

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**ESTUDO DE LAGOAS FACULTATIVAS  
NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL**

P O R

**WILSON ANTONIO AUERSWALD**  
ENGENHEIRO CIVIL

CAMPINA GRANDE  
ESTADO DA PARAÍBA - BRASIL  
MARÇO - 1979



A917e Auerswald, Wilson Antonio.  
Estudo de lagoas facultativas na região Nordeste do Brasil / Wilson Antonio Auerswald. - Campina Grande, 1979. 158 f.

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1979. "Orientação : Prof. Salomão Anselmo Silva".  
Referências.

1. Lagoas Facultativas - Nordeste - Brasil. 2. Dissertação - Ciências. I. Silva, Salomão Anselmo. II. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). III. Título

CDU 628.357.2(813.3)(043)

ESTUDO DE LAGOAS FACULTATIVAS  
NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL


WILSON ANTONIO AUERSWALD


Engenheiro Civil


DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS  
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DO CENTRO DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA COMO PARTE  
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRÁU DE MES  
TRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.)

Aprovada por:

COMISSÃO EXAMINADORA:

  
\_\_\_\_\_  
SALOMÃO ANSELMO SILVA  
- Presidente -

  
\_\_\_\_\_  
JOCILDO TIBÚRCIO DA COSTA  
- Examinador Externo -

  
\_\_\_\_\_  
JOSÉ FARIAS NÓBREGA  
- Examinador Interno -

CAMPINA GRANDE  
ESTADO DA PARAÍBA - BRASIL  
MARÇO - 1979

## OFERECIMENTO

*Aos meus pais Francisco e Viridiana,  
que me serviram de exemplo.*

*A minha esposa Alice e aos meus  
filhos Flávio Emílio e Ticiano, que  
me incentivaram com amor.*





## AGRADECIMENTOS

### O autor agradece:

A Salomão Anselmo Silva, professor do Departamento de Engenharia Civil do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba e Chefe de Pesquisas da EXTRABES\*, pela orientação e apoio para a realização deste trabalho de tese.

A David Duncan Mara, professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Dundee - Escócia e professor visitante da UFPB, vinculado à EXTRABES, pela solicitude em consultas técnicas relacionadas às experiências.

A Universidade Federal de Mato Grosso pela inestimável contribuição e oportunidade para a realização deste curso de mestrado.

Aos meus pais a quem devo o amor pelos estudos.

Aos meus sogros que indiretamente proporcionaram-me melhores condições para a realização deste curso de mestrado.

A minha esposa que com muito carinho e de dicação corrigiu os textos.

E a todos aqueles que de qualquer maneira aqui deixaram suas contribuições.



\* Vide Anexo II

## R E S U M O

Objetivando contribuir para o estudo e uso de lagoas facultativas na Região Nordeste do Brasil, este trabalho visa possibilitar melhores condições de caracterização dos parâmetros mais importantes para o dimensionamento de lagoas facultativas na região mencionada.

Basicamente foram realizados estudos bibliográficos de experiências já realizadas em nosso país sobre lagoas de estabilização do tipo facultativa.

Este trabalho apresenta os resultados experimentais de pesquisas realizadas, no período de junho de 1977 a dezembro de 1978, em quatro lagoas-piloto, facultativas, recebendo cargas orgânicas diferentes e independentes uma da outra. Essas lagoas estão implantadas na EXTRABES em Campina Grande, PB.

## A B S T R A C T

The objective being to contribute to the study and use of facultative sewage treatment ponds in the North-east of Brasil, this work looks at the optimum design parameters for facultative ponds in this region.

Basically this was achieved by bibliographic studies on experimental work already carried out in this country on facultative stabilisation ponds.

This work presents the results of research carried out during the period June 1977 - December 1978 in four pilot facultative ponds receiving different organic loadings a independent of each other these ponds are located at EXTRABES - Campina Grande, PB.

## ÍNDICE

	<u>PÁGINA</u>
OFERECIMENTO	iii
AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE	viii
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO I - LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO	5
1.1 - Referências Históricas	5
1.2 - Definição e Tipos	12
CAPÍTULO II - O PROCESSO DE ESTABILIZAÇÃO EM LAGOAS FACULTATIVAS	14
CAPÍTULO III - EXPERIÊNCIA BRASILEIRA DE LAGOAS FACULTATIVAS	20
3.1 - Características da Lagoa Facultativa de São José dos Campos	21
3.2 - Lagoa Facultativa do Regimento de Cavalaria de Guardas - R.C.G, Brasília - DF	25



PÁGINA

CAPÍTULO IV	- MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE LAGOAS FACULTATIVAS	27
4.1	- Método Empírico	31
4.2	- Método de Oswald	33
4.3	- Método Empírico de McGarry e Pescod	37
4.4	- Método de Gloyna	39
4.5	- Método das Cargas Superficiais	40
4.6	- Método de Moraes e Shaw	42
4.7	- Redução Bacteriana	43
CAPÍTULO V	- MÉTODOS E MATERIAIS UTILIZADOS NA PESQUISA	45
5.1	- O Sistema de Lagoas	45
5.2	- Coleta de Amostras	48
5.3	- Determinações Físico-Químicas	50
5.3.1	- Temperaturas	50
5.3.2	- pH	51
5.3.3	- Oxigênio Dissolvido	52
5.3.4	- Penetração da Luz Solar	53
5.3.5	- Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO	53
5.3.6	- Demanda Química de Oxigênio-DQO	54
5.3.7	- Nitrogênio Amoniacal	54
5.3.8	- Nitrato	55
5.3.9	- Fósforo Total	55
5.3.10	- Fosfato Solúvel	55

	<u>PÁGINA</u>
5.3.11- Cloreto	55
5.3.12- Alcalinidade Total	56
5.3.13- Condutividade a 25°C	56
5.3.14- Resíduos Sólidos	56
5.4 - Determinações Bacteriológicas	57
<b>CAPÍTULO VI - RESULTADOS EXPERIMENTAIS</b>	<b>64</b>
6.1 - Dados Meteorológicos	64
6.2 - Determinações Físicas e Químicas	65
6.2.1 - Temperatura	65
6.2.2 - pH	67
6.2.3 - Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO	69
6.2.4 - Demanda Química de Oxigênio-DQO	71
6.2.5 - Nitrogênio Amoniacal-N-Amônia	73
6.2.6 - Nitrato	75
6.2.7 - Fósforo Total	76
6.2.8 - Fosfato Solúvel	78
6.2.9 - Cloreto	79
6.2.10- Alcalinidade Total	81
6.2.11- Condutividade a 25 °C	82
6.2.12- Sólidos	84
6.3 - Análises Bacteriológicas	93
6.3.1 - Coliformes Fecais (C.F)	93
6.3.2 - Estreptococos Fecais (E.F)	95
6.4 - Quadro Resumo	97
6.5 - Penetração de Luz Solar nas Lagoas	99



	<u>PÁGINA</u>
6.6 - Operação	104
6.6.1 - Gráficos dos Perfis de Temperatura	105
6.6.2 - Gráficos dos Perfis de pH	114
6.6.3 - Gráficos dos Perfis de Oxigênio Dissolvido - OD	119
6.6.4 - Gráfico do Perfil de Penetração de Luz Solar	124
CAPÍTULO VII - DISCUSSÃO	126
CAPÍTULO VIII - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	139
BIBLIOGRAFIA	143
ANEXO I - DADOS METEOROLÓGICOS DA ESTAÇÃO DO CNP-ALGODÃO EM CAMPINA GRANDE-PB.	147
ANEXO II - ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE TRATAMENTOS BIOLÓGICOS DE ESGOTOS SANITÁRIOS - EXTRABES	151

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
Pró-Reitoria Para Assuntos do Interior  
Coordenação Setorial de Pós-Graduação  
Rua Aprígio Veloso 832 Tel (083) 321 7222-R 355  
58.100 - Campina Grande - Paraíba

## I N T R O D U Ç Ã O

O impacto do homem sobre o meio ambiente tem resultado em sua deterioração.

Existe na natureza um certo equilíbrio entre os diversos seres de todos os gêneros e espécies. O homem, "vivendo em grupos mais ou menos densos," quando deixa de seguir certos princípios e leis, rompe esse equilíbrio, tornando-se um agente poluidor da natureza, que às vezes se recupera quando a sua capacidade de auto-depuração é suficiente para eliminar ou estabilizar o agente poluidor. Outras vezes as cargas poluidoras são superiores à capacidade auto-depurativa da natureza rompendo-se o equilíbrio e resultando como consequência imediata a poluição.

O adensamento dos grupos populacionais provocou a quebra desse equilíbrio, em muitas cidades, ou, mais especificamente, os cursos d'água receptores dos resíduos líquidos domésticos mostraram-se insuficientes para efetuar integralmente o trabalho de auto-depuração.

Tendo em vista que o nordeste brasileiro é constituído, na sua maioria, de rios intermitentes caracterizando-se pela ausência de cursos d'água com condições de auto-depuração dos dejetos lançados em seus leitos, há necessidade de se estudar melhores condições para a destinação final adequada das águas residuárias brutas.

Cabe aos técnicos em engenharia sanitária e ambiental, a responsabilidade de desenvolver uma tecnologia que melhor se adapte a região, através da depuração eficiente e econômica das águas residuárias brutas de origem doméstica e industrial, oferecendo melhores condições para a utilização dos precários cursos d'água da região.

Os processos de tratamento de esgotos existentes são os mais diversos. As lagoas de estabilização, um desses processos, surgiram quase que por acidente, como solução mais econômica para as pequenas, médias e mesmo grandes cidades impossibilitadas financeiramente de suportar os custos de construção e operação de estações convencionais de tratamento de esgotos.

Mais uma vez a natureza veio em auxílio do homem e passou a executar todo o trabalho de purificação



das águas poluídas pelo processo de tratamento de esgotos por lagoas de estabilização, que é inteiramente natural, e por isso mesmo barato e eficiente, desde que se lhes proporcione as condições adequadas.

Existem vários tipos de lagoas de estabilização, entre eles as lagoas facultativas que comprovadamente possibilitarão soluções viáveis ao tratamento das águas residuárias da região.

Tem-se estudado muito em outros países como Estados Unidos e Índia, onde sua aplicação é expressiva, o uso adequado de lagoas de estabilização, mais especificamente de lagoas facultativas. Neste trabalho estudou-se a variação de alguns parâmetros que caracterizam, o processo de acordo com as condições climáticas existentes.

Face ao exposto decidiu-se pela realização de pesquisas que de alguma maneira contribuíssem para o estudo de lagoas facultativas na região nordeste do Brasil. As determinações de parâmetros físicos, químicos, bacteriológicos e meteorológicos possibilitaram o conhecimento e a compreensão dos resultados obtidos no funcionamento dessas lagoas, permitindo desenvolver parâmetros adequados às condições da região. Essas determinações foram efetuadas através de pesquisas experimentais em quatro lagoas facultativas alimentadas independentemente com água residuária bruta captada diretamente do interceptor da rede coletora da cidade de Campina Grande, Paraíba.

Esta pesquisa foi desenvolvida seguindo um plano geral de pesquisas da Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários, EXTRABES, pertencente ao Núcleo de Treinamento e Pesquisas em Saneamento Ambiental, NUTREISAM, do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, constituindo a primeira etapa de uma série de pesquisas em lagoas facultativas e servindo de base para futuros estudos e experiências a serem desenvolvidas através dos resultados alcançados.

## CAPÍTULO I

### LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

#### 1.1 - REFERÊNCIAS HISTÓRICAS

Lagoas naturais ou artificiais que recebem despejos gerais de comunidades e que realizam os fenômenos típicos e próprios de depuração de lagoas de estabilização, existem há séculos, mas esse processo de tratamento passou sem que fosse dado valor pelos especialistas da época durante longo tempo, portanto, não é possível determinar a época exata do aparecimento da primeira Lagoa de Estabilização; este processo de depuração das águas residuárias, originou-se da simples descarga acidental ou proposital em uma lagoa natural ou artificial. (1)

Nos Estados Unidos, lançou-se muitas águas residuárias em lagos, sem que se pensasse em uma melhoria do efluente, fato que foi posteriormente descoberto de ma



neira accidental. Pelo que se tem notícias, na cidade de Santo Antônio, no Texas, na primeira década deste século, em 1901, construiu-se uma lagoa com a finalidade de servir na irrigação, que recebeu a denominação de "Lago Mitchell" (2), talvez foi aí que se deram os primeiros passos para o uso devido de lagoas de estabilização.

Em 1911, a Califórnia começou a utilizar lagoas de estabilização, construindo uma no Condado de San Benedito, com a finalidade de tratar águas residuárias de estações de bombeamento de petróleo, de unidades geradoras de vapor e esgotos domésticos (3); ainda na Califórnia, em 1924, a cidade de Santa Rosa, através de seu Conselho representativo, com a intenção de evitar despesas muito elevadas com a construção de uma estação convencional de tratamento de águas residuárias, resolveu lançar seus esgotos sobre um leito natural de pedregulhos que funcionaria como um filtro natural, antes de ser lançado no Córrego Santa Rosa que na ocasião já era altamente poluído. Esse esgoto lançado sobre este leito de pedregulho, com pouco tempo entupiu seus poros, impedindo sua permeabilidade, formando assim uma lagoa de águas residuárias com aproximadamente 90 cm de profundidade, que para a cidade continuou tendo a mesma importância, pois o efluente da lagoa formada por esse entupimento, tinha qualidades semelhantes a de um filtro biológico. (4)

Em Dakota do Norte, também nos Estados Unidos, em 1928, entrou em funcionamento uma lagoa construída na cidade de Fesseden em caráter de emergência. Foi por aí



que ocorreram as primeiras pesquisas para obtenção de dados e com isso a primeira lagoa de estabilização projetada especificamente para receber e depurar esgoto bruto na cidade de Maddock, em 1948, construída baseada nas observações feitas nas lagoas acidentais, obtidas anteriormente.

A Austrália, nessa mesma época, desenvolveu vários estudos para efetuar o tratamento de esgotos em lagoas de estabilização, e foi a pioneira no emprego de lagoas em série, conhecidas até hoje como "Sistema Australiano". Os resultados de sua eficiência só foram publicados em 1950, por C.D. Parker e seus colaboradores. (5)

No Canadá, na cidade de Alberta, havia uma única instalação de lagoa de estabilização em 1947, crescendo para 114 sistemas até 1960 (6).

Em janeiro de 1943 foram colocadas em funcionamento as lagoas de estabilização de Camp. Hood e Camp. Barkley no Texas e Shoemaker Naval Station, na Califórnia, que tiveram seus resultados completos de operação, publicados em 1946; posteriormente novos sistemas foram construídos no Texas e nas Dakotas e vieram a fornecer resultados supreendentes.

A partir daí, como se pode notar, foi dado, por parte dos técnicos em Engenharia Sanitária uma maior atenção, sentindo o processo natural de tratamento, como solução altamente satisfatória para o destino das águas residuárias.

O número de instalações multiplicou-se em todo o mundo, tendo sido construídas lagoas de estabilização em grande quantidade, nas Américas do Norte, Central e do Sul, África, Ásia e Oceania.

Novas publicações surgiram em 1950, resultado do trabalho de grandes pesquisadores e, já em 1960, definiu-se um intercâmbio de informações e experiências entre o meio técnico dos países que aceitavam o uso de lagoas de estabilização. Entre eles estão: Estados Unidos, Canadá, Austrália, Nova Zelândia, Israel, África do Sul, Índia, Colômbia, Peru, Costa Rica e Brasil. (7)

Os Departamentos de Saúde Pública dos Estados de Dakota do Norte e Dakota do Sul, publicaram em 1957, um relatório em conjunto sobre a eficiência das lagoas de estabilização construídas nos dois Estados, relatando que a redução da concentração da DBO variou entre 74 a 98 % no período em que a superfície da lagoa estava descongelada, e entre 70 a 90% quando a mesma estava congelada.

A redução do número de bactérias existentes nas águas residuárias determinada pelo método NMP, foi sempre superior a 99% durante metade do tempo, e com exceção de determinados períodos de amostragem em duas lagoas, sempre foi superior ou igual a 95% durante todo o tempo. (3)

A notáveis engenheiros e cientistas, tais como: Ernest F. Gloyne, G.V.R. Marais, W.S.Oswald, H.B. Goetas, M.G. McGarry, M.B. Pascoal e David Duncan Mara, devemos a sistematização dos conhecimentos e fixação de critérios para projetos.

No Brasil, também surgiram lagoas naturais ao acaso, como o Dique da Fonte Nova, na Bahia, as lagoas do Parque Ibirapuera e a Represa Billings em São Paulo.

Baseado em critérios técnicos de dimensionamento, nosso país teve suas primeiras lagoas implantadas em 1960 na cidade de São José dos Campos, São Paulo, tidas como as pioneiras no uso da pesquisa de parâmetros para projetos (8), tendo apresentado resultados satisfatórios e serviram de estímulo ao crescimento do uso de lagoas por todo o país.

Em agosto de 1967, o governo federal criou o Fundo de Financiamento do Saneamento - FISANE, para apoiar financeiramente as obras de Saneamento Ambiental, melhorando esse sistema em setembro de 1968 com o surgimento do Sistema Financeiro de Saneamento-SFS e, finalmente em 1971 criou-se o Plano Nacional de Saneamento - PLANASA, pelo qual coube inteira responsabilidade aos Estados pela implantação, ampliação e operação dos serviços de abastecimento de água, coleta e destino final adequado das águas residuárias, visando o controle da poluição. Face a esta situação criada, tornou-se necessário pesquisar quais os processos mais econômicos a se utilizar nos vários projetos a serem implantados; dos resultados das pesquisas realizadas, surgiu como solução mais viável economicamente aos Estados mais pobres, o processo de tratamento de águas residuárias por Lagoas de Estabilização. Com um clima favorável ao processo e disponi



bilidade de terra a custo relativamente baixo, os Estados nordestinos aprovam o processo de lagoas de estabilização sempre que as condições de ordem econômica favoreçam esse processo. Um suporte financeiro mais eficiente foi criado através do Banco Nacional de Habitação - BNH e pelos Fundos de Águas e Esgotos Estaduais - FAES. (9)

Em 1975, com a finalidade de desenvolver pesquisas na área de saneamento ambiental, a Universidade Federal da Paraíba - UFPB realizou convênio com a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA, em que esta última cedia suas instalações da Estação Depuradora de Esgotos de Campina Grande-PB, construída em 1938, e que há muito tempo se encontrava fora de operação, para que a primeira as recuperasse utilizando-as em pesquisas sobre processos de tratamento de águas residuárias, criando-se assim a Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários - EXTRABES, como parte integrante do Núcleo de Treinamento e Pesquisas em Saneamento Ambiental - NUTREISAM da UFPB, entrando definitivamente em funcionamento em março de 1977, Anexo II.

A EXTRABES, surgiu com o objetivo principal de determinar a eficiência dos vários tipos de lagoas de estabilização e outros processos de tratamento de águas residuárias sob as condições climáticas e ambientais prevalentes na região Nordeste, possibilitando desta maneira a definição de parâmetros indispensáveis à execução de projetos técnicos, contribuindo dessa forma para o desenvolvimento da nossa tecnologia.

A eficiência, a simplicidade do processo, o reduzido custo de operação e as condições climáticas extremamente favoráveis, levaram o processo de depuração das águas residuárias por lagoas de estabilização a sua completa aceitação em nosso país.

QUADRO 1.1 - RELAÇÃO DAS LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO EM OPERAÇÃO, CONSTRUÇÃO E PROJETO EM ALGUNS ESTADOS BRASILEIROS, RESULTANTE DE CONSULTA REALIZADA EM OUTUBRO DE 1977 ÀS RESPECTIVAS COMPANHIAS DE ÁGUA E ESGOTO

ESTADOS	COMPANHIAS	NÚMERO DE LAGOAS		
		ANAERÓBIAS	FACULTATIV.	MATURAÇÃO
Amazonas	COSAMA	-	-	-
Pará	COSANPA	-	-	-
R.G.Norte	CAERN	-	02	-
Paraíba	CAGEPA	01	10	-
Ceará	CAGECE	-	01	-
Pernambuco	COMPESA	-	08	-
Rondônia	CAERD	-	-	-
Mato-Grosso	SANEMAT	-	02	-
Brasília(DF)	CAESB	04	04	-
Minas Gerais	COPASA	-	02	-
E. Santo	CESAN	07	04	01
S.Catarina	CASAN	06	07	02
R.G. do Sul	CORSAN	02	01	-

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
 Pró-Reitoria Para Assuntos do Interior  
 Coordenação Setorial de Pós-Graduação  
 Rua Aprígio Veloso, 882 - Tel (083) 321-7222-R 355  
 58.100 - Campina Grande - Paraíba



## 1.2 - DEFINIÇÃO E TIPOS

"Lagoa de Estabilização" é o termo empregado à técnica utilizada no uso de tratamento de águas residuárias, quer seja esgotos domésticos, industriais ou agrícolas que submetidos a um processo de degradação biológica, objetiva estabilizar o máximo possível a carga orgânica e reduzir o número de microorganismos nela existentes, sem que haja interferência no processo pelo homem.

Os tipos, sob o ponto de vista de tratamento, sabendo-se da importância dos diversos processos biológicos desenvolvidos no interior das lagoas, são (8) (10) (11):

### a - Lagoa Anaeróbia

Aquela em que predomina o processo de fermentação anaeróbia. Projetadas com a finalidade de aumentar a fermentação anaeróbia-metana, devem ter maior profundidade, tendo pequena área superficial em relação ao volume. Bactérias fotossintetizantes convertem o  $H_2S$  em elemento enxofre, evitando desta forma a proliferação de odores;

### b - Lagoa Facultativa

Aquela em que acontecem os processos de fermentação anaeróbia, oxidação aeróbia e redução fotossintética ao mesmo tempo. No fundo da lagoa, localiza-se a parte anaeróbia de desenvolvimento bêntico, sobreposta por uma

parte aeróbia de desenvolvimento biológico, próxima a superfície;

c - Lagoa de Maturação

Aquela utilizada como melhoramento do tratamento prévio por outras lagoas ou qualquer outro processo biológico. Tem a capacidade de reduzir bactérias, sólidos em suspensão, nutrientes, bem como razoável remoção de DBO.

d - Lagoa de Alta Taxa de Degradação

Aquela onde a oxidação e a fotossíntese aparecem equilibradas a ponto de produzir completa estabilização aeróbia, e se for desejado, poderão ser recuperadas parcialmente as algas produzidas no Sistema, como um sub-produto de elevado valor nutritivo, como fonte de proteínas e vitamina B<sub>12</sub>.



