensos totais 169 mg/l, sólidos dissolvidos 255 mg/l, sólidos sedimentáveis 2,5 mg/l, coliformes totais $2,6 \times 10^{12}$ e fecais $2,2 \times 10^{11}$ NMP/ml.
- ◆ Canasvieiras : temperatura 23°C, pH 6,4, alcalinidade total 128,0 mg/l, cloretos 107,35 mg/l, DQO 237 mg/l, DBO 81 mg/l, sólidos totais 512 mg/l, sólidos suspensos totais 34 mg/l, sólidos dissolvidos 477 mg/l, sólidos sedimentáveis 0,8 mg/l, coliformes totais $1,7 \times 10^{11}$ e fecais $3,6 \times 10^{10}$ NMP/ml.
- ◆ Insular : temperatura 22°C, pH 6,7, alcalinidade total 111,9 mg/l, cloretos 131,79 mg/l, DQO 238 mg/l, DBO 176 mg/l, sólidos totais 435 mg/l, sólidos suspensos totais 77 mg/l, sólidos dissolvidos 359 mg/l, sólidos sedimentáveis 2,1 mg/l, coliformes totais $7,1 \times 10^9$ e fecais $2,0 \times 10^9$ NMP/ml.
- ◆ Morro da Caixa : temperatura 22°C, pH 7,2, alcalinidade total 158,2 mg/l, cloretos 63,50 mg/l, DQO 1083 mg/l, DBO 508 mg/l, sólidos totais 941 mg/l, sólidos suspensos totais 497 mg/l, sólidos dissolvidos 448 mg/l, sólidos sedimentáveis 5,7 mg/l, coliformes totais $1,0 \times 10^{14}$ e fecais $3,0 \times 10^{12}$ NMP/ml.
- ◆ Continente : temperatura 24°C, pH 6,7, alcalinidade total 156,6 mg/l, cloretos 379,11 mg/l, DQO 408 mg/l, DBO 174 mg/l, sólidos totais 1238 mg/l, sólidos suspensos totais 169 mg/l, sólidos dissolvidos 1112 mg/l, sólidos sedimentáveis 1,6 mg/l, coliformes totais $1,0 \times 10^{12}$ e fecais $3,5 \times 10^{11}$ NMP/ml.

Os diferentes valores médios apresentados para os esgotos dos sistemas estudados confirmam as afirmações encontradas na literatura, e citadas na revisão bibliográfica, que apesar dos conteúdos básicos das águas residuárias domésticas serem semelhantes, elas variam de acordo com o volume, os hábitos culturais e alimentares, as condições sócio-econômicas da população, medição da água distribuída, clima, construção, extensão, estado de conservação e manutenção das redes de esgotos, entre outros, que são fatores que contribuem para a variação das características das águas residuárias.

Da análise dos dados característicos dos esgotos dos sistemas selecionados chega-se a conclusão que devem estar ocorrendo infiltrações na rede e demais dispositivos de coleta de todos os sistemas, com exceção do Morro da Caixa.

Certamente que os resultados obtidos guardam uma especificidade regional, necessitando de cautela para sua extrapolação para outras condições, porém esses dados podem ser utilizados em projetos futuros da CASAN, para locais com características semelhantes aos dos sistemas estudados. Por exemplo, os dados de Potecas podem ser úteis para o projeto de S.E.S. da região de São José, Palhoça e Biguaçu, cujos estudos preliminares para definição da concepção básica do sistema já foram contratados. Os resultados da Lagoa da Conceição e de Canasvieiras podem ser utilizados para os projetos dos sistemas das outras localidades balneárias da Ilha, ou para a ampliação e melhoria dos sistemas existentes.

O fato dos dados terem confirmado altas taxas de infiltração nos sistemas já serviram para a modificação dos projetos que estão em fase de licitação de obras (Jurerê/Daniela e Cachoeira do Bom Jesus/Ponta das Canas), nos quais foram previstas impermeabilizações nos poços de visita convencionais e mudança dos selins de ligação por tês e/ou junções, com a finalidade de reduzir os níveis de infiltração. Na rede de Cachoeira/Ponta das Canas alguns poços de visita foram substituídos por tubos de inspeção e limpeza (TIL) de polietileno, totalmente impermeáveis.

Os dados do Morro da Caixa podem, com os devidos cuidados, serem utilizados nos projetos de sistemas de esgotos de comunidades de baixa renda, para os quais a CASAN pretende obter financiamento na CEF, através de um programa de financiamento específico para localidades de baixa renda, o PROSANEAR.

O monitoramento da ETE de Potecas mostrou que nestes dois anos do estudo, o sistema foi eficiente na remoção de DBO e coliformes (totais e fecais) com eficiências médias de 88 e 99,9999% respectivamente. O reator anaeróbio foi o responsável pela maior redução (74 e 99,9828%). O sistema também atendeu os padrões de emissão de efluentes líquidos da legislação vigente, referentes a temperatura e DBO em 100% dos dados compilados e em 82% dos dados em relação ao pH.

Portanto podemos concluir que o sistema de tratamento de esgotos de Potecas, visto como um todo, vem apresentando um bom desempenho, satisfazendo as condições de tratamento originalmente pretendidas. A previsão é de que com o aumento da vazão devido a implantação da rede coletora dos bairros Campinas e Kobrasol, o sistema aumente sua eficiência. Entretanto, como levantado no trabalho, a geração de maus odores e a proliferação de mosquitos no verão, bem como alguns valores estranhos observados na análise dos dados compilados, evidenciam a existência de deficiências no processo, ou em algumas unidades do sistema, especialmente na lagoa anaeróbia, a qual devido a baixa taxa de aplicação volumétrica da carga, tem oscilado entre as condições de comportamento de um reator anaeróbio e de um facultativo. Para a solução deste problema sugere-se entre outras mudanças, a divisão do volume da lagoa em no mínimo dois.