## CAPÍTULO II

### O PROCESSO DE ESTABILIZAÇÃO EM LAGOAS FACULTATIVAS

O conjunto de fenômenos que ocorrem em uma lagoa de estabilização, tem a complexidade que caracteriza o metabolismo dos seres vivos, e é a própria natureza que se encarrega das transformações necessárias, desde que não se lhe solicite, com cargas excessivas e que não seja ultrapassada sua ação depuradora. (12)

O processo de estabilização resulta do sistema formado pela digestão anaeróbia, oxidação aeróbia e fotossíntese que ocorrem simultaneamente, como podemos observar na Figura 2.1. (1)

Com a entrada do afluente na lagoa, parte dos sólidos em suspensão e coloidais sedimentam-se, e a decomposição dessa matéria orgânica em parte, é realizada na ausência de oxigênio dissolvido (decomposição anaeróbia). Como resultado obtêm-se resíduos inertes, sais minerais (fosfatos, nitratos), nutrientes orgânicos solúveis e gás carbô

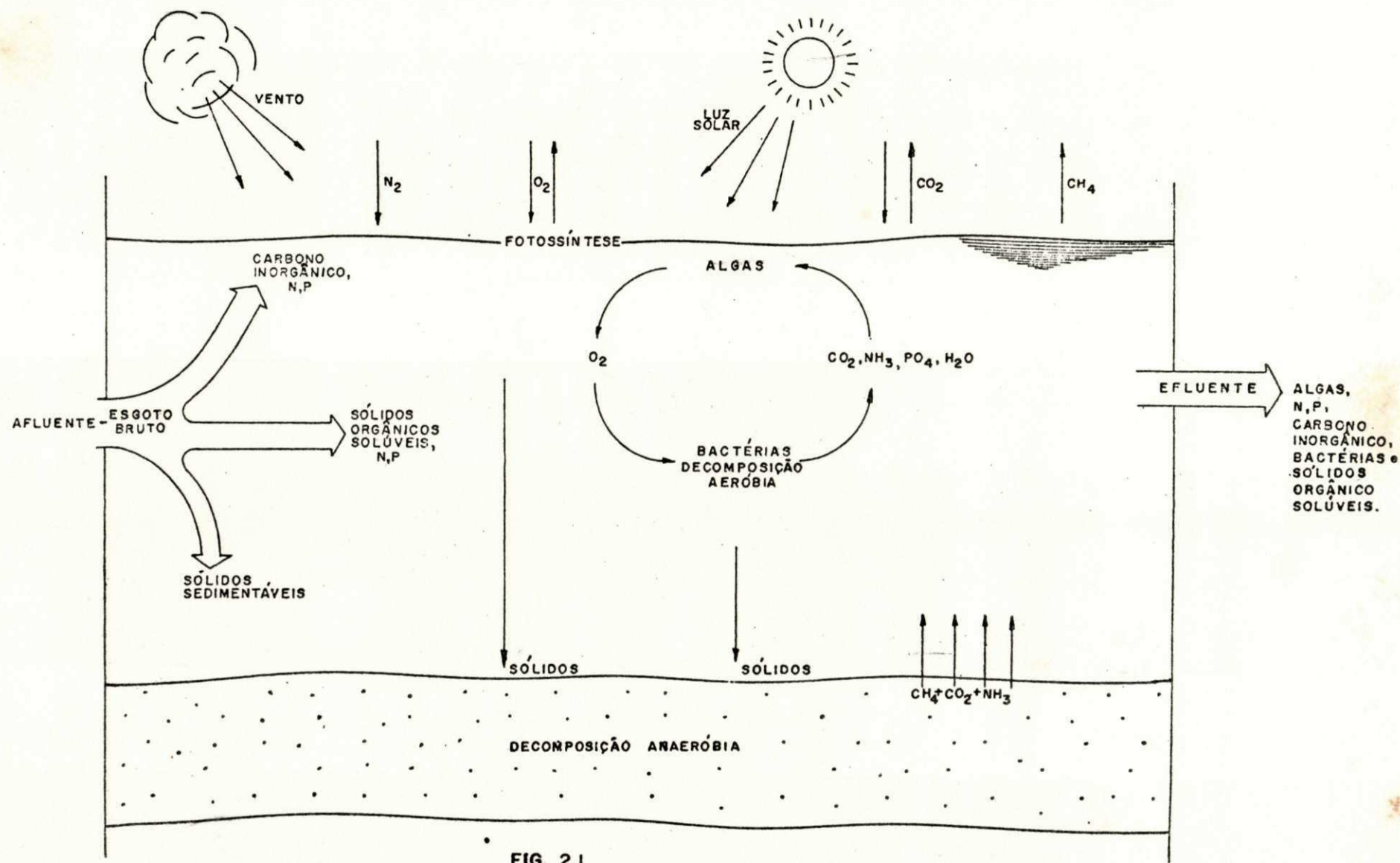
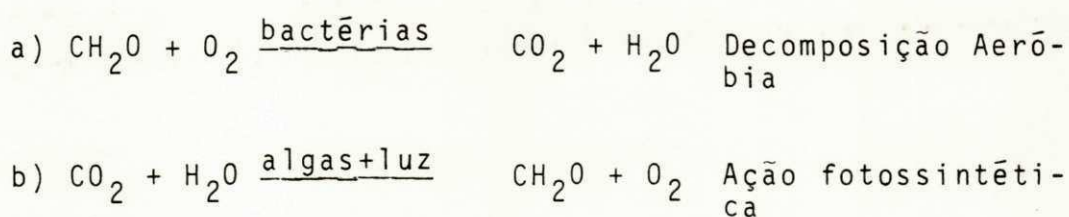


FIG. 2.1

Esquema do processo de estabilização numa lagoa facultativa. (Ref. 1)

nico que se misturam com a massa líquida onde são consumidos pelas algas (13). Sobrepondo-se a essa camada de fundo, temos a presença de oxigênio (decomposição aeróbia e fotossíntese), resultante do processo respiratório das algas, bactérias e outros microorganismos. Especificamente nessa região aeróbia, as bactérias oxidam os compostos de carbono e nitrogênio, entre outros, dos esgotos, fornecendo às algas nutrientes em forma de dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ , amônia  $\text{NH}_3$  e outros. Através da fotossíntese, que é o processo responsável pela produção de matéria orgânica a custo de energia luminosa, essas algas absorvem material necessário a sua sobrevivência e reprodução, liberando oxigênio  $\text{O}_2$ , o qual é utilizado pelas bactérias para a oxidação da matéria orgânica afluyente, completando-se assim, o ciclo. (12)

Através de fórmulas, pode-se expressar esquematicamente essas reações da seguinte maneira:



Podemos verificar nas reações acima, a existência de um verdadeiro equilíbrio de dupla troca. As bactérias fornecem gás carbônico às algas, e estas por sua vez, retribuem oferecendo oxigênio ( $\text{O}_2$ ) às bactérias. Como resultado, o efluente das lagoas é um líquido que ainda mantém certa quantidade de matéria orgânica, porém estável,



constituída principalmente de algas em suspensão, como veremos mais adiante na análise dos sólidos.

Face a essa abordagem verificar-se-á o conceito de Ludwig, Oswald, Gotaas, e Leynch, sobre o processo de estabilização. (14)

O tratamento efetuado por uma lagoa de estabilização é o resultado de uma complexa simbiose entre algas e bactérias. O principal trabalho é feito pelas bactérias aeróbias, que oxidam o carbono orgânico contido nos esgotos, em dióxido de carbono.

As algas, através da fotossíntese, convertem grande parte deste  $CO_2$  em material constituinte das suas células, de modo que o efluente das lagoas poderá conter tanto material orgânico quanto o do esgoto afluente. No entanto, enquanto os sólidos contidos no esgoto afluente são altamente putrecíveis e perigosos para a saúde pública, as algas em suspensão no efluente são grandemente estáveis e não têm significação patogênica.

Para que seja levado a efeito o que foi visto a respeito do processo de estabilização em lagoas facultativas, devemos considerar algumas influências externas que determinam e condicionam a operação de uma lagoa de estabilização que são (12) (15) (16):

a - Insolação

Como fator indispensável para a realização de processo de fotossíntese, a luz solar constitui-se no mais impor

tante elemento de influência externa nas lagoas de estabilização. A produção de algas é função direta da intensidade e penetração da luz do sol.

b - Temperatura

As temperaturas dos esgotos e do ambiente desempenham uma influência decisiva sobre o processo de estabilização das lagoas. Tanto as bactérias quanto as algas são afetadas em sua reprodução e manutenção pelas diferenças de temperatura, havendo, no entanto, uma grande amplitude entre mínimos e máximos, onde o trabalho das bactérias e algas não sofrem variações consideráveis. As bactérias aeróbias reproduzem-se entre temperaturas logo acima do ponto de congelamento indo até 50 °C. Estudos efetuados por diversos pesquisadores levaram a considerar como temperatura de ordem prática ideal a de 25 °C, para um maior desenvolvimento das bactérias aeróbias nas lagoas. Também as algas desenvolvem-se em diferentes graus de temperatura, entre as espécies mais comuns encontradas, algumas têm seu ponto mais alto de reprodução entre 20 e 30°C.

c - Ventos

O ar em movimento dá origem ao aparecimento de ondas nas superfícies das lagoas, que por sua vez, desenvolvem uma mistura de revolvimento da massa líquida, atuando como agente dispersor de algas e bactérias, além de transferir para a superfície, provocando correntes ascendentes,

formações de algas que recebem então efeitos mais diretos da luz solar, melhorando a ação fotossintética.

d - Precipitação e Evaporação

Neste aspecto devemos levar em consideração as ações opostas ao trabalho das lagoas de estabilização. A precipitação age positivamente como diluidor diminuindo a carga unitária de DBO, porém torna mais curto o tempo de detenção, o que pode determinar um decréscimo no grau de estabilização do efluente. Como se pode concluir pela própria terminologia, os índices de evaporação atuam de modo inverso.

Assim, como em outros processos de tratamento de esgotos, a eficiência das lagoas de estabilização é obtida principalmente em termos da redução da matéria orgânica nela contida, representada através de análise em laboratório pela Demanda Bioquímica de Oxigênio, DBO, e pela redução de coliformes, determinada pelo método NMP, Número Mais Provável.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
Pró-Reitoria Para Assuntos do Interior  
Coordenação Setorial de Pós-Graduação  
Rua Aprígio Veloso 832 Tel (083) 321 7222-R 355  
58.100 - Campina Grande - Paraíba

### CAPÍTULO III

#### EXPERIÊNCIA BRASILEIRA DE LAGOAS FACULTATIVAS

Apesar da existência de inúmeras lagoas facultativas no Brasil, conforme foi mostrado anteriormente no Quadro 1.1, a maioria delas funciona sem nenhuma monitoração que permita estudos posteriores.

No Brasil o que se fez até pouco tempo em termos de projetos, foi a adaptação de parâmetros, de outros países, utilizados em regiões de climas semelhantes ao nosso.

Mesmo considerando essa situação, alguns estudos já foram iniciados em algumas lagoas facultativas em diferentes regiões brasileiras.

Dentre essas lagoas destacam-se as de São José dos Campos em São Paulo e as do quartel de Regimento de Cavalaria de Guarda - RCG em Brasília - DF, que serão apresentadas aqui com algumas características e resultados de funcionamento.



A Lagoa Facultativa de São José dos Campos em São Paulo (8), foi uma das primeiras lagoas implantadas (1960), com o objetivo de determinar principalmente, parâmetros para projetos a serem realizados no Vale do Paraíba. Essa lagoa surgiu através de um convênio firmado entre o Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo, Serviço Especial de Saúde Pública e a Prefeitura Municipal.

### 3.1 - CARACTERÍSTICAS DA LAGOA FACULTATIVA DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

Essa lagoa, com uma área de 2,16 hectares, é precedida de uma lagoa anaeróbia com uma área de 0,72 hectares.

No início da operação de funcionamento, encheu-se essas lagoas com água de um ribeirão próximo as suas instalações, através de bombeamento. Essas lagoas tratavam os esgotos da parte alta da cidade, bem como os resíduos de uma tecelagem que se localiza nas proximidades. Dotada de um vertedor retangular de saída com uma soleira móvel, essa lagoa permitia a operação em vários níveis nas diferentes épocas do ano.

Durante o primeiro ano foi mantida uma altura constante, tendo a lâmina líquida permanecido próxima de 85 a 90 cm, já no segundo ano de observações, foram in-

trozidas algumas modificações tendo sido a lagoa facultativa operada a várias profundidades durante o período de outubro de 1962 a março de 1963.

QUADRO 3.1 - RESULTADOS OBTIDOS NA LAGOA FACULTATIVA NO PERÍODO DE OUTUBRO/62 A MARÇO/63

MÊS	PROFUNDI- DADE (cm)	VAZÃO MÉDIA (l/seg)	TEMP. MÉDIA (°C)	DBO MÉDIA (mg/l)		NMP COLIFORMES		REDUÇÕES (%)	
				AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE (x 10 <sup>6</sup> )	EFLUENTE (x 10 <sup>3</sup> )	DBO	NMP Coli- formes
OUT	85	18	24,4	236	36	14,7	782	84,7	94,7
NOV	85	20	29,2	239	40	12,6	571	83,3	95,5
JAN	105	21	29,0	165	29	9,4	331	82,4	96,5
MAR	125	15	27,2	156	36	7,2	470	76,9	93,5

OBS: Houve funcionamento contínuo no bombeamento de esgotos no período de outubro/62 a março/63.

(Ref. 8)

O Quadro 3.1 mostra que na profundidade de 85 cm os resultados foram melhores do que na profundidade de 125 cm. De acordo com dados obtidos em outros países, maiores reduções no verão com profundidades maiores explicam-se pela elevação de temperatura que favorece as reações químicas e biológicas e, pela maior intensidade luminosa que permite a penetração da luz em maiores profundidades.

Problemas locais diversos impediram que variações de níveis fossem efetuadas durante o período de inverno. Tais experiências deveriam confirmar a necessidade de redução da altura da lâmina líquida nesse período, para que os rendimentos alcançados pudessem ser mantidos.

A infiltração nas lagoas que no início chegou a 71% da vazão afluente, sofreu um decréscimo progressivo chegando até a 15% dessa mesma vazão, a qual medida através de uma Calha Parshall instalada na entrada das lagoas apresentou um valor médio de 19  $\ell/s$ .

Quanto aos tipos de algas encontradas nas lagoas, houve mudanças significativas. No início, antes do lançamento de esgotos, predominavam os tipos: Spirogyra, Desmedium e Synedra, que deram lugar, após o lançamento, a: Chlorella, Scenedenus, Pyrobothrys e Chlorococcum. A partir de princípio de abril, começou a predominância das Anacystis que dominaram na lagoa até os últimos meses de 1961.

Sem dúvida, este foi o primeiro passo que se deu no Brasil em termos de pesquisas sobre esse tipo de



tratamento de águas residuárias que são as Lagoas de Estabilização.

3.2 - LAGOA FACULTATIVA DO REGIMENTO DE CAVALARIA DE  
GUARDAS - RCG, BRASÍLIA - D.F. (17)

As condições climáticas de Brasília bastante diferente das demais cidades brasileiras fez com que um grande interesse fosse despertado no início da operação das lagoas do RCG pela Companhia de Água e Esgotos de Brasília - CAESB, com a finalidade de conhecer melhor seu funcionamento a fim de melhorar as condições dos novos projetos que deverão surgir na região.

A Lagoa Facultativa do RCG também é precedida de uma lagoa anaeróbia de área igual a 0,48 hectares.

Com algumas características próprias, a lagoa facultativa se apresenta em forma retangular com capacidade de depuração igual a 90 kg de DBO/ha.dia, a profundidade da lâmina líquida é de 100 cm, possui 1,50 hectare de área e o seu tempo de detenção é de 27 dias.

No período de maio/69 a abril/70 foram efetuadas as seguintes análises com as respectivas médias das médias mensais que estão representadas no Quadro 3.2.

QUADRO 3.2 - MÉDIAS DAS MÉDIAS MENSAIS OBTIDAS DA LAGOA FA -  
CULTATIVA NO PERÍODO DE MAIO/69 A ABRIL/70.

ANÁLISES	AFLUENTE	EFLUENTE	REDUÇÕES (%)
pH	6,89	7,61	- 10,45
Alcalinidade Total (mg/l em termos de CaCO <sub>3</sub> )	94,83	54,50	42,53
Sólidos totais (mg/l)	263,0	275,0	- 4,56
Sólidos em Suspensão (mg/l)	110,0	130,0	- 18,18
Sólidos Dissolvidos (mg/l)	148,0	143,0	3,38
DBO (mg/l)	163,0	46,0	71,78
Oxigênio Dissolvido (mg/l) (manhã)	-	6,04	-
Oxigênio Dissolvido (mg/l) (tarde)	-	15,30	-
NMP/100 ml (coliformes)	$8,5 \times 10^6$	$2,2 \times 10^5$	97,41

OBS: As amostras foram coletadas na parte da manhã.  
(Ref. 17)

A média da vazão, que esteve nesse período em torno de 6 l/s, foi feita com a utilização de um medidor Parshall, metálico, com estrangulamento de 3 polegadas instalado antes da célula anaeróbia.

No que se diz respeito às algas, foram encontradas principalmente os seguintes gêneros: *Chlorella*, *Euglena*, *Chlorococcium*, *Micractinium*, *Ankistrodesmus* e *Scenedesmus*, com predominância do gênero *Chlorella*.

## CAPÍTULO IV

### MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE LAGOAS FACULTATIVAS

A cinética de depuração nas lagoas facultativas tem sido descrita por muitos pesquisadores e servido de base para o estabelecimento de critérios de dimensionamento desse tipo de lagoa.

Em princípio, o dimensionamento racional de lagoas facultativas baseia-se na suposição de que o reator funciona com a carga completamente dispersa, no qual a remoção da  $DBO_5$  se processa segundo a cinética de primeira ordem; matematicamente este tipo de reação é expressado por:

$$\frac{dL}{dt} = - K_1 L \quad 4.1$$

onde:  $dL/dt$  = velocidade ou taxa de oxidação da matéria orgânica.

$K_1$  = constante de degradação de primeira ordem da remoção da  $DBO_5$ ,  $d^{-1}$ .



$L$  = DBO retida no sistema, no tempo  $t$ .

O sinal negativo no segundo membro da equação 4.1 indica o decréscimo do valor de  $L$  com o tempo.

Integrando-se a equação 4.1 obtêm-se:

$$L = L_0 \cdot e^{-K_1 t} \quad 4.2$$

ou

$$L = L_0 \cdot 10^{-(K_1/2,3) \cdot t} \quad 4.3$$

onde:  $L_0$  = DBO afluente é o valor de  $L$  no tempo  $t = 0$ .

A quantidade de DBO removida mais a quantidade da DBO retida no sistema a qualquer tempo será igual a  $DBO_T$ , DBO Total, logo:

$$L_0 = Y + L \quad 4.4$$

onde:  $Y$  = DBO removida no tempo  $t$ , daí podemos obter:

$$Y = L_0 - L \quad 4.5$$

Substituindo a equação 4.2 em 4.5, obtêm-se:

$$Y = L_0 (1 - e^{-K_1 t}) \quad 4.6$$



Considerando o equilíbrio de massa da DBO, através de um reator biológico operando continuamente, a quantidade de matéria orgânica que entra no reator por dia é igual a quantidade de matéria orgânica que sai do reator no mesmo período mais a removida pela bio-oxidação.

Se  $Q$  é a vazão em  $m^3/\text{dia}$ ,  $V$  é o volume em  $m^3$  e  $L_i$  e  $L_e$  a DBO afluente e efluente em  $\text{mg/l}$ , têm-se que:

$$L_i Q = L_e Q + K_1 L_e V \quad 4.7$$

logo:

$$\frac{L_e}{L_i} = \frac{1}{1 + K_1 (V/Q)} \quad 4.8$$

A relação  $V/Q$  é o tempo de detenção hidráulico médio  $t^*$ , portanto a equação 4.8 pode ser escrita como:

$$\frac{L_e}{L_i} = \frac{1}{1 + K_1 t^*} \quad \therefore \quad 4.9$$

$$t^* = \frac{1}{K_1} \left( \frac{L_i}{L_e} - 1 \right) \quad 4.10$$

A área requerida, a meia profundidade, pelo processo de tratamento é calculada por:

$$A = \frac{Qt^*}{D} \quad 4.11$$

onde: D = profundidade da lagoa, m

Q = vazão, m<sup>3</sup>/dia

t\* = tempo de detenção, dia

substituindo-se o valor de t\* na equação 4.11, tem-se:

$$A = \frac{Q}{DK_1} \left( \frac{L_i}{L_e} - 1 \right) \quad 4.12$$

A constante de degradação,  $K_1$ , é uma medida grosseira da atividade bacteriana e seus valores apresentam uma grande dependência com relação à temperatura. A variação dos valores de  $K_1$  com a temperatura é descrita pela equação de Arrhenius da fórmula (18):

$$K_T = K_{20} \theta^{T-20} \quad 4.13$$

onde:  $K_T$  e  $K_{20}$  são valores de  $K_1$  a T °C e 20 °C respectivamente e  $\theta$  é a constante de Arrhenius, cujo valor é normalmente tomado no caso de Lagoas de Estabilização, entre 1,05 a 1,09. O valor de  $\theta$  em si mesmo, depende da temperatura, diminuindo com o aumento desta.

Pesquisas desenvolvidas na África do Sul (19) (20), sugerem a possibilidade de manter a lagoa predominantemente aeróbia ao invés de anaeróbia,  $L_e$  situando-se entre 50 a 70 mg/l para lagoas com profundidade entre 1 a 1,5 metro, o valor de  $K_1$  é de aproximadamente 0,3 d<sup>-1</sup> a 20°C e a sua variação com a temperatura será similar à equação 4.13 (21).

$$K_1(T) = 0,3 (1,05)^{T-20}$$

4.14

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
 Pró-Reitoria Para Assuntos do Interior  
 Coordenação Setorial de Pós-Graduação  
 Rua Aprígio Veloso, 832 - Tel. (083) 321-7222-R 355  
 58.100 - Campina Grande - Paraíba

Substituindo-se a equação 4.14 em 4.12 e atribuindo o valor de 60 mg/l para  $L_e$ , tem-se que:

$$A = \frac{Q.(L_i - 60)}{18.D.(1,05)^{T-20}}$$

UFCG

4.15

Para maior segurança do processo de biodegradação do sistema, a temperatura,  $T$ , a ser adotada será a temperatura medida no mês mais frio.

O dimensionamento das lagoas de estabilização é realizado em parte com base em métodos racionais e em parte empiricamente. Para as lagoas facultativas a profundidade comumente utilizada está entre 1 a 1,5 metro.

#### 4.1 - MÉTODO EMPÍRICO

O método empírico no dimensionamento das lagoas facultativas é baseado na simples aplicação de parâmetros já utilizados e de comprovada eficiência, a partir dos quais a lagoa é dimensionada diretamente.

A taxa de aplicação de carga orgânica por área por dia e a profundidade, são os principais parâmetros utilizados. Os Quadros 4.1 e 4.2 mostram esses parâmetros sugeridos por Gloyna (7).



QUADRO 4.1 - TAXAS DE CARGA ORGÂNICA E TEMPOS DE DETENÇÃO APLICADAS EM LAGOAS FACULTATIVAS

CARGA ORGÂNICA (Kg DBO <sub>5</sub> /ha.d)	TEMPO DE DETENÇÃO (DIAS)	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS
< 10	> 200	Muito frio, com cobertas de gelo temporariamente, temperatura da água uniformemente baixa e variável cobertura de nuvens.
10-50	100-200	Temporariamente frio, com coberturas de gelo ocasionais e verão temperado, por curta duração.
50-150	33-100	Temperado a semi-tropicais, coberturas de gelo ocasionais, sem cobertura de nuvens prolongadas.
150-350	17- 33	Tropical uniformemente distribuído, calor e temperatura, sem cobertura de nuvens.

OBS: 1 - O valor padrão da DBO é 5 dias

2 - Tempo de detenção baseado em vazão de 100 l/hab.dia de esgoto  
(Ref. 7)

QUADRO 4.2 - PROFUNDIDADES RECOMENDADAS PARA LAGOAS FACULTATIVAS

PROFUNDIDADE (m)	QUALIDADE DE ESGOTO	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS
1,0	Esgoto pré-tratado	Temperatura quente e uniforme
1,0 - 1,5	Esgoto sem pré-tratamento	Temperatura quente e uniforme
1,5 - 2,0	Esgoto contendo sólidos sedimentáveis	Temperatura variada, moderada ocasionais

(Ref. 7)



4.2 - MÉTODO DE OSWALD

Em função da energia luminosa e calorífica do sol, Oswald (10) desenvolveu, baseado em estudos efetuados com Gottaas (15), uma fórmula em que pode ser calculada a carga orgânica,  $L_0$ , de uma lagoa em função de fatores, direta ou indiretamente relacionados com a eficiência fotossintética,  $F$ , e a energia solar visível,  $S$ , em Langleys / dia em determinada latitude e determinado mês e que assim se expressa:

$$L_0 = 0,28.F.S. \quad 4.16$$

A eficiência fotossintética,  $F$ , vem a ser a fração de energia luminosa visível que é convertida em células de algas, sendo função de um fator  $F_1$ , correspondente à carga, DBO, aplicada; de um fator  $F_2$ , correspondente ao tempo que o sol permanece no horizonte; e de um fator  $F_3$ , função da temperatura média, de modo que:

$$F = \frac{F_1 + F_2}{2} \times F_3 \quad 4.17$$

Na Figura 4.1 e no Quadro 4.3 obtêm-se a porcentagem em que o sol permanece no horizonte e a energia solar visível ao mês e à latitude do lugar a que se desejar, e no Quadro 4.4 tem-se os valores de  $F_1$ ,  $F_2$  e  $F_3$ .