Com relação aos dados de monitoramento da ETE, considera-se que o ponto de coleta no corpo receptor não está numa posição muito adequada, recomendando-se sua mudança para um ponto mais próximo do ponto de lançamento (antes que ocorram outros lançamentos de valas ou córregos), e a inclusão de um ponto de coleta a montante do lançamento. Isto

possibilitará análises mais consistentes para a avaliação das condições do corpo receptor e dos efeitos do lançamento do esgoto tratado da ETE no mesmo.

Recomenda-se também que as amostras coletadas sejam compostas e proporcionais as vazões, pois os dados existentes baseados apenas em amostras simples se constituem na principal falha metodológica deste estudo. Seria interessante também que se tivesse dados de diversos pontos e profundidades nas lagoas. Outros parâmetros deveriam também ser incluídos no monitoramento, principalmente nitrogênio e fósforo, DBO solúvel e particulada, e sulfetos. Essas são algumas das limitações deste trabalho, pois em razão da inexistência destes dados não foi possível fazer uma avaliação mais completa do sistema, em especial quanto a remoção de nutrientes e também em relação ao corpo receptor.

A implementação das recomendações anteriores permitiria um programa de monitoramento mais criterioso dos parâmetros, o que possibilitaria conhecer mais a fundo o funcionamento das unidades que compõem o sistema de tratamento, e a melhor identificação dos pontos críticos, o que possibilitaria sugestões mais fundamentadas de propostas de melhorias possíveis para otimização do sistema.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALÉM SOBRINHO, P. & RODRIGUES, M.M., Contribuição ao Projeto de sistemas de lagoas aeradas aeróbias para o tratamento de esgotos domésticos, **Revista DAE**, n.128, março/1982.
- ABDEL-RAZIK, M.H. **Dynamic modelling of facultative waste stabilization ponds**, PhD Thesis, Imperial College, 1991.
- ABNT, Projeto de normas para projeto hidráulico-sanitário de lagoas de estabilização, Minuta do projeto, 1991.
- ABNT, NBR 9649- Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário, ABNT: Rio de Janeiro, 1986.
- ARCEIVALA, S.J. et al. **Prediction of the dispersion number in waste stabilization ponds**, Marcel Dekker, New York, 892 p., 1981.
- APHA, AWWA, WPCF, Standard methods for the examination of water and wastewater, 17 ed., Public Health Association Inc., New York, 1989.
- BRANCO, S.M., **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**, 2 ed., São Paulo, CETESB, 620 p., 1978.
- CASAN, Vazões de estiagem em pequenas Bacias hidrográficas do Estado de Santa Catarina (Projeto HG-47), CEHPAR- Universidade Federal do Paraná, Relatório Final- jun/1982.
- _____, Concepção geral do sistema de esgotos sanitários de Florianópolis, elaborado pela OESA- Organização e Engenharia S.A., 1974.
- _____, Emenda técnica do sistema de esgotos sanitários de Florianópolis, elaborado pela CASAN, set/1979.
- _____, Sistema de esgotos sanitários de Florianópolis: Projeto da linha de afastamento e estação de recalque GB, set/1983.
- _____, Projeto do sistema de esgotos sanitários do distrito de Canasvieiras, município de Florianópolis, elaborado pela DIPE/GPR, mar/1989.
- _____/Prefeitura Municipal de Florianópolis, Sistema de Esgotos Sanitários da cidade de Florianópolis: Considerações a respeito da modificação do plano diretor para a parte insular, elaborado pela ENGEVIX Engenharia S.A.- ENCIBRA S.A. Estudos e Projetos de Engenharia, mar/1991.
- _____, Projeto de Ampliação do Tratamento do Esgoto Sanitário do Morro da Caixa, elaborado pela MPB Saneamento Ltda, mar/1992.

- _____, Sistema de Esgotos Sanitários da cidade de Florianópolis: Projeto Insular, elaborado pela ENGEVIX Engenharia S.A., jan/1994.
- CETESB, **Operação e manutenção de lagoas anaeróbias e facultativas**, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo, 91 p, 1989.
- _____, **Lagoas de estabilização**, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo, 241 p., 1979.
- CONAMA, Resolução n.20/86, Brasília, 1986.
- COLOSSI, Nelson, **Saneamento: Conceitos, principais atividades e sua situação em Santa Catarina**, artigo apresentado ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção- UFSC, Florianópolis, 1997.
- DESIGN OF MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANTS, 2. Ed., WEF manual of practice n° 8, III Series: ASCE manuals and reports on engineering practice, n° 76, publicado por Water Environment Federation and the American Society of Civil Engineers, Library of Congress, Vermont, V.1, 827 p, 1991.
- HYDROGEN SULPHIDE CONTROL MANUAL-septicity, corrosion and odour control in sewerage systems, prepared by the Technological Standing Committee on Hydrogen Sulphide Corrosion in Sewerage Works, a committee appointed by the Major Urban Water Authorities of Australia, Melbourne and Metropolitan Board of Works, 1989.
- IMHOFF, K. e K., **Manual de tratamento de águas residuárias**, Editora Edgard Blücher, São Paulo,S.P, 301 p., 1985.
- JORDÃO, E.P. & PESSÔA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos**, 3. Ed., Rio de Janeiro:ABES, 683 p.,1995.
- KONIG, A., et al, **Monitoramento, eficiência de remoção de um sistema de tratamento no nordeste do Brasil e proposta para melhoria do efluente final**, Anais do III SIBESA- Simposio Italo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, Gramado, RS,1996.
- MATOS BRITO,M.C.S.O. et al, **Avaliação intensiva de um sistema UASB- Lagoa de Maturação com chicanas na cidade de Itabira-MG**, Anais do 19º Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental-ABES, Foz do Iguaçu, 1997.
- MENDONÇA, S.R., **Lagoas de estabilização e aeradas mecanicamente: novos conceitos**, João Pessoa, 385 p., 1990.
- METCALF & EDDY,Inc. **Wastewater engineering: treatment,disposal,reuse**, 3 ed., McGraW-Hill, New York, N.Y., 1991.
- MEYER, Mario F.F., **Avaliação do desempenho da CASAN: período 1971-outubro 1995**, Florianópolis: CASAN,1995.

- MOTA, S., **Preservação e conservação de recursos hídricos**, 2 ed., ABES: Rio de Janeiro, 1995.
- NOBUYOSHI IDE, C. et al, **Tratamento de esgoto hospitalar por reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA)**, Anais do VIII SILUBESA- Simpósio Luso- Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental- ABES, João Pessoa, Paraíba, 1998.
- PEDRELLI, T. D., **Avaliação do sistema de lagoas de estabilização para o tratamento das águas residuárias de Balneário Camboriú/SC**, Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.
- QASIM, S. R., **Wastewater treatment plants: planning, design and operation**, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1985.
- SANTA CATARINA, Lei n. 5.793, de 15 de outubro de 1980, Dispõe sobre a proteção e melhoria da qualidade ambiental e dá outras providências, Diário Oficial do Estado n. 11.587, de 22/10/80.
- _____, Decreto n. 14.250, de 5 de junho de 1981, Regulamenta dispositivos da Lei n. 5.793 de 15/10/80, referentes à proteção e a melhoria da qualidade ambiental, Diário Oficial do Estado de 09/06/81.
- _____, Portaria n. 024/79, Enquadra os cursos d'água do Estado de Santa Catarina na classificação estabelecida pela Portaria GM n. 0013, de 15/01/76, do Ministério do Interior.
- SAWYER, CLAIR N. & McCARTY, PERRY L., **Chemistry for environmental engineering**, 3 ed., McGraw-Hill, New York, 532 p., 1978.
- SILVA Jr., C., SASSON, S. **Biologia 2: Seres vivos, estrutura e função** (Cesar e Sezar), 2 ed., Atual Editora, São Paulo, 382 p., 1993.
- SILVA, S.A., MARA, D.D., **Tratamentos biológicos de águas residuárias: lagoas de estabilização**, ABES: Rio de Janeiro, 140 p., 1979.
- SILVA, S.R. et al, **Correlação entre DBO e DQO em esgotos domésticos para a região da Grande Vitória-ES**, Anais do 19º Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental-ABES, Foz do Iguaçu, 1997.
- TCHOBANOGLIOUS, G. & SCHROEDER, E.D., **Water quality: characteristics, modeling, modification**, Addison-Wesley, Reading, MA, 1985.
- TEIXEIRA PINTO, M.A. et al, **ETE Samambaia- Dos projetos à prática dos novos conceitos de tratamento de esgotos por lagoas de estabilização**, Anais do 19º Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental-ABES, Foz do Iguaçu, 1997.

- TEIXEIRA PINTO, M.A. et al, **Alguns aspectos operacionais e de desempenho do sistema Samambaia de lagoas de estabilização**, Anais do VIII SILUBESA- Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental- ABES, João Pessoa, Paraíba, 1998.
- VAN BUUREN, J.J.L., FRIJNS, J.^oG., LETTINGA, G., **Wastewater treatment and reuse in developing countries**. Wageningen Agricultural University, 1995.
- VAN HAANDEL, A.C., LETTINGA, G., **Tratamento anaeróbio de esgotos: Um manual para regiões de clima quente**, 1994.
- VON SPERLING, M., **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**, v.1, 1 ed., Belo Horizonte: DESA-UFMG, 240 p., 1995.
- VON SPERLING, M., **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Princípios básicos do tratamento de esgotos**, v.2, 1 ed., Belo Horizonte: DESA-UFMG, 211 p., 1996-a.
- VON SPERLING, M., **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Lagoas de estabilização**, v.3, 1 ed., Belo Horizonte: DESA- UFMG, 134 p., 1996-b.
- YANEZ, F., **Lagunas de estabilizacion: Teoria, diseño y mantenimiento**, ETAPA, Cuenca, Equador, 421 p., 1993.
- _____, **Herramientas modernas para diseño de lagunas de estabilizacion**, in Seminário Internacional de Tratamento de Esgotos, ABES/WEF, Rio de Janeiro, 1988.

A N E X O S

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEP. DE ENG. SANITÁRIA-AMBIENTAL
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

QUESTIONÁRIO

1. Quando o Sr.(a) começou a morar neste local?

2. Quais os maiores incômodos ambientais do local?
(numerar em ordem crescente de importância)

- Degradação da paisagem
- Mau cheiro
- Barulho
- Doenças
- Lixo
- Outros (relacionar)
-
-

3. Quantificar os dois principais incômodos ambientais .

1° _____

2° _____

- Sempre (muito freqüente)
- De vez em quando
- Raro
- Forte
- Médio
- Fraco

- Sempre(muitofreqüente)
- De vez em quando
- Raro
- Forte
- Médio
- Fraco

4. Seu esgoto é tratado ?

- Sim - rede da CASAN
- Sim – fossa, filtro e/ou sumidouro

Não

5. Você acha que é necessário tratar o esgoto? Por que?

Sim, evita doenças

Sim, evita degradação ambiental (sujeira, mau cheiro)

Não

6. É abastecido com água da CASAN?

Sim

Não

7. Como avalia o trabalho da CASAN?

7.1- Quanto ao fornecimento de água?

Bom

Mais ou Menos

Ruim

7.2- Quanto ao esgoto?