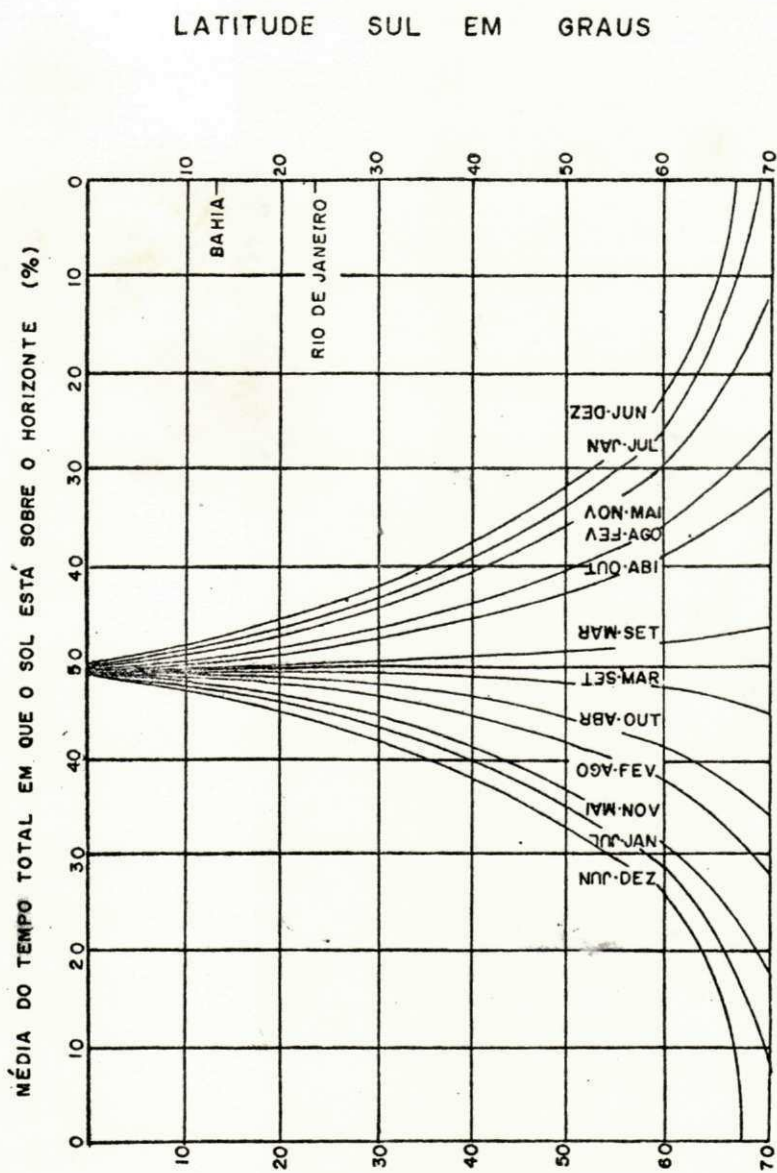


FIG. 4.1

QUADRO 4.3 - VALORES PROVÁVEIS DA ENERGIA SOLAR VISÍVEL EM FUNÇÃO DE LATITUDE E MÊS INCIDINDO SOBRE UMA SUPERFÍCIE HORIZONTAL AO NÍVEL DO MAR

LATITUDE - SUL		M E S E S											
GRÁU	LIMITES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
0	M̄x.	228	246	266	268	260	263	265	274	276	268	246	228
	M̄n.	131	161	205	205	206	203	218	225	212	190	180	100
5	M̄x.	242	252	266	260	248	250	250	262	275	271	257	242
	M̄n.	142	166	201	196	194	187	205	209	205	188	186	113
10	M̄x.	252	258	263	250	232	234	232	251	269	274	267	254
	M̄n.	152	171	194	183	179	168	186	190	197	185	190	125
15	M̄x.	264	262	257	239	214	213	212	237	261	175	271	266
	M̄n.	159	171	185	169	161	148	165	168	168	181	192	136
20	M̄x.	270	264	249	226	194	189	190	220	251	274	281	276
	M̄n.	165	172	174	152	141	125	139	144	171	172	192	143
25	M̄x.	276	264	240	210	175	162	166	202	239	270	286	282
	M̄n.	170	168	161	134	116	100	107	123	156	164	188	151
30	M̄x.	278	263	228	194	151	131	142	181	222	264	287	287
	M̄n.	171	161	145	114	92	73	79	99	137	153	182	158
35	M̄x.	277	258	216	176	125	99	112	160	204	254	286	289
	M̄n.	171	152	128	93	65	45	48	76	117	140	172	164

S em cal por cm<sup>2</sup> por dia - ou langley's por dia  
 S médio 1 S m̄x. + P (S m̄x. - S m̄n.)

$$P = \frac{\text{Total de horas de insolação}}{\text{Total possível de horas de insolação}}$$

Correção de altitude (atê (3.000 m):  $S_{alt} = S(1 + 0,00925 \times \text{altitude})$   
 (Ref. 12)

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
 P.O. - Rectoria Para Assuntos do Interior  
 Coordenação Setorial de Pós-Graduação  
 Rua Aprígio Veloso, 882 Tel (083) 321-7222-R 355  
 58.100 - Campina Grande - Paraíba



QUADRO 4.4 - PARÂMETRO PARA CÁLCULO DA EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA

$$F = \frac{F_1 + F_2}{2} \times F_3$$

ILUMINAÇÃO DIURNA		DBO APLICADA		TEMPERATURA	
%	F <sub>2</sub>	mg/L	F <sub>1</sub>	°C	F <sub>2</sub>
30	-	10	0.2	4	0.01
33	-	25	0.5	6	0.02
36	-	50	1.2	8	0.23
39	4.8	75	2.1	10	0.49
42	4.5	100	2.6	12	0.70
45	4.1	125	3.1	14	0.82
48	3.9	150	3.6	16	0.91
51	3.7	175	4.0	18	0.96
54	3.5	200	4.3	20	1.00
57	3.4	250	4.8	22	0.99
60	3.3	300	5.1	24	0.96
66	3.1	350	5.3	26	0.92
72	3.0	400	5.4	28	0.87
78	3.0	500	5.0	32	0.73

(Ref. 12)



#### 4.3 - MÉTODO EMPÍRICO DE MCGARRY E PESCOD

McGarry e Pescod, baseados em dados operacionais de lagoas facultativas existentes em todas as partes do mundo, mostraram que a máxima carga superficial de  $DBO_5$  que poderia ser aplicada a uma lagoa facultativa antes de se tornar completamente anaeróbia, estava relacionada com a temperatura média mensal do ar ambiente (22), logo:

$$\lambda_S = 11,2 (1,054)^T \quad 4.18$$

onde:  $\lambda_S$  = máxima carga superficial de  $DBO_5$ , kg/ha.dia.

T = temperatura,  $^{\circ}F$

Porém, as lagoas não são normalmente projetadas para operarem próximas ao ponto limite de equilíbrio. Para fins de projetos a introdução de um fator de segurança torna-se necessário; por exemplo, a equação 4.18 pode ser modificada para (23):

$$\lambda_S = 7,5 (1,054)^T \quad 4.19$$

onde:  $\lambda_S$  = carga de projeto, kg/ha.dia.

T = temperatura,  $^{\circ}F$

Uma equação alternativa de projeto para  $\lambda_S$  é a relação representada por (18):

$$\lambda_S = 20T - 120 \quad 4.20$$

onde: T é em °C

Se ao calcular  $\lambda_S$  verificar-se que o resultado é igual ou maior do que o do projeto tem-se assegurada uma lagoa facultativa.

A equação para dimensionar a área, A, é obtida da equação:

$$\lambda_S = 10 L_i \cdot Q/A \quad 4.21$$

$$A = \frac{10 L_i Q}{\lambda_S} \quad 4.22$$

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
Pró-Reitoria Para Assuntos do Interior  
Coordenação Setorial de Pós-Graduação  
Rua Aprígio Veloso, 832 - Tel (083) 321-7222-R 355  
58 100 - Campina Grande Paraíba

substituindo a equação 4.20 em 4.22, tem-se:

$$A = \frac{L_i Q}{2 T - 12} \quad 4.23$$

O grau de remoção da  $DBO_5$  nas lagoas facultativas em relação à carga de  $DBO_5$  aplicada às mesmas foi definido por:

$$\lambda_r = 0,725 \lambda_S + 10,75 \quad 4.24$$

onde:  $\lambda_r$  =  $DBO$  removida, kg/ha.dia

Da equação 4.21 obtém-se que o grau de remoção da  $DBO_5$ , será:

$$\lambda_r = 10 (L_i - L_e) Q/A \quad 4.25$$

onde:  $L_i$  = DBO afluente, mg/l

$L_e$  = DBO efluente, mg/l

$Q$  = vazão, m<sup>3</sup>/dia

$A$  = área, m<sup>2</sup>

#### 4.4 - MÉTODO DE GLOYNA

Hermann e Gloyna (24) pesquisando no Texas, U.S.A, determinaram que a temperatura ótima de operação de uma lagoa era de 35 °C e que o tempo de detenção necessário,  $t_T^*$ , a qualquer temperatura  $T$  para uma remoção de 80 a 90% da DBO de uma água residuária típica dos U.S.A. ,  $DBO_5 = 200$  mg/l, mostrou estar relacionado ao tempo de detenção necessário à temperatura de 35 °C, pela seguinte equação de Arrhenius:

$$t_T^* = t_{35}^* \theta^{35-T} \quad 4.26$$

de modo que a área,  $A$ , a meia profundidade é dada por:

$$A = \frac{Q t_T^*}{D} \quad 4.27$$

onde:  $Q$  = vazão, m<sup>3</sup>/dia

$D$  = profundidade, m

Logo substituindo o valor  $t_T^*$  da equação 4.27 pela equação 4.26, obtêm-se:

$$A = t_{35}^* \cdot \theta^{35-T} \cdot (Q/D) \quad 4.28$$

Para águas residuárias com  $DBO_5$ ,  $L_i$ , diferente de 200 mg/l introduz-se a relação  $L_i/200$  que adotada na equação 4.28, tem-se:

$$A = t_{35}^* \cdot \theta^{35-T} \cdot (Q/D) \cdot (L_i/200) \quad 4.29$$

Para uso prático dessas equações é necessário conhecer os valores de  $t_{35}^*$  e  $\theta$ . Os seguintes valores tem sido usados ou mencionados.

- Para  $t_{35}^*$  : 3,5 dias - Hermann e Gloyna (24)  
               7,5 dias - Marais (25)  
               7,0 dias - Huang e Gloyna (26); Gloyna (27)
- Para  $\theta$  : 1,072 - Hermann e Gloyna (24)  
           1,085 - Marais (25); Gloyna (27)

#### 4.5 - MÉTODO DAS CARGAS SUPERFICIAIS

O método das cargas superficiais, totalmente ou em parte baseado na carga superficial diária de  $DBO_5$ , é muito usado por engenheiros projetistas. O método



mais simples é puramente empírico no qual a área a meia profundidade é calculada pela equação 4.2.

$$A = \frac{10 QL_i}{\lambda_S} \quad 4.30$$

onde:  $\lambda_S$  = carga superficial de  $DBO_5$  do projeto, kg/ha.dia

O valor de  $\lambda_S$  é escolhido com base em experiência da execução de lagoas existentes na região, para onde a mesma será projetada ou com base em outras situadas em regiões de clima similar. Por exemplo, as primeiras lagoas construídas no Kenya foram projetadas com base em experiências adquiridas na África do Sul com adoção de  $\lambda_S = 225$  kg/ha.dia (28). Contudo, mais frequentemente os valores de projetos de  $\lambda_S$  são estipulados por uma agência normativa. Por exemplo, a maioria dos Estados dos Estados Unidos da América tem critérios de projetos baseados na carga orgânica e tempo de detenção mínimo (29).

A simplicidade deste método empírico o tem recomendado muito, sempre que as condições favoreçam a existência suficiente de dados de campo necessários à confiabilidade na determinação do valor apropriado de  $\lambda_S$  para o projeto. Em regiões com pouca ou nenhuma experiência em lagoas de estabilização, o método mais aplicado é o de McGarry e Pescod.

#### 4.6 - MÉTODO DE MARAIS E SHAW

O método de Marais e Shaw baseia-se na cinética de primeira ordem e na suposição de completa mistura na lagoa (19). Difere do método apresentado no início do capítulo no que se refere a equação empírica utilizada, baseada em dados de campo da África do Sul e Sul dos Estados Unidos da América, para relacionar a  $DBO_5$  máxima da lagoa consistente com a manutenção de condições predominantemente aeróbias e com a profundidade.

$$L_e = \frac{N}{2D + 8} \quad 4.31$$

onde: N = constante

D = profundidade, m.

Os dados originais de campo indicaram que  $N = 1000$ , mas para efeitos de projetos esse valor foi reduzido para:

750 - Marais e Shaw (19)

700 - Marais (30)

600 - Meiring e outros (20)

A equação 4.31 mostra que a variação de  $L_e$  com a profundidade é muito pequena, pelo menos na faixa normal de profundidade, ou seja, 1 a 1,5 metro para quaisquer dos valores de N escolhido, Tabela 4.1.

Essa equação realmente mostra que  $L_e$  é mais apropriadamente considerada independente de  $D$  por  $1 < D < 1,5$  e os projetistas poderão muito bem escolher um valor para  $L_e$  diretamente, ao invés de indiretamente, através de alguma escolha de valor para  $N$  (23).

TABELA 4.1 - VALORES DE  $L_e$  PARA VÁRIAS PROFUNDIDADES DA LAGOA

PROFUNDIDADE (D) M	$L_e$ (mg/l)			
	N = 1000	N = 750	N = 700	N = 600
1,0	100	75	70	60
1,1	98	74	69	59
1,2	96	72	67	58
1,3	94	71	66	57
1,4	93	69	65	56
1,5	91	68	64	55

#### 4.7 - REDUÇÃO BACTERIANA

A redução de bactérias em uma lagoa facultativa, foi estabelecida seguindo a cinética de primeira ordem. A versão apropriada da equação 4.9 é:

$$N_e = \frac{N_i}{1 + K_b t^*} \quad 4.32$$

onde:  $N_e$  = Número de S.F ou C.F/100 ml do efluente

$N_i$  = Número de S.F ou C.F/100 ml do afluente

$K_b$  = Constante de degradação de primeira ordem para remoção de S.F ou C.F,  $d^{-1}$

$t^*$  = tempo de detenção, dias.

Por ser o valor de  $K_b$  extremamente sensível à variação da temperatura, este pode ser calculado pela seguinte equação (31):

$$K_{b(T)} = 2,6 (1,19)^{T-20} \quad 4.33$$

onde:  $K_{b(T)}$  = o valor de  $K_b$  a T °C

Um valor razoável de  $N_i$  para projeto é  $N_i = 4 \times 10^7$  C.F/100 ml, isto é, pouco maior do que os valores médios normalmente encontrados na prática.

Embora os coliformes fecais, C.F, sejam comumente utilizados para indicar a remoção de organismos fecais em um sistema de lagoas, existem evidências de que algumas bactérias patogênicas não morrem tão rapidamente como os coliformes fecais; por exemplo: determinou-se que uma *Salmonella* tem um  $K_b = 0,8 d^{-1}$ , na mesma lagoa os coliformes fecais tiveram  $K_b = 2,0 d^{-1}$  (18).



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
F-6-Delegacia Para Assuntos do Interior  
Coordenação Setorial de Pós-Graduação  
Rua Aprígio Veloso 832 - Tel (083) 321-7222-R 355  
58.100 - Campina Grande - Paraíba

## CAPÍTULO V

### MÉTODOS E MATERIAIS UTILIZADOS NA PESQUISA

#### 5.1 - O SISTEMA DE LAGOAS

Foram construídas, para o desenvolvimento desta pesquisa, quatro lagoas-piloto em alvenaria de tijolos e revestidas com argamassa de cimento e areia, dimensionadas para as condições de Lagoa Facultativa. Daqui por diante, essas lagoas serão designadas pela denominação de  $F_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$  e  $F_5$  conforme consta na planta de localização das Figuras 5.1 e 5.2 da Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários - EXTRABES.

As águas residuárias domésticas, que alimentam as lagoas, são captadas diretamente do emissário da rede coletora da cidade de Campina Grande-PB, que através de recalque por uma bomba centrífuga de eixo vertical, submersa, com motor emerso de 1 C.V. - 1750 RPM, leva essas

águas residuárias até uma caixa de nível constante, próxima às lagoas, distante 25 metros do emissário.

Dessa caixa de nível constante quatro bombas peristálticas, de vazão ajustável, retiram as águas residuárias necessárias para as lagoas que funcionam independentemente com cargas de 300, 300, 400 e 200 kg DBO/ha.dia, respectivamente.

O efluente das lagoas junta-se ao esgoto extravasado da caixa de nível constante e é lançado novamente no emissário a jusante do ponto de captação. As bombas peristálticas de vazão ajustável, citadas, são de fabricação inglesa, marca "Watson-Marlow Limited", modelo H.R.S.V., com motor trifásico de 1/4 de HP. Este tipo de bomba admite variar a vazão desde 22 l/h até 1.364 l/h, com uma precisão superior a 99%, de acordo com o diâmetro da mangueira de neoprene, a se instalar, que varia de 1/8 de polegada a uma polegada. Nesta pesquisa foram utilizadas mangueiras de uma polegada que permitem uma vazão máxima de 1.364 l/h com valores intermediários controlados por um variador numérico que possibilita definir inúmeras posições.

As lagoas-piloto têm dimensões, profundidades, volumes, vazões de calibragem das bombas e tempos de detenção, conforme consta no Quadro 5.1.

QUADRO 5.1 - DADOS REFERENCIAIS DAS LAGOAS-PILOTO

LAGOA	DIMENSÃO (M)	PROFUNDI- DADE (M)	VOLUME (M <sup>3</sup> )	VAZÃO (M <sup>3</sup> /D)	TEMPO DE DETENÇÃO (DIA)
F <sub>2</sub>	25,70x7,50	1,25	241	20,51	11,75
F <sub>3</sub>	26,40x7,40	1,25	244	20,08	12,16
F <sub>4</sub>	25,70x7,40	1,25	238	24,51	9,70
F <sub>5</sub>	25,70x7,30	1,25	235	12,65	18,57

Testes de controle de vazão foram realiza-  
dos regularmente durante todo o período da pesquisa de 15 em 15  
dias apresentando uma variação inferior a 2%.

Na fase inicial da pesquisa encheu-se as  
lagoas com água limpa através de uma tubulação da rede dis-  
tribuidora da cidade e em seguida lançou-se as águas resi-  
duárias.

Os dispositivos de entrada das águas resi-  
duárias, nas lagoas, foram instalados a meia distância da  
largura chegando a altura de 1,10 m com um cotovelo de 90º  
e um prolongamento do tubo que lança essas águas a 0,40m do  
fundo.

A Figura 5.3 mostra o dispositivo de saí-  
da do efluente da lagoa.



## 5.2 - COLETA DE AMOSTRAS

Para melhor estudo e conseqüentemente melhores resultados de pesquisa, as coletas de amostras foram divididas em dois tipos, a saber:

- a) Coletas de rotina; e
- b) Coletas especiais.

As "coletas de rotina" das amostras foram procedidas para:

- a) Análises físico-químicas, e
- b) Determinações bacteriológicas.

Os procedimentos de rotina para coleta e distribuição dessas duas amostras estão descritas a seguir.

Para as análises físico-químicas procedeu-se do seguinte modo: as amostras foram coletadas diariamente, às 08:00, em baldes plásticos com capacidade de aproximadamente 3 litros de amostras de:

- a) água residuária bruta na caixa de nível constante; e
- b) efluente das lagoas facultativas.

Imediatamente após a coleta dessas amostras verificou-se as suas temperaturas com termômetros a álcool rigorosamente calibrados por um Tele-termômetro YSI



modelo 47. Os baldes com as amostras coletadas foram levados ao laboratório e deles foram retirados: o volume suficiente para a determinação de pH e 300 ml para compor a amostra semanal a ser analisada após a sua composição; essa composição, formada de 7 partes iguais representativas de 7 dias consecutivos foi colocada no refrigerador e condicionada a -4 °C.

Para que fosse mantida a uniformidade da amostra e não houvesse nenhuma alteração, tanto o volume para compor a amostra semanal quanto o para determinação de pH, foi retirado por sifonamento sob leve agitação para que se mantivesse a amostra homogenizada.

Também por sifonamento, sob leve agitação, foram retiradas, duas vezes por semana, segundas e sextas-feiras, até janeiro/78, continuando após essa data apenas com as das segundas-feiras, além das amostras descritas acima, volumes suficientes para as análises e determinações de pH, DBO, DQO, Nitrogênio Amoniacal, Nitrato, Fósforo Total, Fosfato Solúvel, Cloreto, Alcalinidade Total, Condutividade a 25 °C, Sólidos Totais, Totais Voláteis e Fixos, Filtráveis, Não Filtráveis e os Sedimentáveis que eram despejados diretamente nos Cones de Imhoff.

Foi feita correção no pH sempre que o mesmo apresentou-se superior a 7 e, medida a concentração de oxigênio dissolvido nas amostras para determinação da DBO.

Para as determinações bacteriológicas as amostras foram coletadas de:

- a) água residuária bruta na caixa de nível constante; e
- b) efluente das lagoas facultativas.

Essas amostras foram coletadas duas vezes por semana, em vidros especiais, esterilizados, lendo-se devidamente as temperaturas no momento da coleta.

As coletas especiais foram procedidas para a realização de perfis de pH.

### 5.3 - DETERMINAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS

#### 5.3.1 - TEMPERATURAS

As temperaturas das amostras coletadas foram medidas com a utilização de termômetros à álcool, rigorosamente calibradas por um Tele-termômetro YSI modelo 47.

As temperaturas diárias, máximas e mínimas da massa líquida das lagoas, foram lidas com termômetros de máxima e mínima, marca "ARBA".

Esses termômetros foram submersos no centro de cada lagoa a meia profundidade e lidos regularmente de 24 em 24 horas, zerando os mesmos através de um dispositivo próprio do termômetro.

Os levantamentos de perfis de temperatura das lagoas foram realizados com um Tele-termômetro automático, Scanning Telethermometer marca "Yellow Springs Instruments CO", U.S.A., modelo 47, que pode ser visto na Figura 5.4.

Para o uso desse Tele-termômetro automático foram instalados 11 sensores fixados a uma haste de alumínio. Essa haste, introduzida no meio da lagoa, posicionava os sensores da seguinte maneira: o primeiro localizado a 2 cm da superfície líquida e os demais de 10 em 10 cm abaixo dessa superfície.

No período de 24 horas consecutivas, de meia em meia hora, foram efetuadas leituras para levantamento de perfis.

Os gráficos resultantes desses perfis, em diferentes datas, estão apresentados no capítulo seguinte.

#### 5.3.2 - pH

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
Pró-Reitoria Para Assuntos do Interior  
Coordenação Setorial de Pós-Graduação  
Rua Adrião Veloso, 882 Tel (083) 321 7222-R 355  
58 100 - Campina Grande - Paraíba

Para as determinações de pH usou-se um medidor de pH marca "Radiometer Copenhagen" modelo pH meter 29. As leituras foram efetuadas por medição direta na amostra, conforme mostra a Figura 5.5.

No intervalo de 24 horas consecutivas, de uma em uma hora, foram coletadas amostras da superfície líquida e das profundidades de 38, 75 e 112 cm dessa superfí-



cie para levantamento dos perfis de pH das lagoas. As leituras de pH dessas amostras coletadas foram feitas sempre imediatamente após a coleta.

Os gráficos resultantes desses perfis em diferentes datas estão apresentados no capítulo seguinte.

### 5.3.3 - OXIGÊNIO DISSOLVIDO

As leituras das concentrações de oxigênio dissolvido, OD, foram efetuadas através de um medidor de oxigênio com sensor de membrana "Clark-Type" marca "Yellow Springs Instruments CO", U.S.A, modelo 54A BP conforme mostra a Figura 5.6.

Para que esse medidor de oxigênio pudesse ser utilizado na leitura de oxigênio dissolvido, em diferentes profundidades das lagoas, foi necessário equipá-lo de suporte para trabalhos de campo e de uma extensão que possibilitasse a imersão do sensor acoplado a um agitador por membrana vibratória.

Esse sensor foi instalado no fundo das lagoas de onde tiveram início as leituras, prosseguindo a cada 10 cm até a superfície líquida.

Os gráficos resultantes desses perfis, em diferentes datas, estão apresentados no capítulo seguinte.



#### 5.3.4 - PENETRAÇÃO DA LUZ SOLAR

Para determinar a penetração da luz solar na massa líquida das lagoas, em valores percentuais, foi utilizado um comparador de luminosidade "Environmental Comparator", usando sensores para luzes externas, marca "griffin" que pode ser visto na Figura 5.7.

A variação da penetração de luz, em valores percentuais, registrou-se por leituras em diferentes profundidades. A leitura é registrada no aparelho com o sensor emerso na superfície da lagoa e em seguida imergindo-o a cada 5 cm até chegar aos 30 cm, e depois a cada 10 cm indo até ao fundo. Dessa maneira têm-se as diferenças de leituras que fornecem a variação da penetração da luz solar.

Por exemplo: se com o sensor emerso na superfície da lagoa lê-se 75 e logo a 10 cm abaixo dessa superfície lê-se 60, têm-se que 80% da luz incidente na lagoa alcança 10 cm da profundidade.

As porcentagens da luz incidente a várias profundidades das lagoas foram definidas de hora em hora, das 06:00 às 17:00 hs inclusive, durante vários dias. Estes resultados estão apresentados no capítulo seguinte.

#### 5.3.5 - DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - DBO

Os testes de DBO foram realizados confor-

me consta no "standard Methods for the Examination of Water an Wastewater" (32) páginas 543. Água de diluição sem semente dura.

Para executar as leituras de concentração de oxigênio dissolvido utilizou-se um medidor de oxigênio com sensor de membrana "Clark-Type", marca "Yellow Springs Instrument CO", U.S.A, modelo 54A BP, mostrado na Figura 5.6.