Bom

Mais ou Menos

Ruim

8. Nome do entrevistado(a):

9. Endereço:

Potecas/esgoto bruto

125

data	horario	chuva	Tam.	Tar	pH	alc.total	cloretos	DQO	DBO	S.T.	S.susp.	S.diss.	S.sed.	Col.total	Col.fecal
31/1/96	09:12	não	30	28	6,4	170,6	84	346	112	459	153,3	305,7	0,7	2,40E+09	5,40E+08
22/2/96	08:45	não	30	30	6,7	139,4	90,9	814,6	197	557	198	359	2	1,60E+12	9,20E+11
28/2/96	09:00	sim	28	27,5	6,6	39,4	24,2	171	140	480				4,90E+08	4,90E+08
6/3/96	09:07	sim	27	25	6,6	132,6	77,6	100	63	397	39	358	0,1		
13/3/96	10:35	sim	29	31	7	144,2	49,9	309	104	377	106,6	270,4	0	5,40E+13	3,50E+13
26/3/96	10:10	sim	27	27	6,3	70,1	65,5	109	33	31	130,5	179,5	1,3		
2/4/96	10:15	sim	28,5	30,5	6,9	207,6	315,5	131	67	1033	95	938	0,5		
9/4/96	09:10	não	27	26	6,6	177,5	76,1	299	157	535	59	476	2,5		
18/4/96	09:54	não	22	21	7,8	155,5	3.559,50	460	86	9.124	110	9.014	1		
30/4/96	09:20	sim	25	22	6,6	149,9	121			425	29,5	395,5	0,2	3,50E+07	1,70E+07
7/5/96	09:00	não	26	23,5	6,6	159,8	108,6	364	170	528	94	434	0		
21/5/96	08:50	não	22	23	7,2	173,8	247	147	38	707	79	628		3,50E+08	2,20E+07
29/5/96	08:45	não	24	20,5	6,5	154,2	122,5	440	186	516	156	360	2		
11/6/96	09:05	não	22	21	6,6	152,3	130,4	606	163	502	150,7	351,3	3	1,70E+12	1,40E+10
20/6/96	09:43	sim	23	13	6,8	137,5	1.106,40	536	141	3.256	337	2.919	2		
28/6/96	09:00	sim	22	15	6,6	110,6	895,80	228	64	551	53	498	0,5		
9/7/96	10:30	sim	20	17	6,5	76	88,00	427		314	46	268	0,7	1,10E+10	3,50E+09
16/7/96	09:25	não	20	14	6,7	192,8	567,70	448	182	1.969	133	1.836	1		
23/7/96	09:28	não	19	15	6,8	201	581,00	300	163	1.631	151	1.480	1,6		
31/7/96	09:30	não	20	17	6,4	181,6	566,30	468	229	579	470	109	1,4		
13/8/96	14:25	não	21,5	19	6,5	186	72,70	404	191	584	207	377	0,6	2,40E+13	1,40E+12
20/8/96	10:00	não	22	23	6,6	190	66,00	404	178	446	49	397			
3/9/96	09:50	sim	21	18,5	6,4	166	83,10	355	160	518	168	350	0,1		
9/9/96	09:40	sim	21	19	6,5	83,1	46,8	131	260		134	126	1,8	3,50E+12	3,50E+11
19/9/96	09:30	não	22	19	6,3	161,3	62,4	587	253	626	496	130	5		
7/10/96	14:45	não	24	26	6,4	142,4	59,2	459	119	393	162	231	0,6	2,80E+13	3,50E+12
31/10/96		não		24,5	6,2	133	75,4	528	236	640	174	466	2		
6/11/96		não	25	24	6,1	124,9	66,2	426	173	510	164	346	0,5	2,40E+12	3,50E+11
26/11/96	09:00	não	21	22	6,5	173	31,9	667	217	536	237	299	2,5		
14/1/97	10:25	não	29	31	6,6	161,6	61,4	330	131	490	200	290	0,8	2,20E+12	1,10E+12
24/2/97	09:20	sim	28	31	6,6	151	203	437	126	517	92	425	2	1,40E+13	1,10E+13
31/3/97	10:40	não	29	28	6,8	158,1	270,6	388	182	1181	124	1057	0	1,40E+13	1,40E+13
17/4/97	09:15	não	25	28	6,6	148,9	371,2	569	228	1459	224	1265	2,5		
23/4/97	09:00	não	26	26	7,1	162,6	378,4	399,9	158	1408	59	1349	25	1,60E+13	2,20E+12
14/5/97	09:20	sim	23	25,5	6,8	167,3	230	449	194	959	79	880	1		
26/5/97	10:25	sim	18	24	8,9	266,8	2017,7	566	132	5555	110	5445	0,2	3,50E+12	
16/6/97	09:35	não	19	16	8	217	228,3	440	238	1151	185	966	2	1,80E+13	2,20E+12
2/7/97		não	16,9	21	8,2	224,1	92,7	461	395	1872	300	1572	3,5	1,30E+13	1,70E+11
23/7/97	09:10	não	21	18,4	7,8	192	310,2	233		1092	106	985,4	0,8		
6/8/97	09:10	sim	15,3	21	8,3	214,95	2314	681	312	6401	359	6042	4,5	1,60E+13	7,00E+10
10/9/97	09:50	não	19	21,2	7,1	181,2	227,5	417	234	993	110	883	1	1,60E+13	5,00E+10
1/10/97	09:24	sim	19,4	21	6,5	109,5	417,5	314	148	1578	254	1324	4	1,60E+13	
10/11/97	09:20	não	26	23,8	6,8	162	162,5	390	183	759	132	627	2	1,30E+12	2,20E+11
16/12/97	09:42	sim	35	27,5	6,5	131,4	122,6	679	370	853	480	373	5,5	1,60E+13	2,20E+12