As incubações foram feitas em frascos próprios, transparentes, de 300 ml, com a indicação da amostra, isso pode ser visto nas Figuras 5.8 e 5.9.

#### 5.3.6 - DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO - DQO

Para determinar os valores de DQO utilizou-se em acórdância com o "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (32) páginas 550, a refluxão com dicromato de potássio.

O refluxador é formado pelas colunas de condensação e balões de vidro como mostra a Figura 5.10.

#### 5.3.7 - NITROGÊNIO AMONICAL

Para determinar as concentrações de nitrogênio amoniacal, utilizou-se um medidor de íons específicos, marca "Orion Research" modelo "Ionalyser 407 A", mostrado na Figura 5.11.

Essas determinações foram feitas através de medições por dispersão de gás, em mg de nitrogênio por litro, no medidor acima referido.

#### 5.3.8 - NITRATO

Para as determinações das concentrações de nitrato foi utilizado o Método do Ácido Cromatrópico, baseado no "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (32), página 429.

#### 5.3.9 - FÓSFORO TOTAL

As determinações das concentrações de fósforo total foram feitas utilizando o Método da Digestão de Persulfato, baseado no "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (32), página 476.

#### 5.3.10- FOSFATO SOLÚVEL

As determinações das concentrações de Fosfato Solúvel foram feitas com a utilização do Método do Ácido Ascórbico, baseado no "Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater" (32), página 481.

#### 5.3.11- CLORETO

As determinações das concentrações de Clo

reto foram feitas por meio de um Eletrodo da Orion, Específico a Cloreto, acoplado a um Medidor de Ions específicos, marca "Orion Research" modelo "Ionalyser 407A", mostrado na Figura 5.11. Essas determinações foram feitas através de contato direto do eletrodo acima referido, com a amostra.

#### 5.3.12- ALCALINIDADE TOTAL

As determinações de alcalinidade total foram obtidas através do Método Indicativo do "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (32), página 728, com o auxílio de um Medidor de pH da Pye Unicam, mostrado na Figura 5.12.

#### 5.3.13- CONDUTIVIDADE A 25 °C

As determinações de condutividade a 25 °C foram feitas em  $\mu$ MHOS, por cm, utilizando-se de um Medidor "S.C.T." modelo "YSI 33", mostrado na Figura 5.13.

#### 5.3.14- RESÍDUOS SÓLIDOS

As determinações das concentrações de sólidos foram feitas com base no "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (32) página 89.

Papéis de filtro de fibra de vidro marca "Whatman Ltd", Inglaterra, tipo GF/C, de 9 cm de diâmetro fo



ram utilizadas para retenção de sólidos não filtráveis.

As amostras foram pesadas em uma balança marca "Sartorius", Alemanha, modelo 2474, com capacidade para 160 gr e precisão de 0,01 mg, essa balança pode ser vista na Figura 5.14.

Para se determinar os sólidos totais, totais voláteis e fixos, as amostras foram colocadas em caçarolas de porcelana apropriadas, apresentadas na Figura 5.15.

Foram utilizados cones de Imhoff para a determinação dos sólidos sedimentáveis, mostrados na Figura 5.16.

#### 5.4 - DETERMINAÇÕES BACTERIOLÓGICAS

As determinações bacteriológicas foram feitas seguindo a técnica de "membrana de filtração", conforme o "Biological Analyses of Water and Wastewater Application" Manual AM 302 - Millipore Corporation - 1973" (33) obedecendo ao "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater" (32).

Para que esse método pudesse ser utilizado convenientemente, usou-se reativos preparados segundo "The Bacteriological Examination of Water Supplies" - Reports an Public Healh and Medical Subjects N<sup>o</sup> 71 - 1969 (34).

Com a finalidade de obter um número de colônia próprio para a contagem de germes, diluiu-se as amostras em solução "Buffer Fosfato", pH 7,2.

Para as filtrações de amostras foi usado equipamento "Millipore Sterifil", mostrado na Figura 5.17, com membranas de filtração, de celulose, "HAWG 047" de diâmetro total de 47 mm e o diâmetro dos poros de 0,45 mm.

A capacidade de filtração desse equipamento é de 250 ml.

Os meios de cultura utilizados foram:

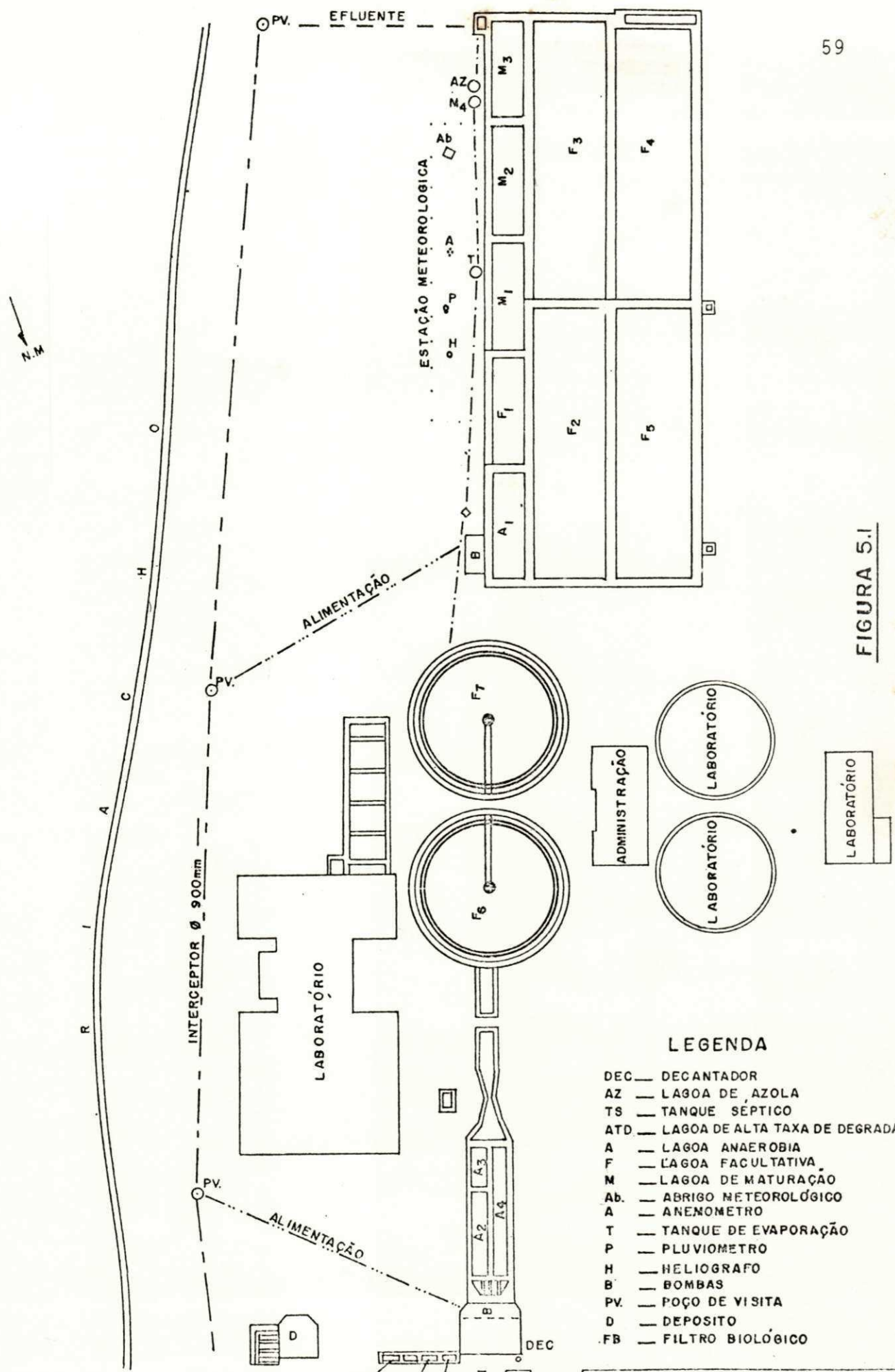
- a) "m - FC" - Membrana Faecal Coliform Broth-Difco; e
- b) "m-Enteroccus Agar".

O primeiro para coliformes fecais e o segundo para estreptococcus fecais.

As "Placas de Petri" foram incubadas na estufa "Millipore" com placas térmicas de alumínio e banho-maria para incubação de coliformes, com controle de temperatura por recirculação da água em 44,5 °C com variação de mais ou menos 0,2 °C.

Para se coletar essas amostras foram utilizados vidros esterilizados de 125 ml com boca larga.

FIGURA 5.1



LEGENDA

- DEC — DECANTADOR
- AZ — LAGOA DE AZOLA
- TS — TANQUE SÉPTICO
- ATD — LAGOA DE ALTA TAXA DE DEGRADAÇÃO
- A — LAGOA ANAEROBIA
- F — LAGOA FACULTATIVA
- M — LAGOA DE MATURAÇÃO
- Ab. — ABRIGO METEOROLÓGICO
- A — ANEMOMETRO
- T — TANQUE DE EVAPORAÇÃO
- P — PLUVIOMETRO
- H — HELIOGRAFO
- B — BOMBAS
- PV. — POÇO DE VISITA
- D — DEPOSITO
- FB — FILTRO BIOLÓGICO

UFPB - EXTRABES	
DATA — 29. DEZ. 1978	ESCALA 1/500
DESENHO — L. MARQUES	VISTA PARCIAL



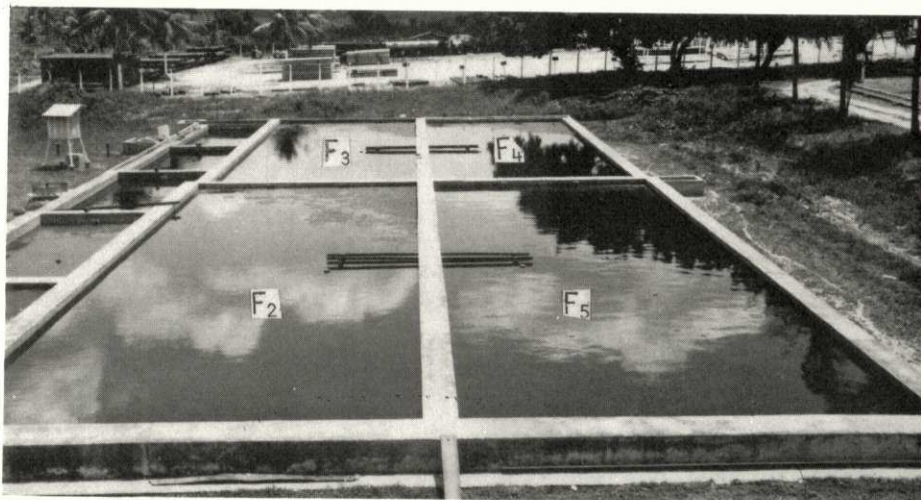


FIGURA 5.2 - LAGOAS



FIGURA 5.3 - DISPOSITIVO DE SAIDA DO EFLUENTE

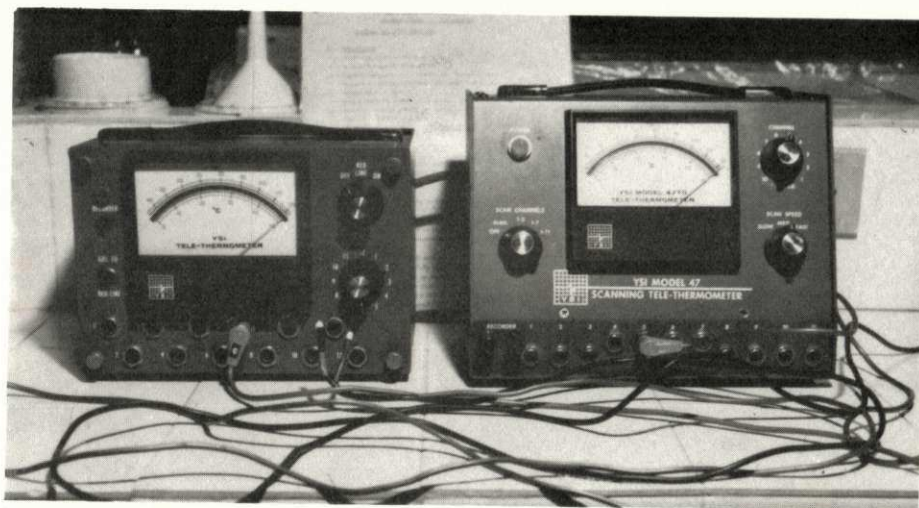


FIGURA 5.4 - "TELE-THERMOMETER"

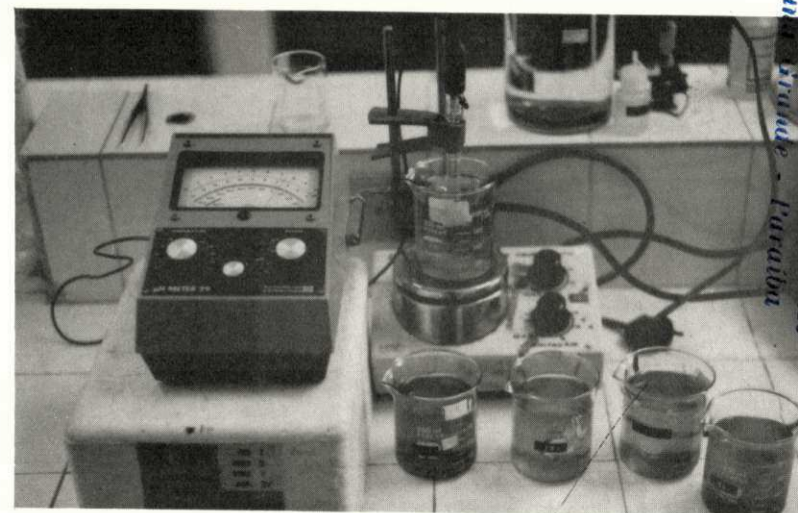


FIGURA 5.5 - MEDIDOR DE pH

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
Pró-Reitoria Para Assuntos do Interior  
Coordenação Setorial de Pós-Graduação  
Rua Aprígio Veloso, 882 - Tel. (081) 331.7522 - 4.305  
58.100 - Campina Grande - Paraíba





FIGURA 5.6 - MEDIDOR DE OXIGÊNIO



FIGURA 5.7 - COMPARADOR DE LUMINOSIDADE



FIGURA 5.8 - DBO, INCUBAÇÃO

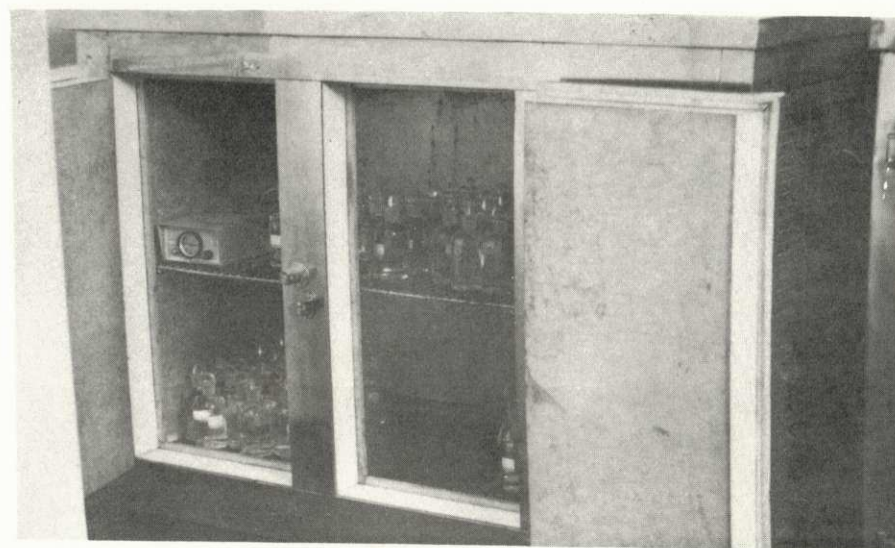


FIGURA 5.9 - VIDROS DE DBO INCUBADOS



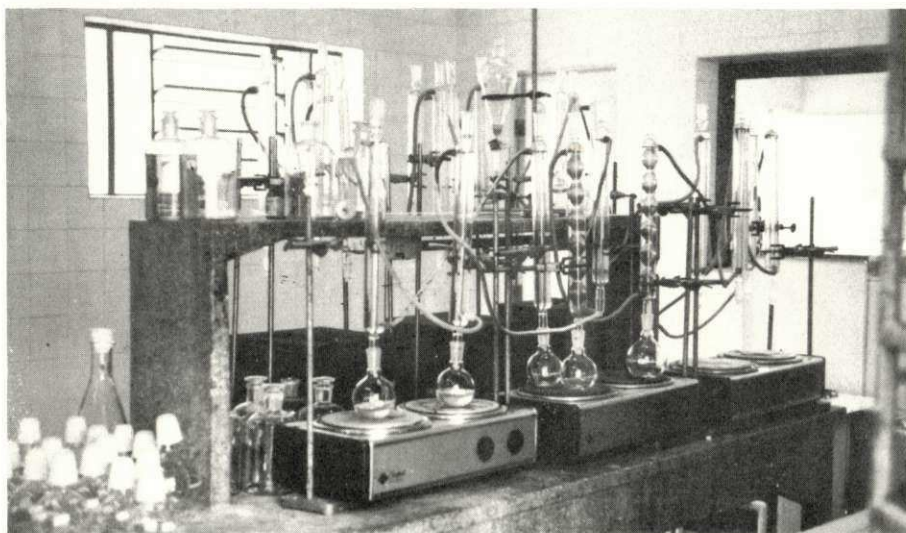


FIGURA 5.10 - DQO, COLUNAS DE REFLUXAÇÃO



FIGURA 5.11 - MEDIDOR DE ÍONS

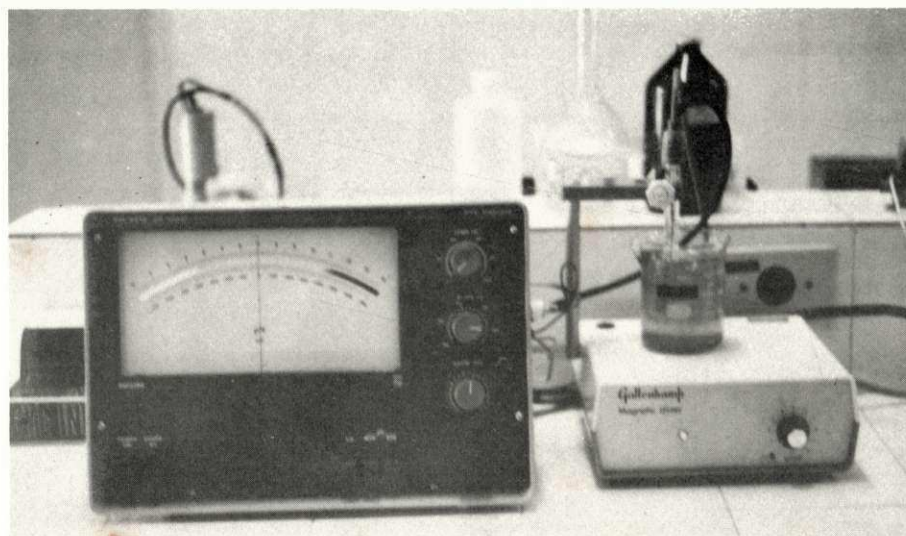


FIGURA 5.12 - MEDIDOR DE pH



FIGURA 5.13 - MEDIDOR DE CONDUTIVIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
 Pró-Reitoria Para Assuntos do Interior  
 Coordenadoria Setorial de Pós-Graduação  
 Rua Aprígio Veloso 832  
 58.100 - Campina Grande - Paraíba  
 Tel (083) 321-7222-R 355



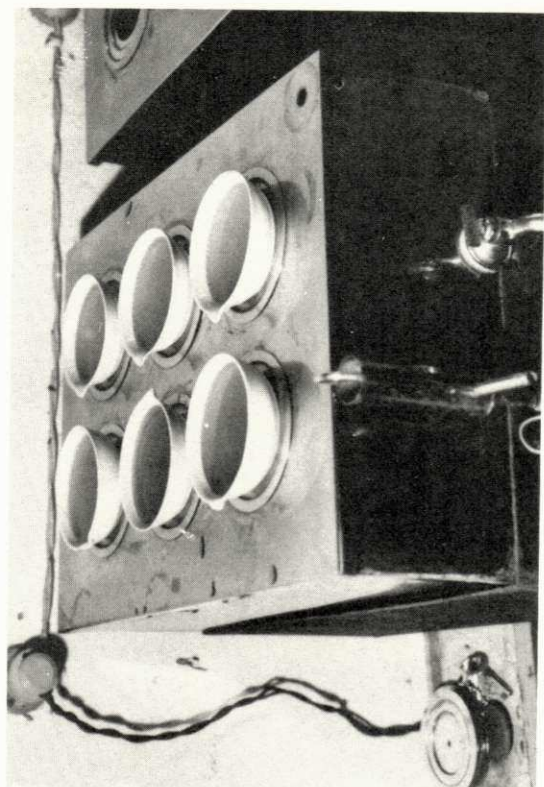


FIGURA 5.15 - BANHO MARIA

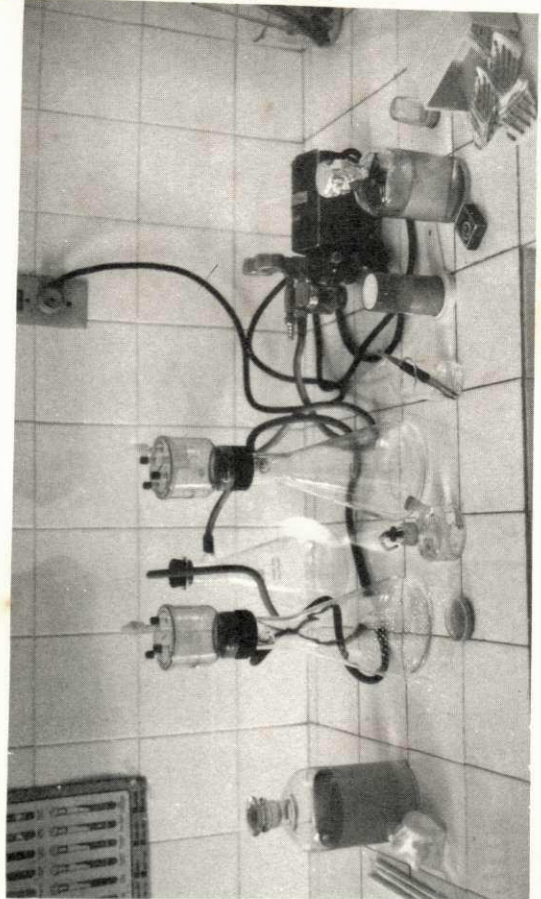


FIGURA 17 - BACTERIOLOGIA "MILLIPORE STERIFIL"



FIGURA 5.14 - BALANÇA

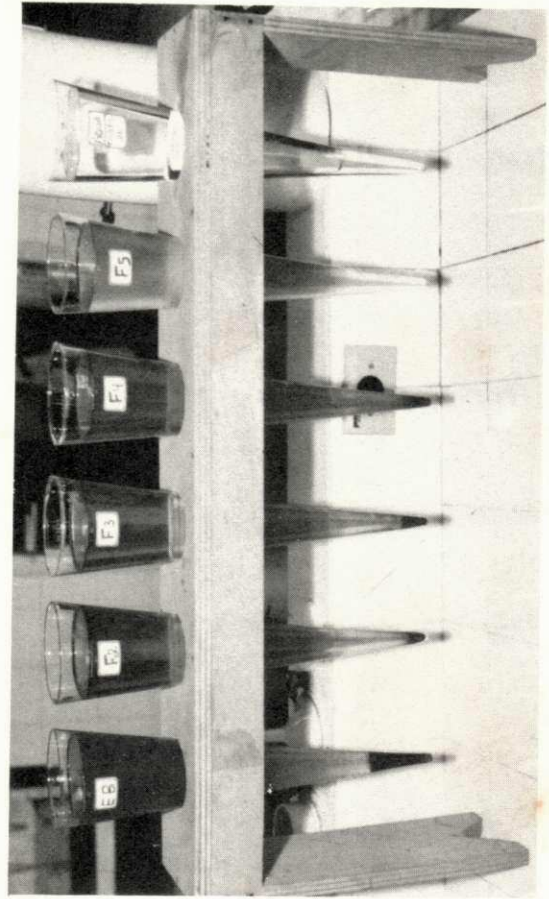


FIGURA 5.16 - CONES DE IMHOFF



## CAPÍTULO VI

### RESULTADOS EXPERIMENTAIS

A pesquisa, que abrangeu o período de junho de 1977 a dezembro de 1978, permitiu experimentalmente a obtenção de dados Meteorológicos e resultados de determinações Físicas, Químicas, Bacteriológicas e de Operação.