POTECAS - Lagoa Anaerobia

data	horar	chuv	Tam	Tar	pH	Alc.tot	Cloreto	DQO	OD	DBO	S.T.	S.S.	S.Diss.	SSed	Col.Tot.	Col.Fecal
22/1/96	17:00	sim	29,5	31	7,5	110	131,8	120		11	453					
13/3/96	09:05	sim	29,5	28	7,5	103,8	99,9	136	6,7	9	397				1,10E+05	4,9E10+4
26/3/96	09:15	sim	28	27	6,8	127,8	122,3	64	0	21	423				1,8E10+5	5,4E10+4
2/4/96	10:20	sim	30	30,5	8	113,4	105,8	47	10,3	20	424					
9/4/96	09:05	não	26,5	26	7,3	123,3	138,1	47	6,1	21	467				1,1E10+6	5,4E10+5
18/4/96	09:50	não	22	21,5	7,1	122,2	123,8	200	5,1	37	474					
30/4/96	09:15	sim	23	22	7,3	131,4	166,5		4,4		661	53,5	607,5			
7/6/96	09:10	não	26	23,5	6,6	159,8	108,8	364		170	528	94	434	0		
21/6/96	08:50	não	22	23	7,2	173,8	247	147	0	38	707	79	628		3,5E10+7	2,2E10+6
29/6/96	08:40	não	21,5	20,5	7	192,5	243,1	128	0	42	671	112	559			
11/6/96	09:00	não	20	21	7	201,8	196,1	165	0	44	693	46	647		1,1E10+9	2,2E10+8
28/6/96	09:48	sim	18	13	7,1	200	220,4	161	0	44	668	233	435			
9/7/96		sim	17,5	17	7,5	179,8	238	446		36,5	687	66	621	0	1,4E10+7	1,4E10+7
16/7/96	09:30	não	15	14	7,1	218,3	225,4	131		14	734			0		
23/7/96	09:31	não	15	16	7,2	237,7	193,6	93		9	904			0,9		
31/7/96	09:40	não	16	17	7	226,5	183,6	144		40				0,8		
13/8/96	14:20	não	20	19	7,3	229	295	74		45	877	46,5	830	0	5,4E10+6	1,7E10+6
20/8/96	09:50	não	20	23	7,1	202,7	277,2	140		39	795	9,7	785,3	0		
3/9/96	09:45	sim	20	18,5	6,9	193,3	224,5	158,8		61	735	37,5	697,5	0		
9/9/96	09:35	sim	20	19	7	175,6	202,7	168			650	43	607	0	1,1E10+8	2,8E10+7
19/9/96	08:55	não	21,8	19,5	7,3	174,5	209,2	156		52	620	65,5	554,5	0		
7/10/96	14:50	não	30	26	7,5	137,7	158,3	176		41	468	9	459	0	2,2E10+6	9,4E10+5
31/10/96	09:15	não	27	24,5	7,2	141,5	138,8	151		22	474	36	438	0		
6/11/96	08:50	não	25,5	26	7,2	149,9	131,4	148		28	454	64,7	389,3	0	9,4E10+8	9,4E10+8
26/11/96	09:15	não	25	22	6,9	149	110,1	272			542			2		
14/1/97	09:45	não	31	30	7,1	123,1	113		3,5		511	130	381	0		
24/2/97	09:20	sim	31	28	6,8	120	118,5	422		31	558	92,5	465,5	5	2,2E10+6	1,7E10+6
31/3/97	09:00	não	26	27	7,1	152,4	288,8	121		43	1.068	95	973	0	1,4E10+7	9,0E10+6
17/4/97	09:20	não	25,5	25	7,2	131,8	408,9	169		53	1.550	52	1.498	0		
23/4/97	09:10	não	25	26	7,4	166	421,4	269,1	0	53	1.518	42,7	1.475	0,6	1,7E10+8	1,7E10+6
14/6/97	09:15	sim	24	23	7,5	248,2	461,1	235	0	43	1.629	15,5	1613,5			
26/6/97	10:20	sim	21	18	7,5	234,5	489,5	203		60	1.737	68	1.669	0,2	1,3E10+9	1,1E10+7
16/6/97	09:05	não	18	16	7,9	290	482	176		79	1.705	35	1.670	0	2,2E10+8	1,7E10+6
2/7/97	09:20	não	16,9	19	7,8	306,6	517,2	238	0	81	1625				1,4E10+8	5E10+6
23/7/97	09:16	não	19	18,4	7,7	257	446,7	149			1393	29,5	1363,5			
6/8/97	09:15		15,3		7,6	267,9	546,2	140		79	1426	41,5	1384,5	0	1,7E10+8	3,0E10+6
10/9/97	09:10		21,3		7,4	238,4	351	200		64	1244	31	1213	0	8,0E10+7	8,0E10+6
1/10/97	09:13		20		7	205	360	158		65	1272	20	1252	0	2,8E10+8	2,2E10+6
10/11/97	09:15		25,7		7,8	144,2	242	139	5,4	45	897	58	839	0	1,7E10+6	1,4E10+5
16/12/97	09:40		28		7,3	125,4	240,7	170	5	54	1385	34,7	1038	0	9,0E10+6	3,0E10+5

POTECAS - LAGOA FACULTATIVA I

127

Data	horar	chuva	Tam.	Tar	pH	Alc.tota	Cloretos	DQO	OD	DBO	Sol.Totais	ColiTotais	Coli Fecal
6/1/96	08:49	não	29	28	6,8	47,7	193,2	165	5,5	37	580		
22/1/96	15:50	sim	31	35	9,4	55	170,4		22,8	12	522		
31/1/96	09:20	não	31	29	7,7	62,3	176,1		4,6		460		
22/2/96	08:55	não	31	30,5	8,3	63,4	126,2	174	4,5	20	458		
28/2/96	09:20	sim	30	29	8,2	65,3	122,2		6,2		418		
6/3/96	09:15	sim	26,5	25	7,1	56,7	110,6	127	5,7	13	449		
13/3/96	09:15	sim	29,5	28	7,6	60	111,6	145	7,9	12	420		
26/3/96	09:30	sim	27	27	8,3	59,6	108,7	82	12,2	13	438	5,40E+04	1,40E+03
2/4/96	10:30	sim	29	30,5	8,9	61,5	106,7	204	5,8	17	434		
9/4/96	09:20	não	27	26	8,9	61,6	116,2	167	7,9	13	397	1,30E+05	7,00E+03
18/4/96	10:00	não	25	21,5	7,4	63,8	99	110	3,9	19	401		
30/4/96	09:30	sim	23,5	23	7,7	64,8	91,7		4,1		419		
7/6/96	09:20	não	25	24,5	7,2	75,7	109,8	91	3,7	17	368		
21/6/96	09:02	não	22	23	7,7	88,8	158,8	101	7,3	13	458	5,40E+03	1,70E+03
29/6/96	08:53	não	21	20,5	7,4	97,2	171,5	83	3,9	11	482		
11/6/96	09:15	não	19,5	21	7,5	116,8	150	110	7,4	16	555	7,90E+04	2,40E+04
20/6/96	10:00	sim	17,5	14	7,1	132,7	185,2	107	2,3	13	579		
28/6/96	09:15	sim	16	16	7,2	138,9	177,8	105	3,7		612		
9/7/96	09:55	sim	18,5	17,5	7,7	147,1	213	243	4	16	590	2,40E+05	2,40E+04
16/7/96	09:45	não	16	14,5	7,5	161,2	180	65	7,3	24	582		
23/7/96	09:40	não	16	15	7,5	162,2	176,3	65	8,3	12	591		
31/7/96	09:30	não	17	17	7,8	163,2	169	81	11,7	12			
13/8/96	14:30	não	20	19	8	149	238,5	92	10,5	21	668	1,30E+04	2,40E+03
20/8/96	10:30	não	21	23	8,3	142,5	245,5	132	11,1	46	712		
3/9/96	10:00	sim	20	18,5	6,8	86,3	234,5	84	1		762		
9/9/96	09:50	sim	19,5	19	7,2	99,9	236,3	131	5,8		739	9,20E+03	9,20E+03
19/9/96	09:05	não	20	20	6,9	67,9	268,5	138	4	61	821		
7/10/96	14:55	não	28	26	8,6	41,5	213,8	150	14,6	36	649	5,40E+04	5,40E+04
31/10/96	09:30	não	27	24,5	8,1	56,6	169,8	132	7,5	12	547		
6/11/96	09:02	não	25,5	26	7,4	62,4	162,9	111	7,4	12	519		
26/11/96	10:25	não	26,5	27	8,3	71,1	141,6	123	6,8	14	516		
14/1/97	09:55	não	32	30	9,2	62,5	129,6		16		542		
24/2/97	09:30	sim	27,7	27	7,1	61	97,4	106	4,1	9	352	1,70E+03	1,70E+03
31/3/97	09:15	não	27	26	8,3	91,3	151,4	186	11,2	22	604	1,30E+04	5,00E+03
17/4/97	09:35	não	25	24,4	7,8	100,2	209,8	123	6,6	23	771		
23/4/97	09:20	não	26	25,5	7,8	105,1	228,1	100	6,7	23	843	5,00E+04	1,30E+04
14/6/97	09:30	sim	23	24	7,8	124,4	381,6	204	6,6	19	1224		
26/6/97	10:35	sim	18	20	8	133,9	463,1	203	7,8	33	1395	3,00E+04	1,30E+03
16/6/97	09:15	não	16	18	8,3	162,9	441	176	9,4	56	1559	1,60E+04	9,00E+03
27/7/97	09:30	não	17,2	16,2	7,6	170,5	522,2	108	5,6	62	1712	2,40E+04	1,10E+03
23/7/97	09:25	não	19,3	20,4	7,5	163,1	537	115	12,4		1598		
6/8/97	09:25	sim	17	15,3	7,4	217,6	537	72	1,4	40	1454	5,00E+04	1,10E+04
10/9/97		não	21,8	19	7,7	228,3	494,9	83	2	11	1296	1,00E+05	3,00E+01
1/10/97		sim	21,4	19,4	7,5	200	385	69	4,94	20	1145	1,60E+05	5,00E+01
10/11/97		não	25,7	26	8,5	138,9	239	104	17,74	18	912	1,60E+05	1,40E+03
16/12/97		sim	35	35	7,5	96,2	52,8	109	6,3	40,5	827	9,00E+04	8,00E+01