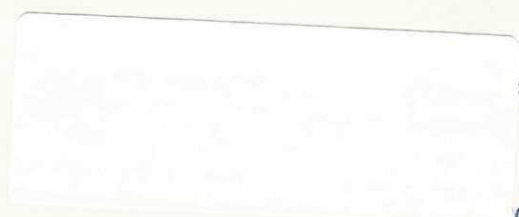
#### 6.1 - DADOS METEOROLÓGICOS

Foram obtidos através da Estação Meteorológica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA no Centro Nacional de Pesquisa do Algodão em Campina Grande - PB (CNP-Algodão), Anexo I, instalada a 2 km do local da realização da pesquisa.

## 6.2 - DETERMINAÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS

### 6.2.1 - TEMPERATURA

O Quadro 6.1 apresenta os dados de temperatura das amostras no momento das coletas e temperaturas máximas e mínimas das lagoas a meia profundidade, em valores médios mensais em  $^{\circ}\text{C}$ . O referido quadro apresenta também as médias dos valores médios mensais.



3A

355

a

QUADRO 6.1 - RESULTADOS DAS MÉDIAS MENSAIS DE TEMPERATURA (°C)

REATOR- RES  MESES	EB	F2				F3				F4				F5			
		EFLUENTE	REATOR			EFLUENTE	REATOR			EFLUENTE	REATOR			EFLUENTE	REATOR		
			MÁXIMA	MÍNIMA	MÉDIA		MÁXIMA	MÍNIMA	MÉDIA		MÁXIMA	MÍNIMA	MÉDIA		MÁXIMA	MÍNIMA	MÉDIA
JUN/77	26,5	25,4	25,0	23,8	24,4	25,3	25,0	23,5	24,3	25,3	25,0	22,8	23,9	25,4	25,5	23,5	24,5
JUL	24,9	23,6	24,0	22,8	23,4	23,6	24,3	22,8	23,6	23,6	24,0	22,8	23,4	23,7	24,6	22,9	23,8
AGO	25,3	24,1	25,0	23,5	24,3	24,1	25,3	23,4	24,4	24,1	24,6	23,4	24,0	24,2	25,7	23,6	24,7
SET	25,8	24,7	25,3	23,9	24,6	24,7	25,6	23,8	24,7	24,8	25,3	24,0	24,7	25,0	25,9	23,9	24,9
OUT	26,5	25,7	26,1	24,8	25,5	25,6	26,3	24,6	25,5	25,6	26,2	24,9	25,6	25,7	26,3	24,5	25,4
NOV	27,1	25,9	26,2	24,8	25,5	26,0	26,6	24,9	25,8	26,3	26,7	25,2	26,0	26,1	26,5	24,7	25,6
DEZ	27,7	26,0	26,3	24,9	25,6	26,0	26,7	24,9	25,8	26,1	26,4	25,2	25,8	26,2	26,9	25,0	26,0
JAN/78	28,1	25,7	26,6	25,0	25,8	25,8	27,0	25,0	26,0	25,9	26,6	25,1	25,9	25,9	27,0	25,0	26,0
FEV	28,1	26,0	26,7	25,2	26,0	25,9	26,7	25,1	25,9	26,1	26,7	25,4	26,1	26,0	26,7	25,1	25,9
MAR	27,3	25,6	26,9	25,2	26,1	25,7	26,7	25,3	26,0	25,7	26,6	25,4	26,0	25,9	27,2	25,4	26,3
ABR	27,5	26,2	26,9	25,8	26,4	26,2	28,0	26,0	27,0	26,1	27,2	26,5	26,9	26,6	27,6	26,1	26,9
MAI	26,6	25,7	26,4	25,2	25,8	25,7	26,8	25,4	26,1	25,7	26,9	25,7	26,3	26,1	27,1	25,8	26,5
JUN	25,7	24,1	25,2	24,0	24,6	24,2	25,3	23,9	24,6	24,2	25,6	24,4	25,0	24,4	25,7	24,2	25,0
JUL	24,9	23,8	24,8	23,6	24,2	23,9	24,8	23,5	24,2	23,7	25,1	24,0	24,6	24,3	25,6	24,2	24,9
AGO	24,5	23,2	24,2	23,0	23,6	23,1	24,0	22,2	23,1	23,1	24,6	23,5	24,1	23,6	25,0	23,5	24,3
SET	25,0	23,8	24,9	23,6	24,3	23,7	24,2	23,5	23,9	23,7	25,3	23,9	24,6	24,2	25,2	24,1	24,7
OUT	25,7	24,6	25,7	24,2	25,0	24,7	25,3	24,3	24,8	24,7	26,0	24,5	25,3	25,1	26,1	25,0	25,6
NOV	26,8	25,2	25,7	24,6	25,2	25,4	26,1	24,6	25,4	25,4	27,2	25,2	26,2	26,4	27,0	25,5	26,3
DEZ	27,0	25,0	27,0	24,6	25,8	25,0	26,0	25,0	25,5	25,5	27,0	25,0	26,0	25,5	27,0	25,6	26,3
MÉDIAS	26,4	25,0	25,7	24,3	25,0	25,0	25,7	24,3	25,0	25,0	25,9	24,6	25,3	25,3	26,2	24,6	25,4



### 6.2.2 - pH

O Quadro 6.2 apresenta os dados de pH em valores médios mensais, obtidos através da média aritmética das leituras das amostras diárias e as médias dos valores médios mensais.

QUADRO 6.2 - RESULTADOS DAS MÉDIAS MENSAIS DE pH

REATORRES	EB	EFLUENTE F <sub>2</sub>	EFLUENTE F <sub>3</sub>	EFLUENTE F <sub>4</sub>	EFLUENTE F <sub>5</sub>
MESES					
JUN/77	7,5	7,6	7,6	7,6	7,7
JUL	7,6	7,7	7,7	7,7	7,8
AGO	7,7	7,6	7,7	7,6	7,9
SET	7,6	7,7	7,6	7,6	8,0
OUT	7,5	7,6	7,6	7,6	7,8
NOV	7,4	7,6	7,6	7,6	7,8
DEZ	7,4	7,5	7,5	7,4	7,7
JAN/78	7,2	7,4	7,3	7,2	7,5
FEV	7,3	7,4	7,4	7,3	7,6
MAR	7,4	7,4	7,6	7,4	7,4
ABR	7,5	7,5	7,6	7,4	7,8
MAI	7,5	7,5	7,5	7,4	7,7
JUN	7,4	7,4	7,4	7,4	7,3
JUL	7,5	7,4	7,4	7,4	7,6
AGO	7,5	7,4	7,4	7,4	7,5
SET	7,4	7,4	7,4	7,1	7,7
OUT	7,5	7,5	7,5	7,5	7,9
NOV	7,5	7,5	7,5	7,5	7,8
DEZ	7,4	7,5	7,5	7,5	7,7
MÉDIAS	7,5	7,5	7,5	7,5	7,7

QUADRO 6.4 - RESULTADOS DAS MÉDIAS MENSAIS DA D Q O (mg/l)

REATORES	EB	EFLUENTE F <sub>2</sub>	EFLUENTE F <sub>3</sub>	EFLUENTE F <sub>4</sub>	EFLUENTE F <sub>5</sub>
MESES					
JUN/77	604	171	167	172	141
JUL	353	167	160	175	119
AGO	509	158	206	203	171
SET	572	167	178	198	216
OUT	720	242	307	267	274
NOV	904	262	272	251	239
DEZ	780	305	315	396	287
JAN/78	784	289	220	279	223
FEV	606	434	314	353	274
MAR	795	214	297	191	269
ABR	677	264	224	231	268
MAI	522	208	271	181	269
JUN	634	242	263	219	191
JUL	493	146	161	160	174
AGO	586	171	173	205	152
SET	585	185	182	190	175
OUT	757	258	231	245	259
NOV	859	366	330	382	223
DEZ	820	311	313	262	229
MÉDIAS	661	240	241	240	219



#### 6.2.5 - NITROGÊNIO AMONÍACAL - N-Amônia

O Quadro 6.5 apresenta os valores médios mensais e as médias desses valores médios de nitrogênio amoniacal, em mg de nitrogênio por litro, obtidos através das amostras diárias analisadas duas vezes por semana, nas segundas e sextas-feiras, de junho de 1977 a janeiro de 1978 e a partir dessa data uma vez por semana, nas segundas-feiras.

QUADRO 6.5 - RESULTADOS MÉDIOS MENSIS DE NITROGÊNIO  
AMONÍACAL (mg N/l)

REACTORES MESES	EB	EFLUENTE F <sub>2</sub>	EFLUENTE F <sub>3</sub>	EFLUENTE F <sub>4</sub>	EFLUENTE F <sub>5</sub>
JUN/77	40	16	17	18	14
JUL	27	11	11	12	12
AGO	44	18	16	18	13
SET	48	18	17	18	12
OUT	51	17	16	20	13
NOV	58	23	20	22	20
DEZ	63	26	25	26	21
JAN/78	54	23	23	23	21
FEV	51	24	25	27	21
MAR	49	17	15	17	14
ABR	54	19	17	20	16
MAI	47	18	16	19	16
JUN	50	19	18	19	16
JUL	44	20	21	23	17
AGO	52	22	22	23	21
SET	46	26	23	26	20
OUT	51	25	24	23	17
NOV	57	26	27	27	20
DEZ	57	23	24	27	20
MÉDIAS	50	21	20	22	17

#### 6.2.6 - NITRATO

O Quadro 6.6 apresenta os valores médios mensais e as médias desses valores médios de Nitrato, em mg de nitrogênio por litro, obtidos através das amostras compostas analisadas uma vez por semana, nas sextas-feiras, de abril a dezembro de 1978.



#### 6.2.7 - FÓSFORO TOTAL

O Quadro 6.7 apresenta os valores médios mensais e as médias desses valores médios de Fósforo Total, em mg de fósforo por litro, obtidos através das amostras com postas analisadas uma vez por semana, nas sextas-feiras, de abril a dezembro de 1978.

QUADRO 6.6 - RESULTADOS MÉDIOS MENSAIS DE NITRATO (mg N/l)

REATOR-RES MESES	EB	EFLUENTE F <sub>2</sub>	EFLUENTE F <sub>3</sub>	EFLUENTE F <sub>4</sub>	EFLUENTE F <sub>5</sub>
ABR/78	0,42	0,29	0,23	0,34	0,37
MAI	0,42	0,35	0,32	0,38	0,43
JUN	0,41	0,35	0,37	0,34	0,38
JUL	0,38	0,32	0,32	0,29	0,34
AGO	0,25	0,23	0,25	0,24	0,21
SET	0,18	0,17	0,19	0,18	0,19
OUT	0,08	0,09	0,08	0,12	0,14
NOV	0,13	0,19	0,12	0,10	0,18
DEZ	0,16	0,19	0,14	0,13	0,17
MÉDIAS	0,27	0,24	0,22	0,24	0,27

QUADRO 6.7 - RESULTADOS MÉDIOS MENSAIS DE FÓSFORO TOTAL (mg P/l)

REATOR-RES MESES	EB	EFLUENTE F <sub>2</sub>	EFLUENTE F <sub>3</sub>	EFLUENTE F <sub>4</sub>	EFLUENTE F <sub>5</sub>
ABR/78	6,26	3,09	3,58	3,15	3,40
MAI	4,50	2,22	2,97	2,58	2,51
JUN	4,94	2,59	2,56	2,44	2,49
JUL	5,28	3,03	2,68	2,99	2,72
AGO	5,27	3,05	3,15	3,12	2,92
SET	6,35	3,95	3,76	3,80	3,52
OUT	7,77	4,33	4,34	4,38	3,86
NOV	7,97	5,17	5,10	5,08	4,14
DEZ	7,89	4,95	5,06	4,82	4,24
MÉDIAS	6,25	3,60	3,69	3,60	3,31

#### 6.2.8 - FOSFATO SOLÚVEL

O Quadro 6.8 apresenta os valores médios mensais e as médias desses valores médios de Fosfato Solúvel, em mg de fósforo por litro, obtidos através das amostras diárias analisadas uma vez por semana, nas segundas-feiras, de agosto a dezembro de 1978.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA  
Pró-Reitoria Para Assuntos do Interior  
Coordenação Setorial de Pós-Graduação  
Rua Aprígio Veloso, 882 - Tel (083) 321 7222-R 355  
58.100 - Campina Grande - Paraíba

#### 6.2.9 - CLORETO

O Quadro 6.9 apresenta os valores médios mensais e as médias desses valores médios de Cloreto, em mg de Cloro ( $\text{Cl}^-$ ) por litro, obtidos através das amostras compostas analisadas uma vez por semana, nas sextas-feiras, de abril a dezembro de 1978.

QUADRO 6.8 - RESULTADOS MÉDIOS MENSIS DE FOSFATO SOLÚVEL ( $\text{mg P}^{\text{P}}/\text{l}$ )

REATOR- RES MESES	EB	EFLUENTE	EFLUENTE	EFLUENTE	EFLUENTE
		F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>
AGO/78	3,35	2,39	2,40	2,34	2,29
SET	3,52	2,85	2,75	2,82	2,63
OUT	4,28	3,05	3,11	2,98	2,70
NOV	4,73	3,38	3,76	3,51	3,02
DEZ	3,93	3,07	3,31	3,46	2,74
MÉDIAS	4,00	2,95	3,07	3,02	2,68

QUADRO 6.9 - RESULTADOS MÉDIOS MENSIS DE CLORETO ( $\text{mg Cl}^{-1}/\text{l}$ )

REATOR- RES MESES	EB	EFLUENTE	EFLUENTE	EFLUENTE	EFLUENTE
		F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>
ABR/78	316	279	276	276	284
MAI	296	274	274	280	282
JUN	368	333	342	339	321
JUL	379	404	407	407	404
AGO	376	426	431	442	442
SET	381	389	371	398	382
OUT	426	428	429	425	437
NOV	426	446	460	443	414
DEZ	426	434	444	434	431
MÉDIAS	377	379	382	383	377

#### 6.2.10 - ALCALINIDADE TOTAL

O Quadro 6.10 apresenta os valores médios mensais e as médias desses valores médios de Alcalinidade Total, em mg de  $\text{CaCO}_3$  por litro, obtidos através das amostras diárias analisadas uma vez por semana, nas segundas-feiras, de abril a dezembro de 1978.



#### 6.2.11- CONDUTIVIDADE A 25°C

O Quadro 6.11 apresenta os valores médios mensais e as médias desses valores médios de Condutividade a 25 °C, em  $\mu\text{MHOS}$  por cm, obtidos através das amostras diárias analisadas uma vez por semana, nas segundas-feiras, de janeiro a dezembro de 1978.

QUADRO 6.10 - RESULTADOS MÉDIOS MENSAIS DE ALCA  
LINDADE TOTAL (mg Ca CO<sub>3</sub>/l)

REATOR- RES MESES	EB	EFLUENTE F <sub>2</sub>	EFLUENTE F <sub>3</sub>	EFLUENTE F <sub>4</sub>	EFLUENTE F <sub>5</sub>
ABR/78	325	239	236	214	236
MAI	326	262	263	278	261
JUN	338	279	274	279	270
JUL	331	279	282	295	271
AGO	357	288	284	292	275
SET	340	287	286	294	265
OUT	345	285	295	288	260
NOV	357	295	297	278	266
DEZ	365	302	305	313	278
MÉDIAS	343	278	280	281	265

QUADRO 6.11 - RESULTADOS MÉDIOS MENSAIS DE CONDU  
TIVIDADE A 25°C (µmhO/cm)

REATOR- RES MESES	EB	EFLUENTE F <sub>2</sub>	EFLUENTE F <sub>3</sub>	EFLUENTE F <sub>4</sub>	EFLUENTE F <sub>5</sub>
JAN/78	1650	1500	1550	1500	1525
FEV	1575	1467	1438	1456	1463
MAR	1644	1406	1400	1425	1413
ABR	1525	1333	1325	1342	1350
MAI	1490	1300	1285	1310	1275
JUN	1506	1306	1300	1331	1306
JUL	1520	1375	1370	1380	1350
AGO	1563	1350	1356	1363	1331
SET	1619	1438	1438	1438	1406
OUT	1645	1470	1480	1485	1445
NOV	1656	1500	1531	1519	1444
DEZ	1690	1530	1530	1555	1545
MÉDIAS	1590	1415	1417	1425	1404

#### 6.2.12- SÓLIDOS

O Quadro 6.12 apresenta os valores médios mensais da concentração de sólidos: totais, totais voláteis e fixos, filtráveis e em suspensão em mg/l e a concentração dos sólidos sedimentáveis em ml/l, obtidos através das amostras coletadas e analisadas duas vezes por semana, nas segundas e sextas-feiras, de junho de 1977 a janeiro de 1978 e a partir dessa data, uma vez por semana, nas segundas-feiras. O referido quadro apresenta também as médias desses valores médios mensais.

O Quadro 6.13 apresenta as porcentagens de remoções das concentrações de sólidos calculadas com base nos resultados do Quadro 6.12. Essas porcentagens foram obtidas com base nos resultados do esgoto bruto, EB.



QUADRO 6.12 - RESULTADOS MÉDIOS MENSAIS DE SÓLIDOS

MESES	REATOR- RES	SÓLIDOS TOTAIS (mg/l)	SÓLIDOS TOTAIS		SÓLIDOS FILTRÁ- VEIS (mg/l)	SÓLIDOS SEM SUSPEN - SÃO (mg/l)	SÓLIDOS SEDIMEN TÁVEIS. (ml/l)
			FIXOS (mg/l)	VOLÁTEIS (mg/l)			
JUN/77	EB	1112	583	529	846	266	7,2
	EFL.F <sub>2</sub>	740	531	209	679	61	0,2
	EFL.F <sub>3</sub>	746	537	209	683	63	0,4
	EFL.F <sub>4</sub>	727	513	214	671	56	0,3
	EFL.F <sub>5</sub>	816	553	263	747	69	0,5
JUL	EB	1154	693	461	964	190	5,0
	EFL.F <sub>2</sub>	888	600	288	816	72	0,4
	EFL.F <sub>3</sub>	874	600	274	812	62	0,3
	EFL.F <sub>4</sub>	900	610	290	830	70	0,3
	EFL.F <sub>5</sub>	849	618	231	799	50	0,3
AGO	EB	1165	707	458	911	254	6,5
	EFL.F <sub>2</sub>	914	660	254	863	51	0,3
	EFL.F <sub>3</sub>	913	632	281	839	74	0,4
	EFL.F <sub>4</sub>	916	660	256	845	71	0,5
	EFL.F <sub>5</sub>	853	667	186	792	61	0,4
SET	EB	1128	702	426	853	275	7,6
	EFL.F <sub>2</sub>	855	656	199	802	53	0,4
	EFL.F <sub>3</sub>	872	673	199	816	56	0,3
	EFL.F <sub>4</sub>	890	660	230	818	72	0,7
	EFL.F <sub>5</sub>	911	691	220	829	82	1,1
OUT	EB	1217	691	526	894	323	7,8
	EFL.F <sub>2</sub>	925	635	290	826	99	0,5
	EFL.F <sub>3</sub>	994	700	294	858	136	0,9
	EFL.F <sub>4</sub>	960	664	296	851	109	0,6
	EFL.F <sub>5</sub>	956	643	313	861	95	0,7

QUADRO 6.12 - (Continuação)

MESES	REATORRES	SÓLIDOS TOTAIS (mg/l)	SÓLIDOS TOTAIS		SÓLIDOS FILTRÁVEIS (mg/l)	SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (mg/l)	SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/l)
			FIXOS (mg/l)	VOLÁTEIS (mg/l)			
NOV	EB	1288	691	597	945	343	10,3
	EFL.F <sub>2</sub>	924	639	285	819	105	0,5
	EFL.F <sub>3</sub>	976	644	332	851	125	0,5
	EFL.F <sub>4</sub>	975	636	339	831	144	0,4
	EFL.F <sub>5</sub>	936	662	274	851	85	0,3
DEZ	EB	1215	710	505	870	345	8,9
	EFL.F <sub>2</sub>	957	644	283	809	148	0,9
	EFL.F <sub>3</sub>	996	680	306	861	135	0,7
	EFL.F <sub>4</sub>	1026	687	339	830	196	0,8
	EFL.F <sub>5</sub>	984	708	276	852	132	0,7
JAN/78	EB	1344	781	563	924	420	10,1
	EFL.F <sub>2</sub>	950	660	290	826	124	0,4
	EFL.F <sub>3</sub>	913	664	249	828	85	0,3
	EFL.F <sub>4</sub>	899	652	247	799	100	0,4
	EFL.F <sub>5</sub>	944	696	248	862	82	0,4
FEV	EB	1130	682	448	793	337	6,0
	EFL.F <sub>2</sub>	1080	673	407	850	230	0,7
	EFL.F <sub>3</sub>	975	668	307	842	133	0,5
	EFL.F <sub>4</sub>	993	673	320	830	163	0,7
	EFL.F <sub>5</sub>	988	700	288	866	122	0,4
MAR	EB	1275	718	857	924	351	7,8
	EFL.F <sub>2</sub>	953	630	323	867	86	0,4
	EFL.F <sub>3</sub>	998	638	360	880	118	0,6
	EFL.F <sub>4</sub>	925	640	285	856	69	0,3
	EFL.F <sub>5</sub>	1005	663	342	875	130	0,6

QUADRO 6.12 (Continuação)

MESES	REATOR-RES	SÓLIDOS TOTAIS (mg/l)	SÓLIDOS TOTAIS		SÓLIDOS FILTRÁVEIS (mg/l)	SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (mg/l)	SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mg/l)
			FIXOS (mg/l)	VOLÁTEIS (mg/l)			
ABR	EB	1107	727	380	717	390	9,2
	EFL.F <sub>2</sub>	847	647	200	724	123	0,5
	EFL.F <sub>3</sub>	810	657	153	694	116	0,3
	EFL.F <sub>4</sub>	790	637	153	701	89	0,6
	EFL.F <sub>5</sub>	980	670	310	757	223	0,9
MAI	EB	1020	712	308	716	304	5,4
	EFL.F <sub>2</sub>	812	662	150	734	78	0,4
	EFL.F <sub>3</sub>	866	684	182	792	114	0,4
	EFL.F <sub>4</sub>	778	646	132	722	56	0,2
	EFL.F <sub>5</sub>	874	694	180	743	131	0,6
JUN	EB	1105	758	347	745	360	3,4
	EFL.F <sub>2</sub>	805	665	140	726	79	0,1
	EFL.F <sub>3</sub>	848	685	163	758	90	0,4
	EFL.F <sub>4</sub>	823	658	165	738	85	0,4
	EFL.F <sub>5</sub>	843	678	165	757	86	0,3
JUL	EB	1074	738	336	776	298	5,3
	EFL.F <sub>2</sub>	770	646	124	721	49	0,2
	EFL.F <sub>3</sub>	794	652	142	724	70	0,3
	EFL.F <sub>4</sub>	794	654	140	732	62	0,2
	EFL.F <sub>5</sub>	802	652	150	721	81	0,4
AGO	EB	1198	728	470	913	285	4,0
	EFL.F <sub>2</sub>	833	678	155	782	51	0,2
	EFL.F <sub>3</sub>	848	670	178	789	59	0,2
	EFL.F <sub>4</sub>	888	688	200	810	78	0,2
	EFL.F <sub>5</sub>	855	675	180	802	53	0,3



QUADRO 6.12 (Continuação).

MESES	REATORRES	SÓLIDOS TOTAIS (mg/l)	SÓLIDOS TOTAIS		SÓLIDOS FILTRÁVEIS (mg/l)	SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (mg/l)	SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (ml/l)
			FIXOS (mg/l)	VOLÁTEIS (mg/l)			
SET	EB	1240	763	477	885	355	5,3
	EFL.F <sub>2</sub>	890	685	205	823	67	0,3
	EFL.F <sub>3</sub>	875	685	190	816	59	0,3
	EFL.F <sub>4</sub>	880	663	217	807	73	0,2
	EFL.F <sub>5</sub>	898	680	218	830	68	0,4
OUT	EB	1270	758	512	850	420	7,5
	EFL.F <sub>2</sub>	898	690	208	818	80	0,2
	EFL.F <sub>3</sub>	894	698	196	812	82	0,4
	EFL.F <sub>4</sub>	894	696	198	805	89	0,5
	EFL.F <sub>5</sub>	944	728	216	836	108	0,6
NOV	EB	1293	768	525	833	460	9,6
	EFL.F <sub>2</sub>	955	698	257	811	144	0,6
	EFL.F <sub>3</sub>	978	703	275	853	125	0,3
	EFL.F <sub>4</sub>	950	675	275	792	158	0,4
	EFL.F <sub>5</sub>	953	705	248	846	107	0,5
DEZ	EB	1288	735	553	858	430	9,6
	EFL.F <sub>2</sub>	938	680	258	810	128	0,5
	EFL.F <sub>3</sub>	990	710	280	862	128	0,5
	EFL.F <sub>4</sub>	938	660	278	848	90	0,3
	EFL.F <sub>5</sub>	953	710	243	856	97	0,5
MÉDIAS	EB	1191	718	488	854	337	7,2
	EFL.F <sub>2</sub>	891	652	238	795	96	0,4
	EFL.F <sub>3</sub>	903	662	241	809	96	0,4
	EFL.F <sub>4</sub>	892	651	241	796	96	0,4
	EFL.F <sub>5</sub>	913	673	240	815	98	0,5

QUADRO 6.13 - PORCENTAGENS DE REDUÇÕES DOS SÓLIDOS REFERENTES  
AO QUADRO 6.12

MESES	REATOR- RES	SÓLIDOS TOTALIS (mg/l)	SÓLIDOS TOTALIS		SÓLIDOS FILTRÁ- VEIS (mg/l)	SÓLIDOS EM SUSPEN- SÃO (mg/l)	SÓLIDOS SEDIMEN- TAVEIS (ml/l)
			FIXOS (mg/l)	VOLÁTEIS (mg/l)			
JUN/77	EFL.F <sub>2</sub>	33,5	8,9	60,5	19,7	77,1	97,2
	EFL.F <sub>3</sub>	32,9	7,9	60,5	19,3	76,3	94,5
	EFL.F <sub>4</sub>	34,6	12,0	59,5	20,7	79,0	95,8
	EFL.F <sub>5</sub>	26,6	5,2	50,3	11,7	74,1	93,1
JUL	EFL.F <sub>2</sub>	23,1	13,4	37,5	15,4	62,1	92,0
	EFL.F <sub>3</sub>	24,3	13,4	40,7	15,8	67,4	94,0
	EFL.F <sub>4</sub>	22,0	12,0	37,1	13,9	63,2	94,0
	EFL.F <sub>5</sub>	26,4	10,8	49,9	17,1	73,7	94,0
AGO	EFL.F <sub>2</sub>	21,6	6,7	44,5	5,3	79,9	95,4
	EFL.F <sub>3</sub>	21,6	10,6	38,7	7,9	70,9	93,9
	EFL.F <sub>4</sub>	21,4	6,7	44,1	7,3	72,1	92,3
	EFL.F <sub>5</sub>	26,8	5,7	59,4	13,1	76,0	93,9
SET	EFL.F <sub>2</sub>	24,2	6,6	53,3	6,0	80,7	94,7
	EFL.F <sub>3</sub>	22,7	4,1	53,3	4,3	79,6	96,1
	EFL.F <sub>4</sub>	21,1	6,0	46,0	4,1	73,8	90,8
	EFL.F <sub>5</sub>	19,2	1,6	48,4	2,8	70,2	85,5
OUT	EFL.F <sub>2</sub>	24,0	8,1	44,9	7,6	69,4	93,6
	EFL.F <sub>3</sub>	18,3	0,9	44,1	4,0	57,9	88,5
	EFL.F <sub>4</sub>	21,1	3,9	43,7	4,8	66,3	92,3
	EFL.F <sub>5</sub>	21,5	6,9	40,5	3,7	70,6	91,0



QUADRO 6.13 - (Continuação)

MESES	REATOR- RES	SÓLIDOS TOTAIS (mg/l)	SÓLIDOS TOTAIS		SÓLIDOS FILTRÁ- VEIS (mg/l)	SÓLIDOS EM SUSPEN- SÃO (mg/l)	SÓLIDOS SEDIMEN- TÁVEIS. (ml/l)
			FIXOS (mg/l)	VOLÁTEIS (mg/l)			
NOV	EFL.F <sub>2</sub>	28,3	7,5	52,3	13,3	69,4	95,1
	EFL.F <sub>3</sub>	24,2	6,8	44,4	10,0	63,6	95,1
	EFL.F <sub>4</sub>	24,3	8,0	43,2	12,1	58,0	96,1
	EFL.F <sub>5</sub>	27,3	4,2	54,1	10,0	75,2	97,1
DEZ	EFL.F <sub>2</sub>	21,2	5,1	44,0	7,0	57,1	89,9
	EFL.F <sub>3</sub>	18,0	2,8	39,4	1,0	60,9	92,1
	EFL.F <sub>4</sub>	15,6	3,2	32,9	4,6	43,2	91,0
	EFL.F <sub>5</sub>	19,0	0,3	45,4	2,1	61,7	92,1
JAN/78	EFL.F <sub>2</sub>	29,3	15,5	48,5	10,6	70,5	96,0
	EFL.F <sub>3</sub>	32,1	15,0	55,8	10,4	79,8	97,0
	EFL.F <sub>4</sub>	33,1	16,5	56,1	13,5	76,2	96,0
	EFL.F <sub>5</sub>	29,8	10,9	56,0	6,7	80,5	96,0
FEV	EFL.F <sub>2</sub>	4,4	1,3	9,2	-7,2	70,5	88,3
	EFL.F <sub>3</sub>	13,7	-0,9	31,5	-6,2	79,8	91,7
	EFL.F <sub>4</sub>	12,1	1,3	28,6	-4,7	76,2	88,3
	EFL.F <sub>5</sub>	12,6	-2,6	35,7	-9,2	80,5	93,3
MAR	EFL.F <sub>2</sub>	25,3	12,3	62,3	6,2	75,5	94,9
	EFL.F <sub>3</sub>	21,7	11,1	58,0	4,8	66,4	92,3
	EFL.F <sub>4</sub>	27,5	10,9	66,7	7,4	80,3	96,2
	EFL.F <sub>5</sub>	21,2	7,7	60,1	5,3	63,0	92,3



QUADRO 6.13 - (Continuação)

MESES	REATOR- RES	SÓLIDOS TOTAIS (mg/l)	SÓLIDOS TOTAIS		SÓLIDOS FILTRÁ- VEIS (mg/l)	SÓLIDOS EM SUSPEN- SÃO (mg/l)	SÓLIDOS SEDIMEN- TÁVEIS. (mg/l)
			FIXOS (mg/l)	VOLÁTEIS (mg/l)			
ABR	EFL.F <sub>2</sub>	23,5	11,0	47,4	-1,0	68,5	94,6
	EFL.F <sub>3</sub>	26,8	9,6	59,7	3,2	70,3	96,7
	EFL.F <sub>4</sub>	28,6	12,4	59,7	2,2	77,2	93,5
	EFL.F <sub>5</sub>	11,5	7,8	18,4	-5,6	42,8	90,2
MAI	EFL.F <sub>2</sub>	20,4	7,0	51,3	-2,5	74,3	92,6
	EFL.F <sub>3</sub>	15,1	3,9	40,9	-10,6	62,5	92,6
	EFL.F <sub>4</sub>	23,7	9,3	57,1	-0,8	81,6	96,3
	EFL.F <sub>5</sub>	14,3	2,5	41,6	-3,8	56,9	88,9
JUN	EFL.F <sub>2</sub>	27,1	12,3	96,0	2,6	78,1	97,1
	EFL.F <sub>3</sub>	23,3	9,6	53,0	-1,7	75,0	88,2
	EFL.F <sub>4</sub>	25,5	13,2	52,4	0,9	76,4	88,2
	EFL.F <sub>5</sub>	23,7	10,6	52,4	-1,6	76,1	91,2
JUL	EFL.F <sub>2</sub>	28,3	12,5	63,1	7,1	83,6	96,2
	EFL.F <sub>3</sub>	26,1	11,7	57,7	6,7	76,5	94,3
	EFL.F <sub>4</sub>	26,1	11,4	58,3	5,8	79,2	96,2
	EFL.F <sub>5</sub>	25,3	11,7	55,4	7,1	72,8	92,5
AGO	EFL.F <sub>2</sub>	30,5	6,9	67,0	14,3	82,1	95,0
	EFL.F <sub>3</sub>	29,2	8,0	62,1	13,6	79,3	95,0
	EFL.F <sub>4</sub>	25,9	5,5	57,4	11,3	72,6	95,0
	EFL.F <sub>5</sub>	28,6	7,3	61,7	12,2	81,4	92,5

QUADRO 6.13 - (Continuação)

MESES	REATOR-RES	SÓLIDOS TOTAIS	SÓLIDOS TOTAIS		SÓLIDOS FILTRÁ-VEIS (mg/l)	SÓLIDOS SEM SUSPEN-SÃO (mg/l)	SÓLIDOS SEDIMEN-TÁVEIS. (ml/l)
			FIXOS (mg/l)	VOLÁTEIS (mg/l)			
SET	EFL.F <sub>2</sub>	28,2	10,2	57,0	7,0	81,1	94,3
	EFL.F <sub>3</sub>	29,4	10,2	60,1	7,8	83,3	94,3
	EFL.F <sub>4</sub>	29,0	13,1	54,5	8,8	79,4	96,2
	EFL.F <sub>5</sub>	27,6	10,9	54,3	6,2	80,8	92,5
OUT	EFL.F <sub>2</sub>	29,3	8,9	59,4	3,8	81,0	97,3
	EFL.F <sub>3</sub>	29,6	7,9	61,7	4,5	80,5	94,7
	EFL.F <sub>4</sub>	29,6	8,2	61,3	5,3	78,0	93,3
	EFL.F <sub>5</sub>	25,7	4,0	57,8	1,6	74,3	92,0
NOV	EFL.F <sub>2</sub>	26,1	9,1	51,0	2,6	68,7	93,8
	EFL.F <sub>3</sub>	24,4	8,5	47,6	-2,4	72,8	96,9
	EFL.F <sub>4</sub>	26,5	12,1	47,6	4,9	65,7	95,8
	EFL.F <sub>5</sub>	26,3	8,2	52,8	-1,6	76,7	94,8
DEZ	EFL.F <sub>2</sub>	27,2	7,5	53,3	5,6	70,2	94,8
	EFL.F <sub>3</sub>	23,1	3,4	49,4	-0,5	70,2	94,8
	EFL.F <sub>4</sub>	27,2	10,2	49,7	1,2	79,1	96,9
	EFL.F <sub>5</sub>	26,0	3,4	56,1	0,2	77,4	94,8
MEDIAS	EFL.F <sub>2</sub>	25,2	9,2	51,2	6,9	71,5	94,4
	EFL.F <sub>3</sub>	24,2	7,8	50,6	5,3	71,5	94,4
	EFL.F <sub>4</sub>	25,1	9,3	50,6	6,8	71,5	94,4
	EFL.F <sub>5</sub>	23,3	6,3	50,8	4,6	70,9	93,1

### 6.3 - ANÁLISES BACTÉRIOLÓGICAS

#### 6.3.1 - COLIFORMES FECAIS (C.F.)

O Quadro 6.14 apresenta os valores médios mensais, as porcentagens de reduções, com base nos resultados do esgoto bruto, EB, e as médias dos valores médios mensais de Coliformes Fecais, CF, em 100 ml de amostra. O número de análises variou de 5 a 9 análises por mês.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
Pró-Reitoria Para Assuntos do Interior  
Coordenação Setorial de Pós-Graduação  
Rua Aprígio Veloso, 882 - Tel (083) 321-7222-R 355  
58.100 - Campina Grande - Paraíba



QUADRO 6.14 - RESULTADOS MÉDIOS MENSAIS DE COLIFORMES FECAIS (CF) e PORCENTAGENS DE REDUÇÕES (% RED)

READORES MESES	EB	EFLUENTE F <sub>2</sub>	% RED	EFLUENTE F <sub>3</sub>	% RED	EFLUENTE F <sub>4</sub>	% RED	EFLUENTE F <sub>5</sub>	% RED
JUN/77	600 x 10 <sup>5</sup>	6,5 x 10 <sup>5</sup>	98,92	5,1 x 10 <sup>5</sup>	99,15	5,0 x 10 <sup>5</sup>	99,17	4,0 x 10 <sup>5</sup>	99,33
JUL	290 x 10 <sup>5</sup>	2,4 x 10 <sup>5</sup>	99,17	1,9 x 10 <sup>5</sup>	99,35	3,4 x 10 <sup>5</sup>	98,83	0,6 x 10 <sup>5</sup>	99,79
AGO	250 x 10 <sup>5</sup>	3,8 x 10 <sup>5</sup>	98,48	2,4 x 10 <sup>5</sup>	99,04	4,8 x 10 <sup>5</sup>	98,08	1,4 x 10 <sup>5</sup>	99,44
SET	340 x 10 <sup>5</sup>	3,8 x 10 <sup>5</sup>	98,88	3,3 x 10 <sup>5</sup>	99,03	2,2 x 10 <sup>5</sup>	99,35	5,9 x 10 <sup>5</sup>	98,26
OUT	520 x 10 <sup>5</sup>	6,5 x 10 <sup>5</sup>	98,75	3,0 x 10 <sup>5</sup>	99,42	3,1 x 10 <sup>5</sup>	99,40	3,0 x 10 <sup>5</sup>	99,42
NOV	660 x 10 <sup>5</sup>	3,3 x 10 <sup>5</sup>	99,50	3,1 x 10 <sup>5</sup>	99,53	3,4 x 10 <sup>5</sup>	99,49	6,4 x 10 <sup>5</sup>	99,03
DEZ	840 x 10 <sup>5</sup>	6,0 x 10 <sup>5</sup>	99,29	4,0 x 10 <sup>5</sup>	99,52	4,7 x 10 <sup>5</sup>	99,44	3,7 x 10 <sup>5</sup>	99,56
JAN/78	601 x 10 <sup>5</sup>	11,4 x 10 <sup>5</sup>	98,10	3,3 x 10 <sup>5</sup>	99,45	7,1 x 10 <sup>5</sup>	98,82	5,4 x 10 <sup>5</sup>	99,10
FEV	412 x 10 <sup>5</sup>	8,0 x 10 <sup>5</sup>	98,06	4,4 x 10 <sup>5</sup>	98,93	7,7 x 10 <sup>5</sup>	98,13	5,9 x 10 <sup>5</sup>	98,57
MAR	527 x 10 <sup>5</sup>	4,5 x 10 <sup>5</sup>	99,15	3,5 x 10 <sup>5</sup>	99,34	4,8 x 10 <sup>5</sup>	99,09	4,2 x 10 <sup>5</sup>	99,20
ABR	470 x 10 <sup>5</sup>	7,8 x 10 <sup>5</sup>	98,34	3,9 x 10 <sup>5</sup>	99,17	5,3 x 10 <sup>5</sup>	98,87	2,8 x 10 <sup>5</sup>	99,40
MAI	314 x 10 <sup>5</sup>	2,4 x 10 <sup>5</sup>	99,24	2,4 x 10 <sup>5</sup>	99,24	5,2 x 10 <sup>5</sup>	98,34	0,9 x 10 <sup>5</sup>	99,71
JUN	310 x 10 <sup>5</sup>	4,6 x 10 <sup>5</sup>	98,52	4,9 x 10 <sup>5</sup>	98,42	4,9 x 10 <sup>5</sup>	98,42	1,7 x 10 <sup>5</sup>	99,45
JUL	410 x 10 <sup>5</sup>	5,0 x 10 <sup>5</sup>	98,78	5,7 x 10 <sup>5</sup>	98,61	5,4 x 10 <sup>5</sup>	98,68	2,0 x 10 <sup>5</sup>	99,51
AGO	340 x 10 <sup>5</sup>	4,6 x 10 <sup>5</sup>	98,65	4,3 x 10 <sup>5</sup>	98,74	3,7 x 10 <sup>5</sup>	98,91	1,2 x 10 <sup>5</sup>	99,65
SET	555 x 10 <sup>5</sup>	5,4 x 10 <sup>5</sup>	99,03	4,2 x 10 <sup>5</sup>	99,24	4,8 x 10 <sup>5</sup>	99,14	0,3 x 10 <sup>5</sup>	99,95
OUT	350 x 10 <sup>5</sup>	3,3 x 10 <sup>5</sup>	99,06	3,9 x 10 <sup>5</sup>	98,89	4,7 x 10 <sup>5</sup>	98,66	1,2 x 10 <sup>5</sup>	99,66
NOV	286 x 10 <sup>5</sup>	3,4 x 10 <sup>5</sup>	98,81	2,8 x 10 <sup>5</sup>	99,02	4,3 x 10 <sup>5</sup>	98,50	1,2 x 10 <sup>5</sup>	99,58
DEZ	528 x 10 <sup>5</sup>	1,5 x 10 <sup>5</sup>	99,72	3,4 x 10 <sup>5</sup>	99,36	4,6 x 10 <sup>5</sup>	99,13	1,8 x 10 <sup>5</sup>	99,66
MÉDIAS	453,0 x 10 <sup>5</sup>	5,0 x 10 <sup>5</sup>	98,90	3,7 x 10 <sup>5</sup>	99,18	4,7 x 10 <sup>5</sup>	98,96	2,8 x 10 <sup>5</sup>	99,38

### 6.3.2 - ESTREPTOCOCOS FECAIS (E.F)

O Quadro 6.15 apresenta os valores médios mensais, as porcentagens de reduções com base nos resultados do esgoto bruto, EB, e as médias dos valores médios mensais de estreptococos fecais, EF; em 100 ml de amostra. O número de análises variou de 3 a 9 análises por mês.



QUADRO 6.15 - RESULTADOS MÉDIOS MENSIS DE ESTREPTOCOCOS FECAIS (EF) e PORCENTAGENS DE REDUÇÕES (% RED)

REATORES MESES	EB	EFLUENTE F <sub>2</sub>	% RED	EFLUENTE F <sub>3</sub>	% RED	EFLUENTE F <sub>4</sub>	% RED	EFLUENTE F <sub>5</sub>	% RED
JUN/77	38 x 10 <sup>5</sup>	0,28 x 10 <sup>5</sup>	99,26	0,12 x 10 <sup>5</sup>	99,68	0,22 x 10 <sup>5</sup>	99,42	0,23 x 10 <sup>5</sup>	99,39
JUL	26 x 10 <sup>5</sup>	0,10 x 10 <sup>5</sup>	99,61	0,13 x 10 <sup>5</sup>	99,50	0,17 x 10 <sup>5</sup>	99,35	0,08 x 10 <sup>5</sup>	99,69
AGO	34 x 10 <sup>5</sup>	0,17 x 10 <sup>5</sup>	99,50	0,13 x 10 <sup>5</sup>	99,62	0,16 x 10 <sup>5</sup>	99,53	0,04 x 10 <sup>5</sup>	99,88
SET	39 x 10 <sup>5</sup>	0,35 x 10 <sup>5</sup>	99,10	0,27 x 10 <sup>5</sup>	99,31	0,30 x 10 <sup>5</sup>	99,23	0,21 x 10 <sup>5</sup>	99,46
OUT	81 x 10 <sup>5</sup>	0,34 x 10 <sup>5</sup>	99,58	0,13 x 10 <sup>5</sup>	99,84	0,20 x 10 <sup>5</sup>	99,75	0,26 x 10 <sup>5</sup>	99,68
NOV	90 x 10 <sup>5</sup>	0,12 x 10 <sup>5</sup>	99,87	0,15 x 10 <sup>5</sup>	99,83	0,19 x 10 <sup>5</sup>	99,79	0,06 x 10 <sup>5</sup>	99,93
DEZ	89 x 10 <sup>5</sup>	0,60 x 10 <sup>5</sup>	99,33	0,28 x 10 <sup>5</sup>	99,69	0,51 x 10 <sup>5</sup>	99,43	0,42 x 10 <sup>5</sup>	99,53
JAN/78	124 x 10 <sup>5</sup>	0,75 x 10 <sup>5</sup>	99,40	0,35 x 10 <sup>5</sup>	99,72	0,72 x 10 <sup>5</sup>	99,42	0,41 x 10 <sup>5</sup>	99,67
FEV	112 x 10 <sup>5</sup>	0,21 x 10 <sup>5</sup>	99,81	0,59 x 10 <sup>5</sup>	99,47	0,60 x 10 <sup>5</sup>	99,46	0,63 x 10 <sup>5</sup>	99,44
MAR	86 x 10 <sup>5</sup>	0,51 x 10 <sup>5</sup>	99,41	0,32 x 10 <sup>5</sup>	99,63	0,59 x 10 <sup>5</sup>	99,31	0,63 x 10 <sup>5</sup>	99,27
ABR	55 x 10 <sup>5</sup>	0,56 x 10 <sup>5</sup>	98,98	0,24 x 10 <sup>5</sup>	99,56	0,43 x 10 <sup>5</sup>	99,22	0,37 x 10 <sup>5</sup>	99,33
MAI	51 x 10 <sup>5</sup>	0,25 x 10 <sup>5</sup>	99,51	0,25 x 10 <sup>5</sup>	99,51	0,47 x 10 <sup>5</sup>	99,08	0,14 x 10 <sup>5</sup>	99,73
JUN	72 x 10 <sup>5</sup>	0,58 x 10 <sup>5</sup>	99,19	0,51 x 10 <sup>5</sup>	99,29	0,60 x 10 <sup>5</sup>	99,17	0,14 x 10 <sup>5</sup>	99,81
JUL	72 x 10 <sup>5</sup>	0,29 x 10 <sup>5</sup>	99,60	0,45 x 10 <sup>5</sup>	99,38	0,56 x 10 <sup>5</sup>	99,22	0,19 x 10 <sup>5</sup>	99,74
AGO	59 x 10 <sup>5</sup>	0,53 x 10 <sup>5</sup>	99,10	0,37 x 10 <sup>5</sup>	99,37	0,34 x 10 <sup>5</sup>	99,42	0,11 x 10 <sup>5</sup>	99,81
SET	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OUT	78 x 10 <sup>5</sup>	0,33 x 10 <sup>5</sup>	99,43	0,44 x 10 <sup>5</sup>	99,44	0,47 x 10 <sup>5</sup>	99,40	0,20 x 10 <sup>5</sup>	99,74
NOV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEZ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIAS	94,0 x 10 <sup>5</sup>	0,37 x 10 <sup>5</sup>	99,61	0,30 x 10 <sup>5</sup>	99,68	0,41 x 10 <sup>5</sup>	99,56	0,26 x 10 <sup>5</sup>	99,72



#### 6.4 - QUADRO RESUMO

O Quadro 6.16 apresenta os valores médios e extremos da faixa de variação dos valores médios mensais e as porcentagens de reduções dos principais parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos de todo o período abrangido pela pesquisa, ou seja, de junho de 1977 a dezembro de 1978.

QUADRO 6.16 - RESULTADOS MÉDIOS E EXTREMOS DA FAIXA DE VARIAÇÃO DOS VALORES MÉDIOS MENSAIS E PERCENTAGENS DE REDUÇÕES (% RED.) DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICOS.