POTECAS - LAGOA FACULTATIVA II

128

data	horario	chuvas	Tam.	Tar	pH	Alc.total	Cloretos	DQO	OD	DBO	S.Tot.	Coli Tot.	Coli Fec.
6/1/96	08:44	não	28	27	8,6	70	204,5	155	7,5	15	618		
22/1/96	16:05	sim	29	30	8,8	56,8	92		19,8	9	541		
31/1/96	09:30	não	31	30,5	8,2	57,7	204,5		3,8		506		
22/2/96	09:00	não	31	30,5	9,3	65,3	139,3	202	11,2	16	480		
28/2/96	09:32	sim	30	29	8,6	63,4	122,2		8,3		419		
6/3/96	09:20	sim	28	25	8,3	59,6	121,3	136	9,6	13	445		
13/3/96	09:25	sim	30	30	8	62,4	117,4	136	6,7	10	401		
26/3/96	09:42	sim	26	27	8,3	63,4	112,6	145	8,4	12	419	7,20E+03	3,50E+03
2/4/96	10:37	sim	29	30,5	9,1	62,4	105,8	131	5,9	14	409		
9/4/96	09:25	não	26,5	26	8,5	60	112,3	130	3,5	8	400	2,20E+05	2,20E+04
18/4/96	10:15	não	25	22	7,9	62	100,9	160	6,3	14	436		
30/4/96	07:35	sim	24	24	8,3	62	95,4		4,8		438		
7/5/96	09:35	não	24	25	8,8	63	106,8	182	10,1	19	393		
21/5/96	09:08	não	22	23	8,2	73,8	147	92	8,1	12	396	1,60E+04	4,90E+01
29/5/96	09:00	não	21	20	8,1	76,6	141,2	101	8,3	12	419		
11/6/96	09:20	não	19	21	7,9	84	120,96	92	7,6	16	456	4,90E+04	2,20E+03
20/6/96	10:05	sim	18	14	7,5	92,3	149,1	98	6,4	22	496		
28/6/96	09:20	sim	16	16	7,4	99	137	105	6,4	27	537		
9/7/96	10:05	sim	16	17,5	7,8	110,6	185,2	243	7,2	21	529	2,40E+04	2,40E+04
16/7/96	09:55	não	17	14,5	8	131,6	177,2	103	12,6	22	600		
23/7/96	09:45	não	16,5	15	8,1	132,6	134,5	93	13,2	26	597		
31/7/96	10:20	não	16	17,5	7,4	119,3	125,4	117	9,6				
13/8/96	14:38	não	20	19	6,5	39	198	92	4,5	41	650	2,20E+04	2,20E+04
20/8/96	10:40	não	20	23	8	39,7	205,9	105	8,9	36	664		
3/9/96	10:05	sim	20	18,5	7,2	48,5	200,9	198	7,5	19	678		
9/9/96	10:00	sim	20	19	7,3	45,7	220,9	75	8,7		679	7,00E+03	2,40E+03
19/9/96	09:10	não	20	20	8,2	51,8	247,2	119	8,8	15	741		
7/10/96	15:05	não	28	26	6,9	53,8	225,9	115	8,1	20	663	2,80E+06	1,10E+04
31/10/96		não	26,5	24,5	9	78,3	210,1	104	6,7	9	595		
6/11/96		não	25,5	25	9,3	69,2	193,5	111	8	7	577	4,90E+03	4,90E+01
26/11/96	10:22	não	26	26	9,4	60,5	155,5	175	6,9	15	673		
14/1/97	10:02	não	31	30	8,8	60,6	126,2		3,4		479		
24/2/97	09:40	sim	28,5	28	8,6	51	97,4	141	8	9	387	2,20E+03	1,10E+03
31/3/97	09:22	não	27	26	9,1	68,9	127	73	9,1	15	480	1,40E+05	6,00E+01
17/4/97	09:40	não	25	24	8,8	76,7	140,9	115	6,7	12	573		
23/4/97	09:27	não	26	25,5	8,4	84,6	156	146,1	5	16	599	3,00E+04	6,00E+01
14/5/97	09:35	sim	23	23	8,2	116,3	249,5	112	7,3	18	857		
26/5/97	10:40	sim	18	20	8,4	106,1	378,9		8,8		1017	1,60E+05	3,00E+03
16/6/97	09:20	não	16	18	8,2	114,9	393,8	133	7,8		1326	1,60E+04	1,60E+04
2/7/97	09:35	sim	15,3	15,6	7,3	84,8	475,2	115	5,6	56	1489	1,60E+05	1,30E+03
23/7/97	09:30	sim	19,1	20,4	8,1	96,6	511,6	145	4,48		1614		
6/8/97	09:28	sim	16,7	21	7,2	114,6	648,13	100	3,4	55	1577	9,00E+04	1,30E+03
10/9/97	09:37	não	21,9	21,2	7,4	137,6	520,4	123	1,75	76	1436	1,60E+05	3,00E+03
1/10/97	11:28	sim	21,4	21	6,9	130,5	350	108	1,86	55	1265	1,60E+05	8,00E+01
10/11/97	09:35	não	25,8	23,8	8,7	135,4	300	100	11,6	13	893	1,60E+03	1,70E+01
16/12/97	10:20	sim	35,5	27,5	7,9	90,4	259,2	111	6,8	33,5	846	1,60E+04	7,00E+01

POTECAS - LAGOA FACULTATIVA III

data	horar	chuv	T.am.	Tar	pH	Alc.total	Cloretos	DQO	OD	DBO	Sol.Totals	Coli Tot.	Coli Fecal
6/1/96	08:39	não	30	28	9	67,9	205,7	148	8	13	617		
22/1/96	16:10	sim	31	29,5	9,4	61,4	98,8	127	19,6	9	582		
31/1/96	09:40	não	31	32	8,5	57,7	230,1	134	2,6		543	9,20E+03	1,40E+03
22/2/96	09:05	não	32	32	9,3	62,4	146,4	156	14,3	15	487	2,00E+00	2,00E+00
28/2/96	09:30	sim	31	30	8,4	61,5	141,4	136	6,6	20	464	3,30E+04	7,00E+03
6/3/96	09:42	sim	27	25	8,1	60,5	120,3	145	5,7	11	436		
13/3/96	09:35	sim	30	30	8,2	61,5	119,4	81	7,2	13	425		
26/3/96	09:47	sim	27	27	8,3	62,4	74,5	164	10,5	14	420	1,30E+03	7,90E+01
2/4/96	10:45	sim	29	30,5	8,6	65,3	109,7	140	6,7	15	419		
9/4/96	09:28	não	27	28	9,1	61,6	113,3	153,1	9,9	12	419	1,40E+05	1,70E+04
18/4/96	10:18	não	25	22	8,4	61,1	105,5	180	15,9	17	430		
30/4/96	09:54	sim	24	24	8,3	62,9	96,3		5,5		458		
7/6/96	09:40	não	25	25	9	61,1	127,4	345	14,9	46	592		
21/6/96	09:14	não	22	23	7,7	66,3	140	119	4,7	17	402	1,70E+03	1,70E+03
29/6/96	09:03	não	21	20	7,6	71,9	120,6	110	6	17	399		
11/6/96	09:25	não	19,5	21	8,2	77,6	100	92	8,8	14	427	1,70E+04	5,40E+03
20/6/96	10:10	sim	18	14	7,8	79,8	140,7	98	8,1	16	451		
28/6/96	09:30	sim	16,5	17	7,4	80,8	62,9	114	6,7	25	495		
9/7/96	10:30	sim	20	17,5	7,8	101	78,7	243	8,3	18	502	1,30E+05	5,40E+04
16/7/96	10:07	não	16,5	14,5	8,3	107,1	169	112	14,6	23	592		
23/7/96	10:00	não	16	15	8,4	107,1	126,3	103	14	35	602		
31/7/96	10:30	não	17,5	18	6,9	83,2	117,2	140	9,4				
13/8/96	14:44	não	20	19	7,8	45	207,9	73	9,7	29	665	1,70E+04	2,80E+03
20/8/96	10:45	não	21	23	8,8	45,5	209,8	132	10,1	24	645		
3/9/96	10:10	sim	20	18,5	8,3	54	184,5	103	10,2	14	656		
9/9/96	10:05	sim	20	19	9	51,3	207,3	131	10,4		613	5,40E+04	5,40E+03
19/9/96	09:15	não	20	20	8,9	60,3	231,4	156	9,9	14	697		
7/10/96	15:10	não	28	28	7,6	58,5	231,4	115	10,7	21	681	3,50E+05	7,00E+01
31/10/96	09:50	não	26,5	24,5	9,7	69,8	206,4	142	10,5	7	615		
6/11/96	09:08	não	25,5	25	9,8	71,1	204,6	111	9,1	6	574	1,70E+01	2,00E+00
26/11/96	10:15	não	26	26	9,9	48	169,4	158	10,5	11	638		
14/1/97	10:08	não	32	30	9,1	64,4	126,2	259	5,9	24	511	8,00E+00	2,00E+00
24/2/97	09:45	sim	28,5	26	8,7	48	110,1	141	6,2	12	376	1,70E+03	2,00E+00
31/3/97	09:30	não	27	27	9,1	69,9	115,7	121	8,8	15	1166	2,20E+04	1,70E+03
17/4/97	09:50	não	25	24	8,7	78,6	138,8	115	4	14	468		
23/4/97	09:32	não	26	26	8,9	84,1	151,7	123	9,3	17	537	2,20E+04	3,00E+01
14/5/97	09:43	sim	23	23	8,1	106,9	226,3	143	3,5	18	740		
26/5/97	10:43	sim	18	19,5	8,2	107,6	255,8	177	6,7		904	1,60E+05	2,20E+03
16/6/97	09:25	não	16	18	8,2	107,8	372,6	129	7,2	47	1228	1,60E+04	5,00E+03
2/7/97	09:43	não	15,4	15,5	7,5	80,3	472,7	172	9,5	49	1441	1,60E+05	1,40E+03
23/7/97	09:33	não	20	20,4	8,8	95,5	516,2	126	13,4		1578		
6/8/97	09:32	sim	16,2	15,3	7,5	117,4	671,2	84	5	43	1586	1,60E+05	2,30E+01
10/9/97	09:41	não	22	19	7,8	125	520,4	132	2,87	54	1462	1,60E+05	1,30E+03
1/10/97	11:32	sim	21,4	19,4	6,7	120,2	390	115	6,36	37	1298	1,60E+05	1,70E+03
10/11/97	09:40	não	25,8	26	8,8	129,8	340	102	9,54	16	935	1,60E+03	2,30E+01
16/12/97	10:25	sim	35,5	35	8,4	98,2	266,2	90	6,4	28	846	1,60E+05	2,40E+03