REATORIOS PARÂMETROS	E.B	EFLUENTE F <sub>2</sub>	% RED.	EFLUENTE F <sub>3</sub>	% RED.	EFLUENTE F <sub>4</sub>	% RED.	EFLUENTE F <sub>5</sub>	% RED.
TEMPERATURA (°C)	26.4 (24.9 - 28.1)	25.0 (23.2 - 26.2)	—	25.0 (23.1 - 26.2)	—	25.0 (23.1 - 26.3)	—	25.3 (23.6 - 26.6)	—
pH	7.5 (7.2 - 7.7)	7.5 (7.4 - 7.7)	—	7.5 (7.3 - 7.7)	—	7.5 (7.1 - 7.7)	—	7.7 (7.3 - 8.0)	—
DBO <sub>5</sub> <sup>20</sup>	298 (157 - 423)	43 (28 - 64)	86	45 (25 - 94)	85	48 (34 - 89)	84	30 (18 - 42)	90
DQO (mg/l)	661 (353 - 904)	240 (146 - 434)	64	241 (160 - 330)	64	240 (160 - 396)	64	226 (119 - 408)	66
NITROGENIO AMONIAICAL (mg N/l)	45 (29 - 55)	20 (14 - 26)	56	20 (15 - 26)	56	21 (14 - 26)	53	17 (12 - 22)	62
NITRATO (mg N/l)	0.27 (0.08 - 0.42)	0.24 (0.09 - 0.39)	11	0.22 (0.08 - 0.37)	19	0.24 (0.10 - 0.38)	11	0.27 (0.14 - 0.43)	0
FÓSFORO TOTAL (mg P/l)	6.25 (4.50 - 7.97)	3.60 (2.22 - 5.17)	42	3.69 (2.56 - 5.10)	41	3.60 (2.44 - 5.08)	42	3.31 (2.49 - 4.24)	47
FOSFATO SOLÚVEL (mg P/l)	4.00 (3.35 - 4.73)	2.95 (2.39 - 3.38)	26	3.07 (2.40 - 3.76)	23	3.02 (2.34 - 3.51)	25	2.68 (2.29 - 3.02)	33
CLORETO (mg Cl <sup>-</sup> /l)	377 (296 - 426)	379 (274 - 446)	-0.5	382 (274 - 460)	-1	383 (276 - 443)	-2	377 (282 - 442)	0
ALCALINIDADE TOTAL (mg Ca CO <sub>3</sub> /l)	343 (325 - 365)	278 (239 - 302)	19	280 (236 - 305)	18	281 (214 - 313)	18	265 (236 - 278)	23
CONDUTIVIDADE a 25°C (µ mho/cm)	1590 (1490 - 1690)	1415 (1300 - 1530)	11	1417 (1285 - 1550)	11	1425 (1310 - 1555)	10	1404 (1275 - 1545)	12
SÓLIDOS TOTAIS (mg/l)	1191 (1105 - 1344)	891 (740 - 1080)	25	903 (746 - 998)	24	892 (727 - 1026)	25	913 (802 - 1005)	23
SÓLIDOS TOTAIS VOLÁTEIS (mg/l)	718 (583 - 781)	652 (531 - 698)	9	662 (537 - 710)	8	651 (513 - 696)	9	673 (553 - 728)	6
SÓLIDOS TOTAIS FIXOS (mg/l)	448 (308 - 857)	238 (124 - 407)	47	241 (142 - 360)	46	241 (132 - 339)	46	240 (150 - 342)	46
SÓLIDOS FILTRÁVEIS (mg/l)	854 (716 - 964)	795 (679 - 867)	7	809 (683 - 880)	5	796 (671 - 856)	7	815 (721 - 875)	4
SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (mg/l)	337 (190 - 460)	96 (49 - 230)	72	96 (59 - 136)	72	96 (56 - 196)	72	98 (50 - 223)	71
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (ml/l)	7.2 (3.4 - 10.3)	0.4 (0.1 - 0.9)	94	0.4 (0.2 - 0.9)	94	0.4 (0.2 - 0.8)	94	0.5 (0.3 - 1.1)	93
COLIFORMES FECAIS (C.F./100ml)	453x10 <sup>5</sup> (250 - 840)10 <sup>5</sup>	5.0x10 <sup>5</sup> (1.5 - 11.4)10 <sup>5</sup>	98.90	3.7x10 <sup>5</sup> (1.9 - 5.7)10 <sup>5</sup>	99.18	4.7x10 <sup>5</sup> (2.2 - 7.7)10 <sup>5</sup>	98.96	2.8x10 <sup>5</sup> (0.3 - 6.4)10 <sup>5</sup>	99.38
ESTREPTOCOCOS FECAIS (EF/100 ml)	94x10 <sup>5</sup> (26 - 124)10 <sup>5</sup>	0.37x10 <sup>5</sup> (0.10 - 0.75)10 <sup>5</sup>	99.61	0.30x10 <sup>5</sup> (0.12 - 0.59)10 <sup>5</sup>	99.68	0.41x10 <sup>5</sup> (0.16 - 0.72)10 <sup>5</sup>	99.56	0.26x10 <sup>5</sup> (0.04 - 0.63)10 <sup>5</sup>	99.72

#### 6.5 - PENETRAÇÃO DE LUZ SOLAR NAS LAGOAS

Os Quadros 6.17, 6.18, 6.19 e 6.20 apresentam os valores das variações percentuais de penetração de luz solar ao longo de toda a profundidade das lagoas e também as médias dessas variações percentuais.



QUADRO 6.17 - VARIAÇÃO DAS PORCENTAGENS DE PENETRAÇÃO DE LUZ SOLAR NA LAGOA F<sub>2</sub> - 26-09-77

PROFUNDIDADES (CM) HORAS	AR	01	05	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	125
	06:00	100	95	91	90	87	83	81	80	72	67	59	51	44	35	20	15	13
07:00	100	95	92	91	87	83	76	72	61	55	50	40	29	20	13	11	9	2
08:00	100	99	99	97	96	95	92	88	82	73	63	49	37	30	23	17	13	3
09:00	100	99	99	99	99	99	97	96	92	78	71	60	55	42	29	25	16	7
10:00	100	99	99	99	96	95	94	91	86	75	65	56	48	42	32	26	19	9
11:00	100	97	96	95	92	87	76	67	55	42	33	26	21	17	13	11	9	3
12:00	100	99	99	99	97	93	89	85	78	68	54	53	47	41	32	27	15	6
13:00	100	97	97	97	95	91	86	76	55	42	33	29	24	17	13	11	7	3
14:00	100	100	100	97	96	92	84	77	71	53	37	29	22	17	13	11	9	2
15:00	100	99	98	96	92	89	82	76	63	49	37	28	23	19	15	13	10	4
16:00	100	96	91	84	82	78	75	71	64	49	39	29	23	17	13	9	6	2
17:00	100	68	61	53	45	40	34	27	21	15	11	8	6	6	6	5	5	2
MÉDIAS	100	95	94	91	89	85	81	76	67	56	46	38	32	25	19	15	11	4

QUADRO 6.18 - VARIAÇÃO DAS PORCENTAGENS DE PENETRAÇÃO DE LUZ SOLAR NA LAGOA F<sub>3</sub> - 27-09-77

PROFUNDIDADES (CM) HORAS	AR	01	05	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	125
	06:00	100	97	96	94	90	86	77	73	62	52	39	26	18	10	6	4	4
07:00	100	97	96	95	92	91	88	83	67	62	49	36	26	17	10	6	5	3
08:00	100	97	96	94	88	83	79	77	73	57	45	34	23	16	10	6	5	3
09:00	100	97	96	93	85	77	67	56	43	28	19	13	9	7	5	4	3	1
10:00	100	97	97	97	96	92	83	74	62	49	35	25	17	12	8	6	4	2
11:00	100	97	97	97	97	96	95	90	82	71	56	42	31	22	17	12	8	3
12:00	100	99	99	99	99	99	97	95	91	84	76	75	49	40	29	24	16	8
13:00	100	99	99	99	97	97	96	95	89	83	72	61	47	39	32	24	13	6
14:00	100	99	99	99	97	96	95	82	63	45	37	26	18	13	11	9	8	3
15:00	100	99	99	97	97	96	93	86	79	63	47	32	22	16	12	8	7	3
16:00	100	96	92	82	70	58	50	39	24	13	8	5	4	4	4	3	3	1
17:00	100	79	62	54	44	35	28	20	10	6	6	4	4	3	3	3	2	1
MÉDIAS	100	96	94	92	88	84	79	73	62	51	41	32	22	17	12	9	7	3



QUADRO 6.19 - VARIAÇÃO DAS PORCENTAGENS DE PENETRAÇÃO DE LUZ SOLAR NA LAGOA F<sub>4</sub> - 27-09-77

PROFUNDIDADES (CM) HORAS	AR	01	05	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	125
	06:00	100	96	96	94	83	74	61	55	36	22	14	9	5	4	3	3	3
07:00	100	96	89	86	76	76	68	61	34	20	12	8	5	4	3	3	3	1
08:00	100	96	89	82	75	71	63	55	41	26	20	12	8	5	4	3	3	1
09:00	100	99	99	96	93	89	82	76	63	49	34	24	16	12	7	5	3	2
10:00	100	97	97	97	96	94	83	75	62	45	32	23	16	9	5	4	3	2
11:00	100	97	97	97	97	96	95	87	70	39	18	12	6	5	4	4	4	2
12:00	100	97	97	97	97	97	97	92	74	58	45	30	21	16	13	11	8	7
13:00	100	99	97	97	97	97	97	97	84	72	61	45	34	25	17	13	11	7
14:00	100	99	99	97	96	93	72	53	35	24	17	11	8	7	7	5	5	5
15:00	100	99	97	92	86	80	74	68	55	39	28	17	11	7	5	4	3	3
16:00	100	95	89	80	71	62	53	45	29	16	8	5	4	3	3	3	2	1
17:00	100	72	63	48	33	24	18	13	7	4	3	3	3	3	2	2	1	1
MÉDIAS	100	95	92	89	83	79	72	65	49	35	24	17	11	8	6	5	4	3



\*QUADRO 6.20 - VARIAÇÃO DAS PORCENTAGENS DE PENETRAÇÃO DE LUZ SOLAR NA LAGOA F<sub>5</sub> - 26-09-77

PROFUNDIDADES (CM) HORAS	AR	01	05	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	125
	06:00	100	96	92	88	83	79	76	71	64	53	49	35	23	18	13	10	6
07:00	100	95	92	88	83	79	70	66	50	43	37	28	14	9	7	4	3	1
08:00	100	94	91	86	81	73	66	64	60	55	45	39	22	16	10	5	4	2
09:00	100	97	96	95	91	91	82	73	69	67	62	44	31	19	13	10	8	3
10:00	100	99	99	99	99	97	96	95	91	77	60	43	30	21	16	10	8	4
11:00	100	97	97	97	97	95	82	72	53	34	24	16	12	9	8	7	7	5
12:00	100	97	97	97	97	97	95	86	51	35	22	15	11	8	5	5	4	3
13:00	100	97	97	97	97	96	95	88	84	71	53	45	34	26	17	12	9	6
14:00	100	100	100	100	99	97	97	96	82	66	53	41	32	21	16	11	8	4
15:00	100	97	97	97	97	97	97	96	82	59	44	28	18	13	8	6	5	3
16:00	100	97	96	92	89	83	79	68	53	36	20	14	11	8	7	5	5	2
17:00	100	72	69	63	56	52	47	41	31	22	16	11	8	6	3	3	2	1
MÉDIAS	100	95	94	92	89	86	82	76	64	52	40	30	21	15	10	7	6	3

## 6.6 - OPERAÇÃO

Leituras e determinações de temperatura , oxigênio dissolvido, OD, e pH em um período de 24 horas consecutivas e penetração de luz solar das 06:00 horas às 17:00 horas, registradas em diferentes níveis de profundidade das lagoas, permitiram o traçado de gráficos que caracterizam as variações diárias desses parâmetros nas lagoas.

Os gráficos dos perfis que resultaram desas leituras e determinações estão apresentados a seguir:

### 6.6.1 - GRÁFICOS DOS PERFIS DE TEMPERATURA

Os Gráficos 6.1, 6.2, 6.3 e 6.4 apresentam os perfis de temperatura, realizados nas lagoas F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub> e F<sub>5</sub>, em função da temperatura em °C e do tempo, em horas, mostrando graficamente as variações em diferentes profundidades representadas nos gráficos por números.

Os Gráficos 6.5, 6.6, 6.7 e 6.8 apresentam os perfis de temperatura, realizados nas lagoas F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub> e F<sub>5</sub>, em função da profundidade em cm, e da temperatura em °C, mostrando graficamente as variações horárias representadas nos gráficos por números.

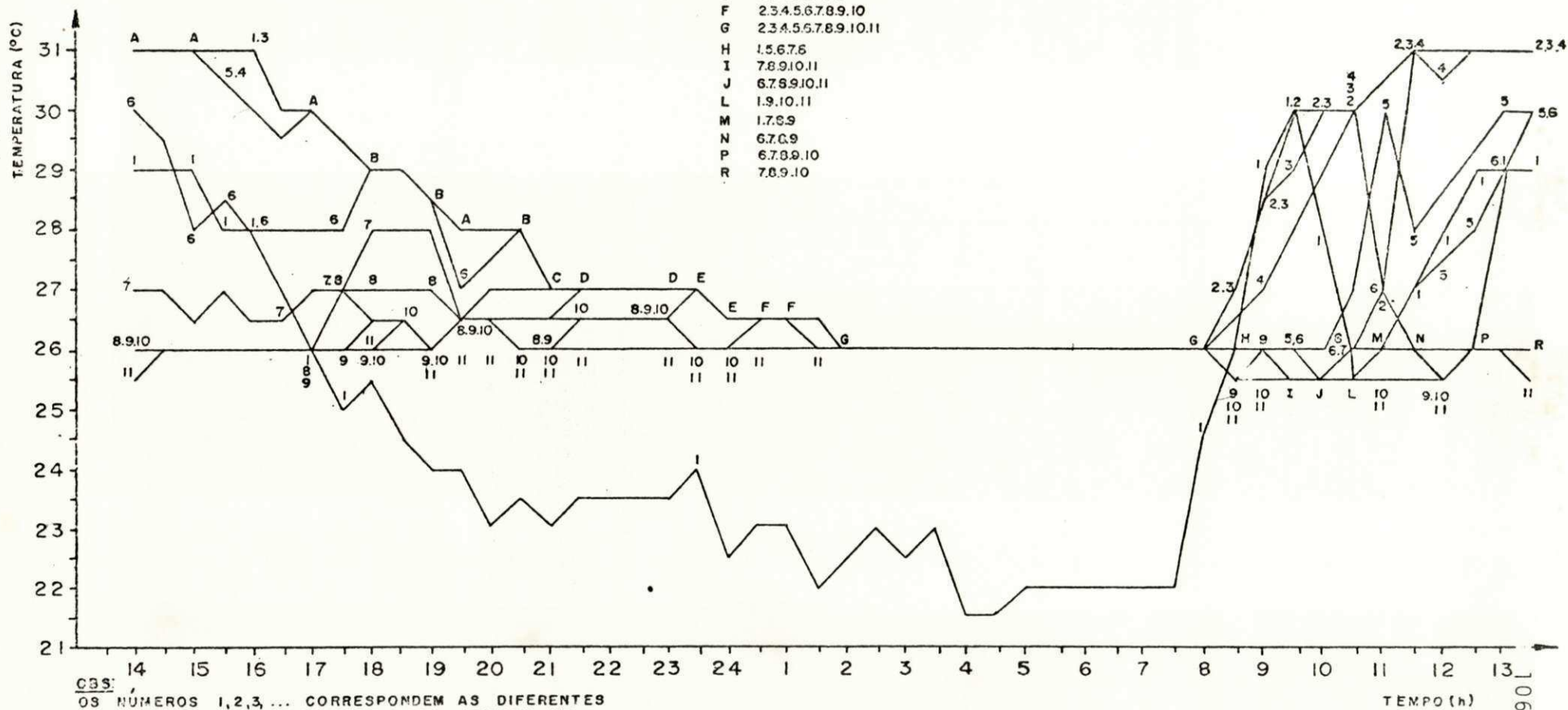
Em todos os gráficos acima referidos, as leituras das temperaturas foram registradas de meia em meia hora durante um período de 24 horas consecutivas.



GRÁF 6.1 — PERFIL DE TEMPERATURA (°C)  
Lagoa F<sub>2</sub>: 10-11/10/77

LEGENDA

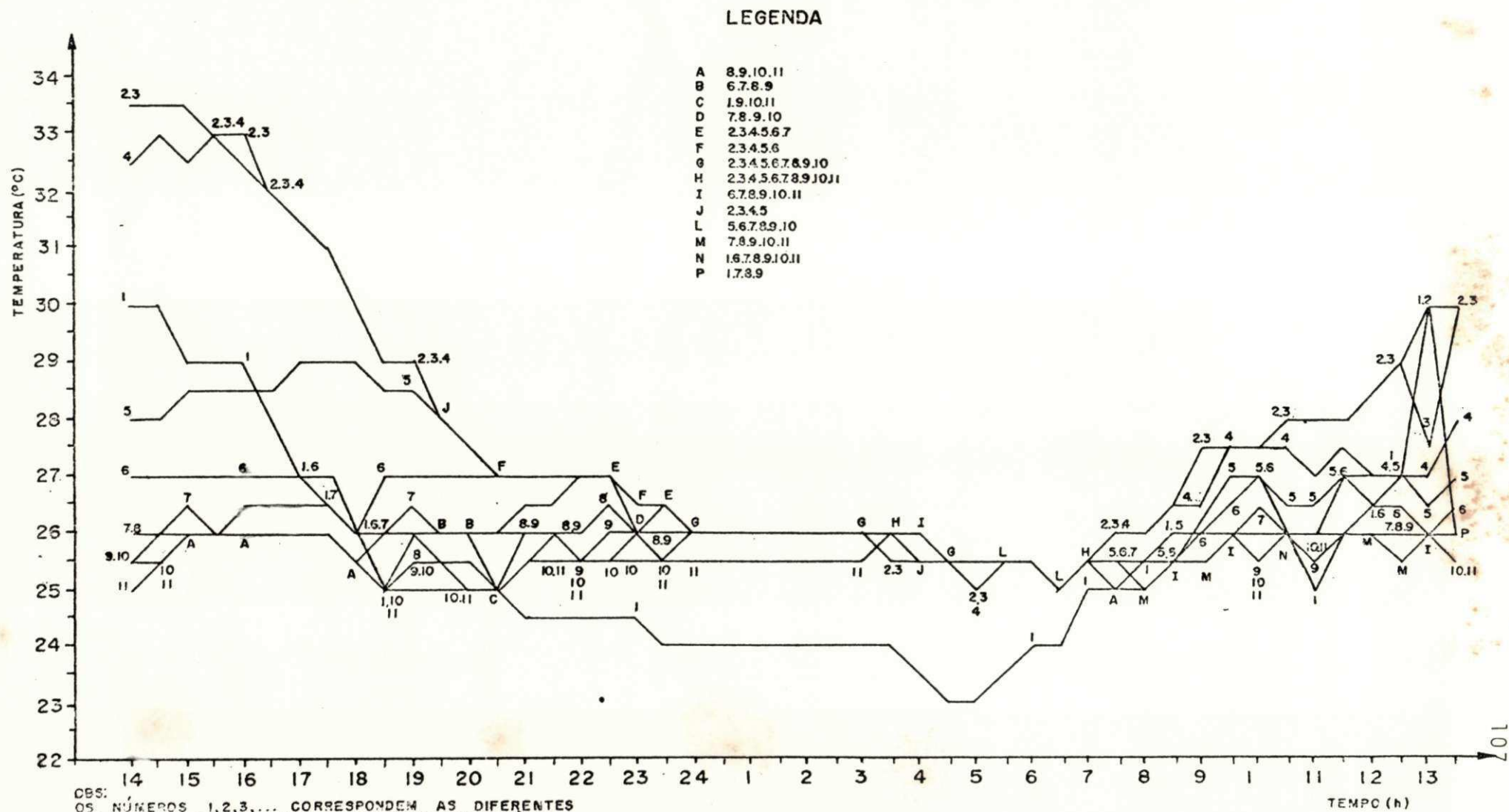
- A 2.3.4.5
- B 2.3.4.5.6
- C 2.3.4.5.6.7
- D 2.3.4.5.6.7.8
- E 2.3.4.5.6.7.8.9
- F 2.3.4.5.6.7.8.9.10
- G 2.3.4.5.6.7.8.9.10.11
- H 1.5.6.7.8
- I 7.8.9.10.11
- J 6.7.8.9.10.11
- L 1.9.10.11
- M 1.7.8.9
- N 6.7.8.9
- P 6.7.8.9.10
- R 7.8.9.10



Obs:  
OS NÚMEROS 1,2,3... CORRESPONDEM AS DIFERENTES PROFUNDIDADES, ESTANDO O PRIMEIRO SENSOR A+2cm DO NÍVEL DA ÁGUA, O SEGUNDO A 8cm ABAIXO DO NÍVEL DA ÁGUA E OS DEMAIS DE 10 EM 10cm.

TEMPO (h)

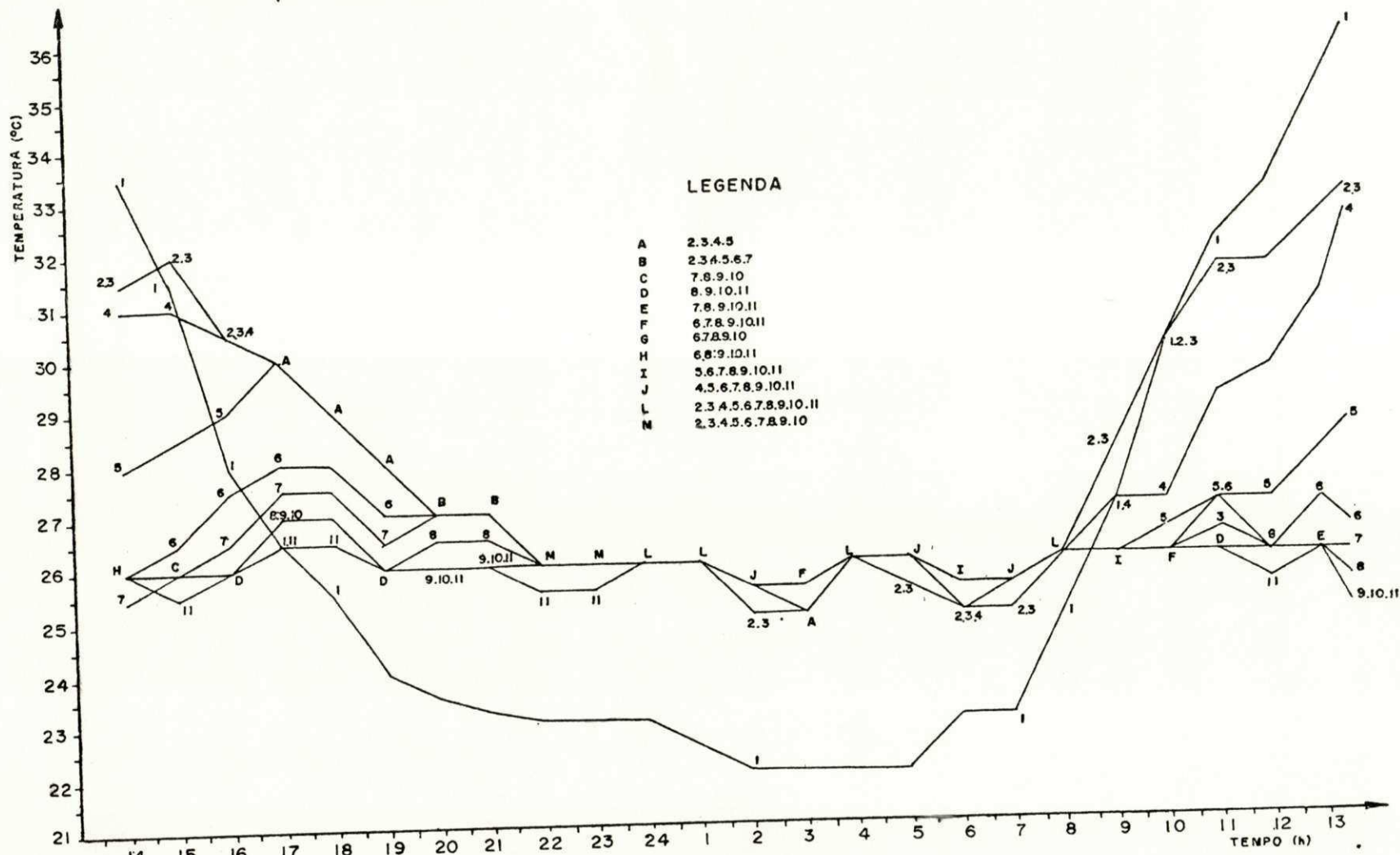
GRÁF. 6.2 — PERFIL DE TEMPERATURA (°C)  
Lagoa F<sub>3</sub>: 24-25/10/77



**Obs:**  
OS NÚMEROS 1,2,3,... CORRESPONDEM AS DIFERENTES PROFUNDIDADES, ESTANDO O PRIMEIRO SENSOR A +2cm DO NÍVEL DA ÁGUA, O SEGUNDO A 6cm ABAIXO DO NÍVEL DA ÁGUA E OS DE MAIS DE 10 EM 10cm.