data	hora	chuvas	Tam.	Tar	pH	Alc.tot.	Cloretos	DQO	OD	DBO	Sol.Tot.	S.Susp.	S.Diss.	S.Sed.	Coli Total	Coli Fecal
31/1/96	09:40	não	31	32,5	6	27,5	24,4	23	6,2		167	154,5	12,5	0	9,20E+05	5,40E+05
22/2/96	09:55	não	32	34	6,3	24	20,2	26	6,6	1,3	241	184,7	56,3	1	2,40E+05	7,90E+04
13/3/96	10:50	sim	26	31	6,5	10,5	15,5	12,5	6,1	0,5	162	114,5	47,5	0	5,40E+05	7,90E+04
30/4/96	10:25	sim	24	25,5	6,5	13,8	18,3		8,4		130	53,5	76,5		9,20E+05	9,20E+04
21/6/96	09:35	não	21	23	6,6	20,5	39,2	32	8,3	3,2	148	78,7	69,3	0,4	2,20E+05	9,20E+04
11/6/96	09:50	não	18	22	6,2	22,4	45,6	14	8,1	2,5	129	84,5	44,5	0,1	2,20E+06	7,90E+04
9/7/96	10:42	sim	17	18,5	6,4	7,7	26,9	38	7,2	1,4	319	290	29	1	2,40E+05	2,20E+05
20/8/96	11:25	não	20	23	6,1	18,4	28,7	15	7,8	2,3	121	9	112		2,40E+05	1,30E+05
9/9/96	10:05	sim	19	18,5	5,7	11,2	24	8,2	8,1		206	55	151	0,4	1,70E+06	2,40E+05
7/10/96	15:35	não	26	26	5,8	12,3	29,2	18,4	6,7	1,6	135	76,5	58,5	0,4	7,90E+05	1,30E+05
6/11/96	09:35	não	25	26	6,2	21,1	28,2	12	7,9	1,3	133	88,5	44,5	0,3	3,50E+05	1,70E+05
24/2/97	10:25	sim	27,5	26	6,1	18	27,5	26	6,6	2	198	53,6	144,4	0	2,80E+05	7,90E+04
31/3/97	11:00	não	24	29	6,2	16,5	26,1	17,1	6,6	2	145	49,5	95,5	0	3,00E+05	1,10E+05
23/4/97	09:55	não	22	25	6,5	21,4	36,6	15,7	6,16	3,2	153	2	151	0	1,30E+05	1,70E+04
26/6/97	11:05	sim	19	20	6,3	19,3	32,6		7,9	5	156	74,5	81,5	0	1,70E+05	1,70E+04
16/6/97	09:50	não	18	16	6,7	28,8	59,4	24	8,9		224	48	176	0	3,00E+05	3,00E+04
2/7/97	10:05	não	18,8	14,9	6,2	73	69,8	13	9	5	298	6,7	291,5	0	3,00E+05	5,00E+04
6/8/97	10:10	sim	15	15	6,3	35,48	513,87	30	8,6	7	346	113	233	0	1,60E+05	1,70E+04
10/9/97	10:08	não	18,5	18,5	6,6	41,3	89,8	21	9		354	12	342	0,1	2,80E+05	5,00E+03
1/10/97	11:54	sim	21,8	21,8	6,1	24,2	125	36	10,4	7	390	147	243	0,5	9,00E+05	1,10E+05
10/11/97	10:05	não	30,5	30,5	6,1	24,2	28,5	29	6,7	4,2	226	97	129	0	9,00E+05	5,00E+04
16/12/97	11:00	sim	27	35,5	6,2	17,5	30	10		3	224	81,5	142,5	0,4	1,60E+06	1,70E+05