TEMPO (h)

GRÁF.6.3 — PERFIL DE TEMPERATURA (°C)  
Lagoa F4:19-20/10/77



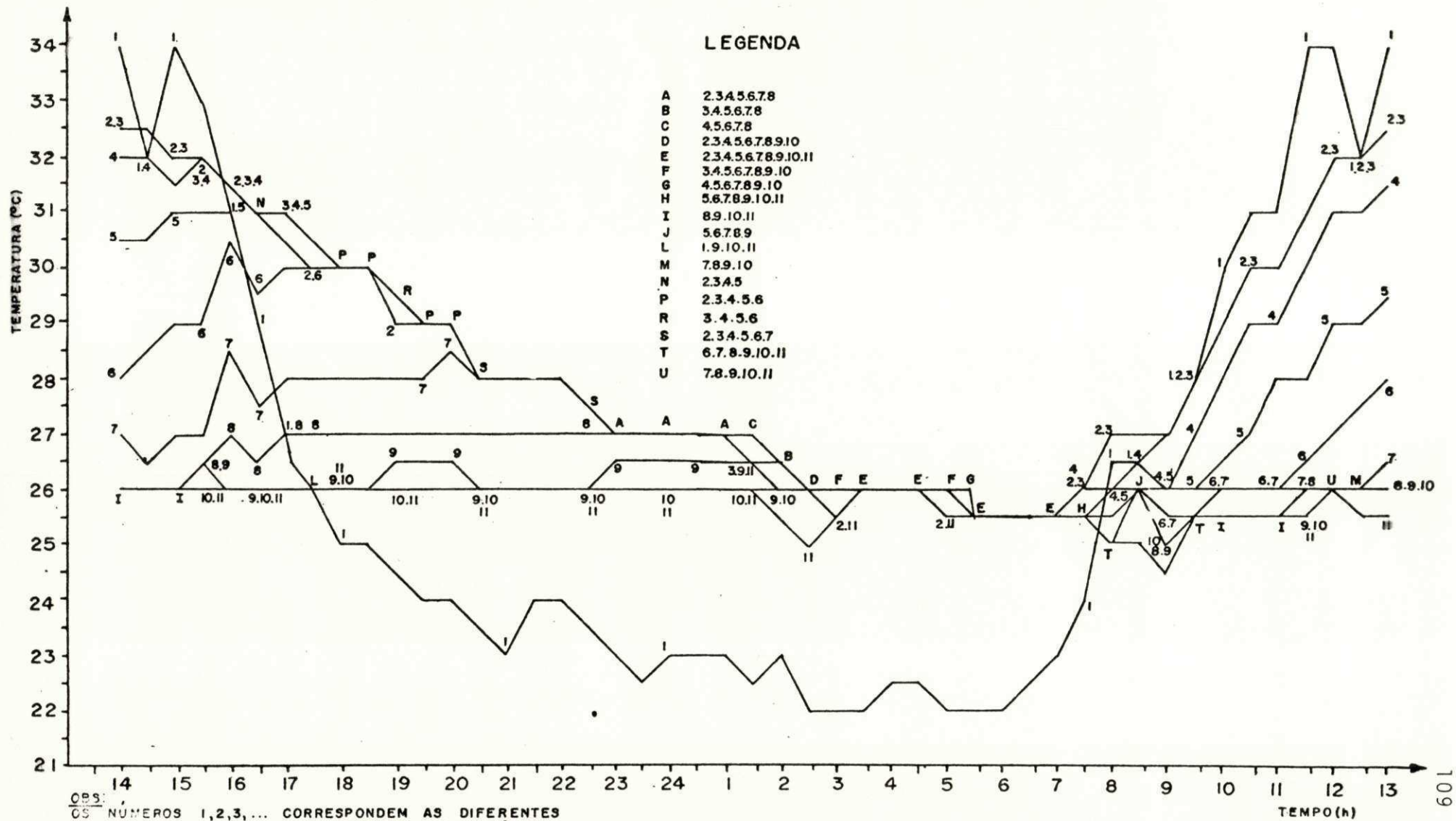
LEGENDA

A	2.3.4.5
B	2.3.4.5.6.7
C	7.8.9.10
D	8.9.10.11
E	7.8.9.10.11
F	6.7.8.9.10.11
G	6.7.8.9.10
H	6.8.9.10.11
I	5.6.7.8.9.10.11
J	4.5.6.7.8.9.10.11
L	2.3.4.5.6.7.8.9.10.11
M	2.3.4.5.6.7.8.9.10

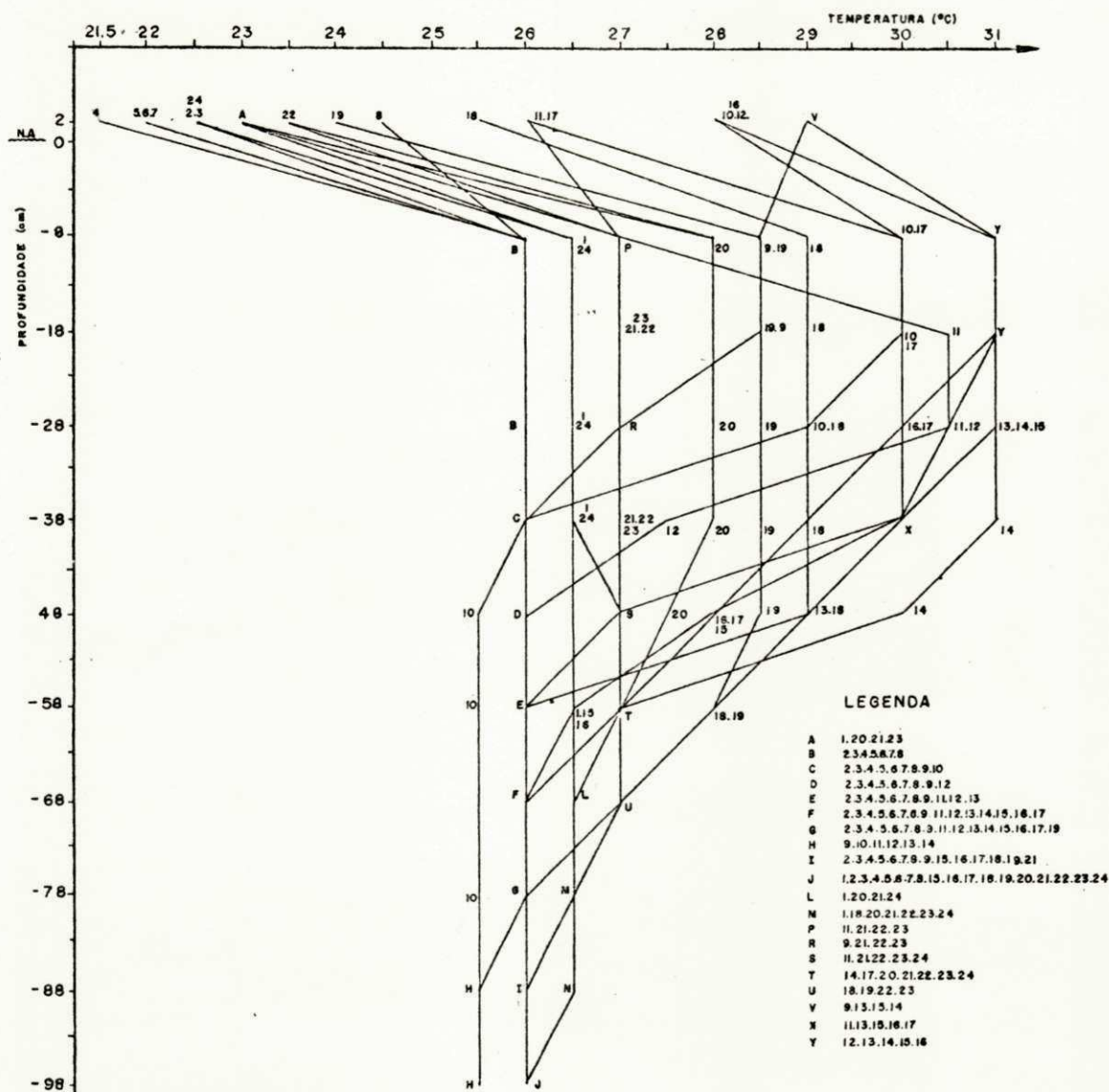
OBS:  
OS NÚMEROS 1,2,3,... CORRESPONDEM AS DIFERENTES  
PROFUNDIDADES, ESTANDO O PRIMEIRO SENSOR A 2cm  
DO NÍVEL DA ÁGUA, O SEGUNDO A 8cm ABAIXO DO NÍ-  
VEL DA ÁGUA E OS DEMAIS DE 10 EM 10cm.



GRÁF. 6.4 — PERFIL DE TEMPERATURA (°C)  
Lagoa F<sub>5</sub>: 12-13/10/77

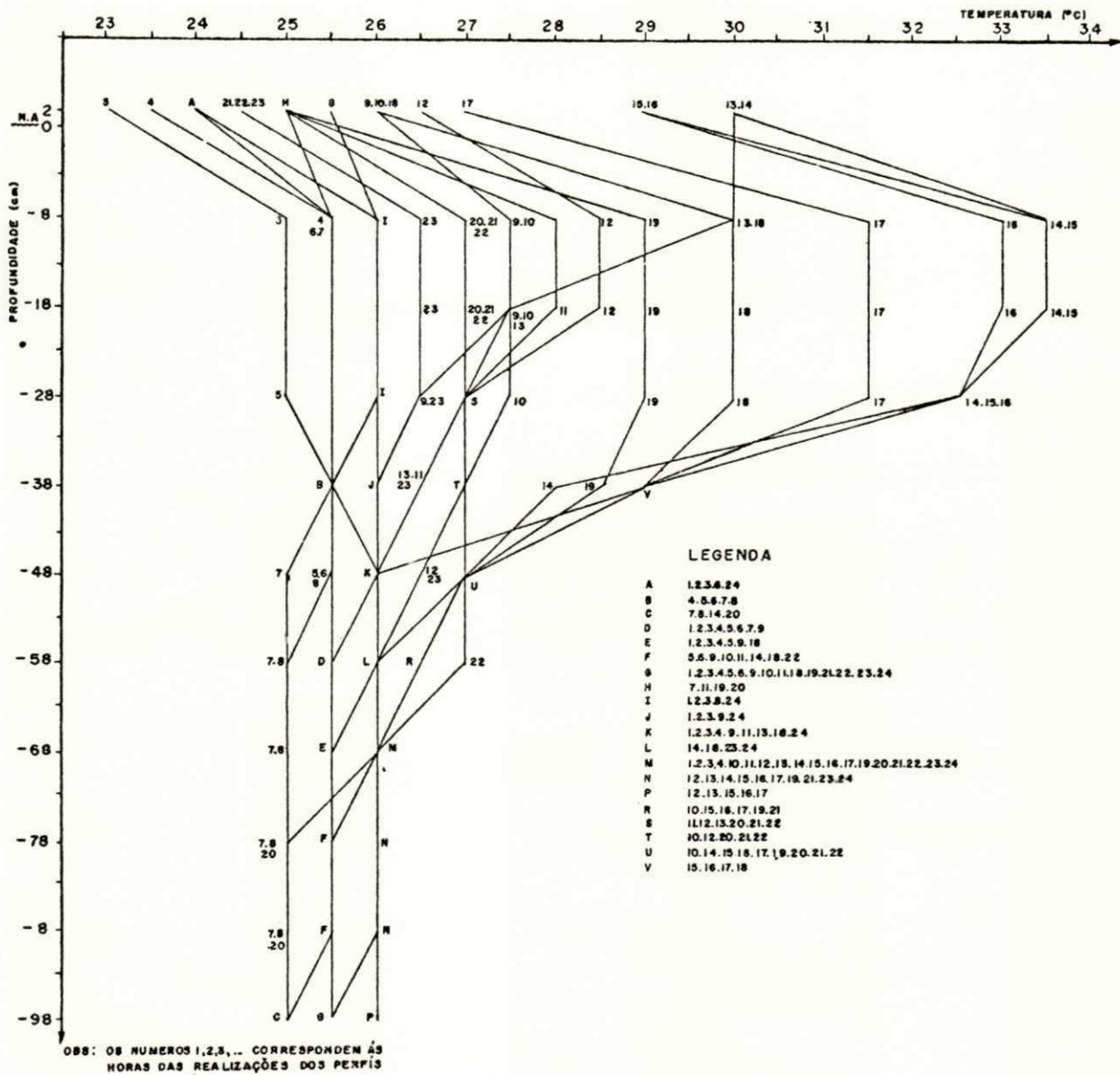


GRÁF. 6.5 - PERFIL DE TEMPERATURA (°C)  
Lagoa F<sub>2</sub>: 10-11/10/77



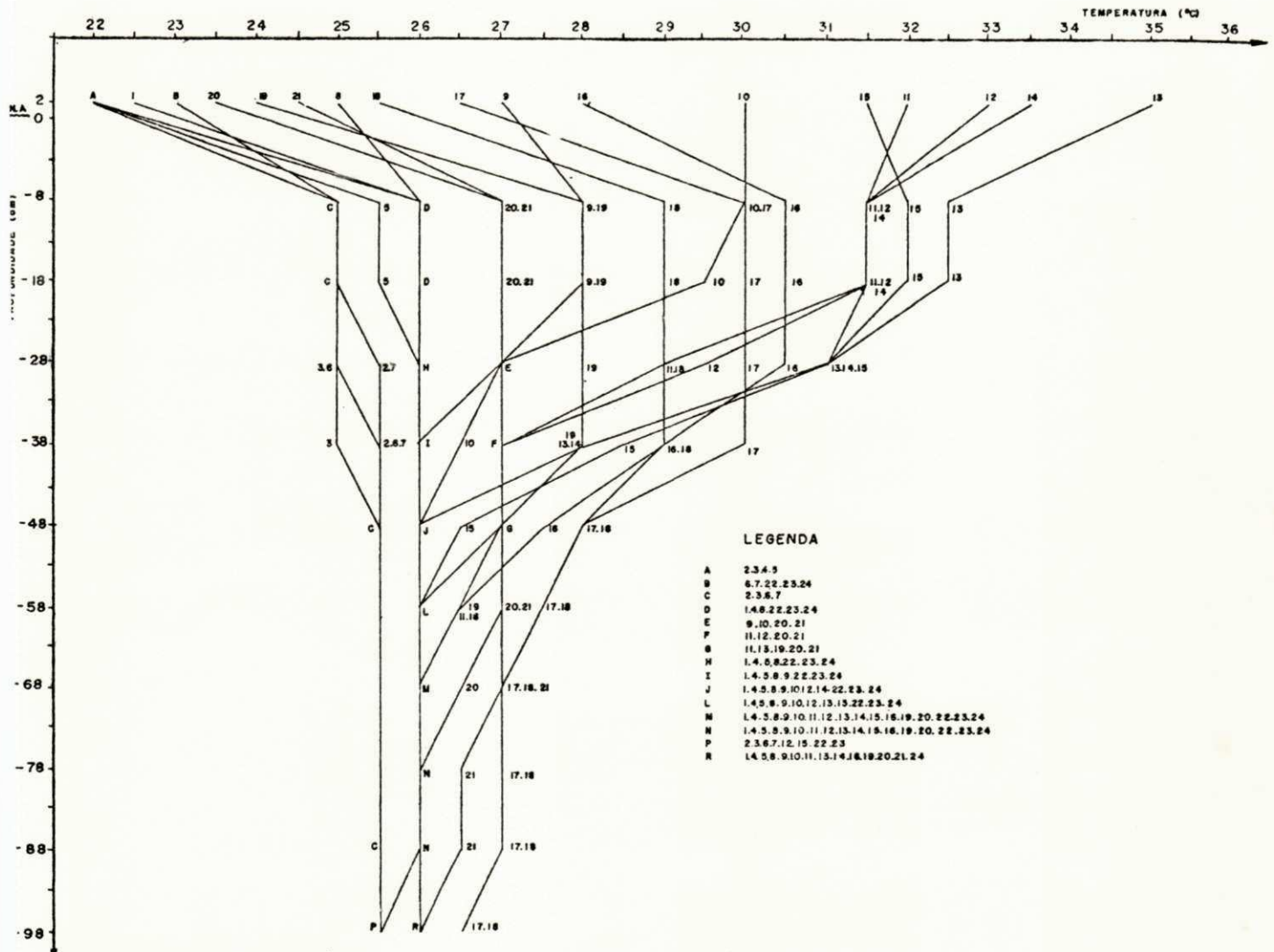
Obs: OS NÚMEROS 1, 2, 3, ... CORRESPONDEM AS HORAS DAS REALIZAÇÕES DOS PERFILS

GRÁF. 6.6 — PERFIL DE TEMPERATURA (°C)  
Lagoa F<sub>3</sub>: 24-25/10/77





GRÁF. 6.7 - PERFIL DE TEMPERATURA (°C).  
Lagoa F<sub>4</sub>: 19-20/10/77

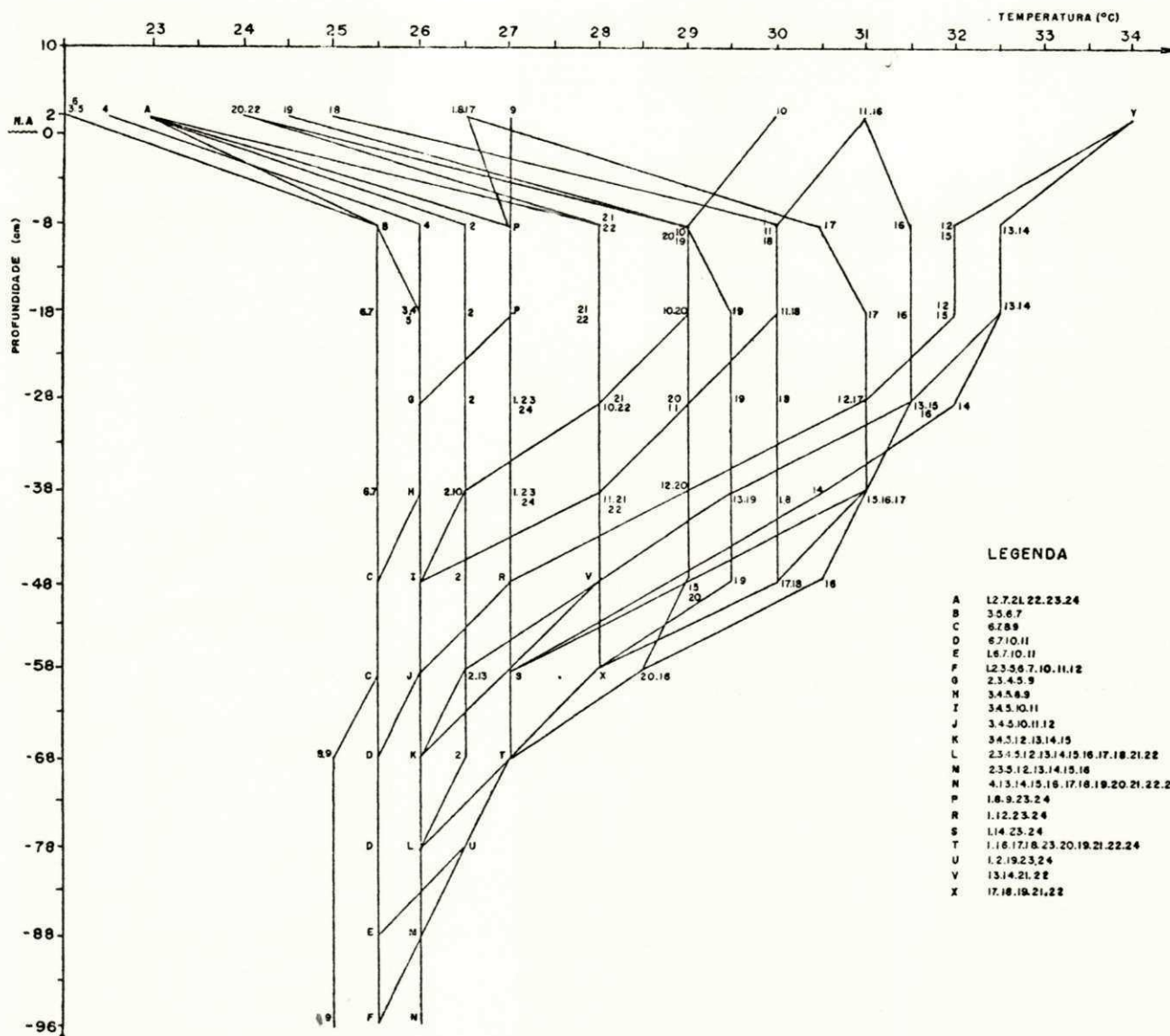


LEGENDA

- A 2,3,4,5
- B 6,7,22,23,24
- C 2,3,6,7
- D 1,4,6,22,23,24
- E 9,10,20,21
- F 11,12,20,21
- G 11,13,19,20,21
- H 1,4,5,8,22,23,24
- I 1,4,5,8,9,22,23,24
- J 1,4,5,8,9,10,12,14,22,23,24
- L 1,4,5,8,9,10,12,13,15,22,23,24
- M 1,4,5,8,9,10,11,12,13,14,15,16,19,20,22,23,24
- N 1,4,5,8,9,10,11,12,13,14,15,16,19,20,22,23,24
- P 2,3,6,7,12,15,22,23
- R 1,4,5,8,9,10,11,13,14,16,19,20,21,24

OBS: OS NUMEROS 1,2,3,... CORRESPONDEM AS HORAS DAS REALIZAÇÕES DOS PERFIS

GRÁF. 6.8 - PERFIL DE TEMPERATURA (°C)  
Lagoa F5: 12-13/10/77



LEGENDA

- A 12.7.21.22.23.24
- B 3.5.6.7
- C 6.7.8.9
- D 6.7.10.11
- E 1.6.7.10.11
- F 1.2.3.5.6.7.10.11.12
- G 2.3.4.5.9
- H 3.4.5.6.9
- I 3.4.5.10.11
- J 3.4.5.10.11.12
- K 3.4.5.12.13.14.15
- L 2.3.4.5.12.13.14.15.16.17.18.21.22
- N 2.3.5.12.13.14.15.16
- N 4.13.14.15.16.17.18.19.20.21.22.23.24
- P 1.6.9.23.24
- R 1.12.23.24
- S 1.14.23.24
- T 1.16.17.18.23.20.19.21.22.24
- U 1.2.19.23.24
- V 13.14.21.22
- X 17.18.19.21.22

OBS: OS NÚMEROS 1,2,3,... CORRESPONDEM ÀS HORAS DAS REALIZAÇÕES DOS PERFIS

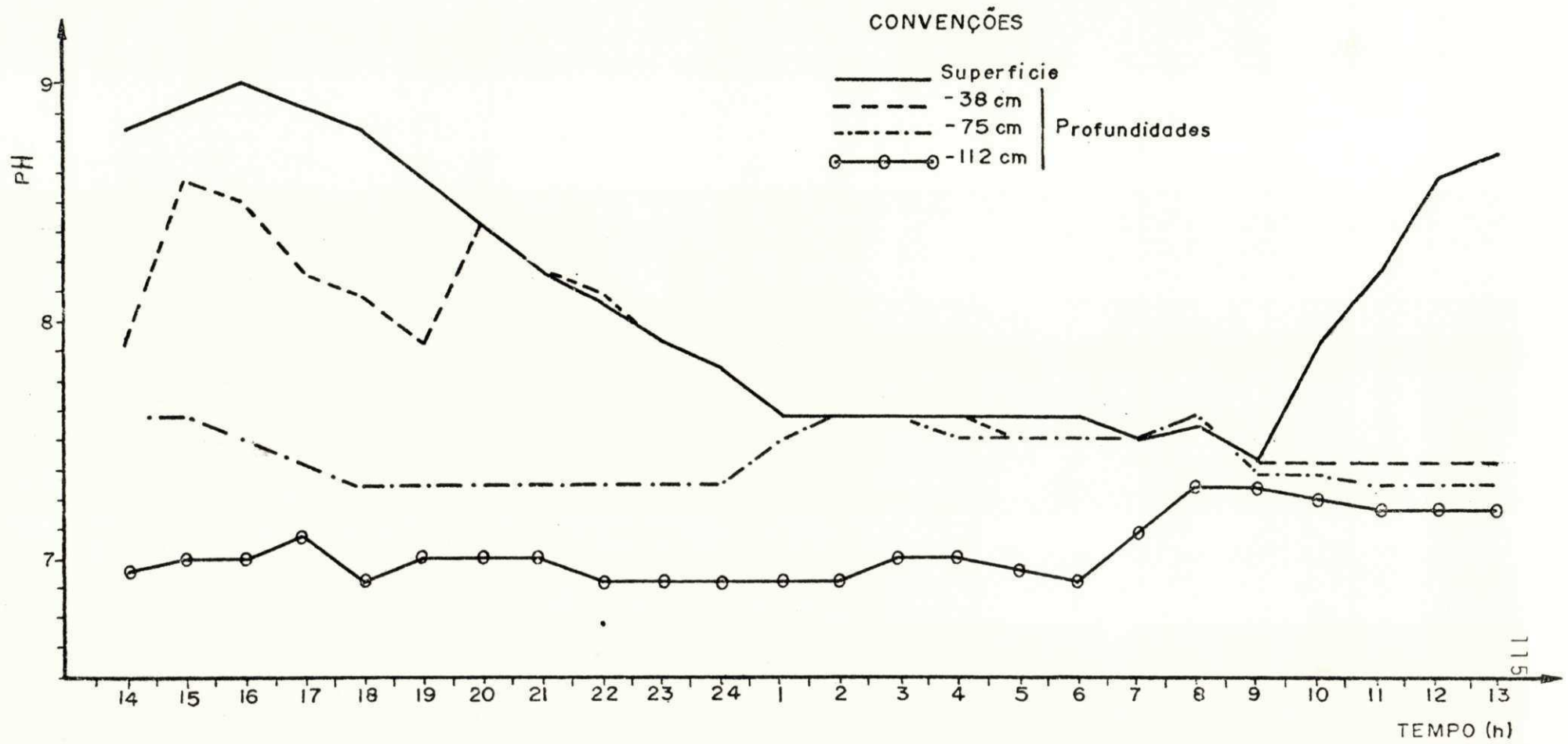
### 6.6.2 - GRÁFICOS DOS PERFIS DE pH

Os Gráficos 6.9, 6.10, 6.11 e 6.12 apresentam as variações do pH nas lagoas facultativas, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub> e F<sub>5</sub>, em diferentes níveis de profundidade com as leituras realizadas de hora em hora durante um período de 24 horas consecutivas, em função do pH e do tempo em hora.

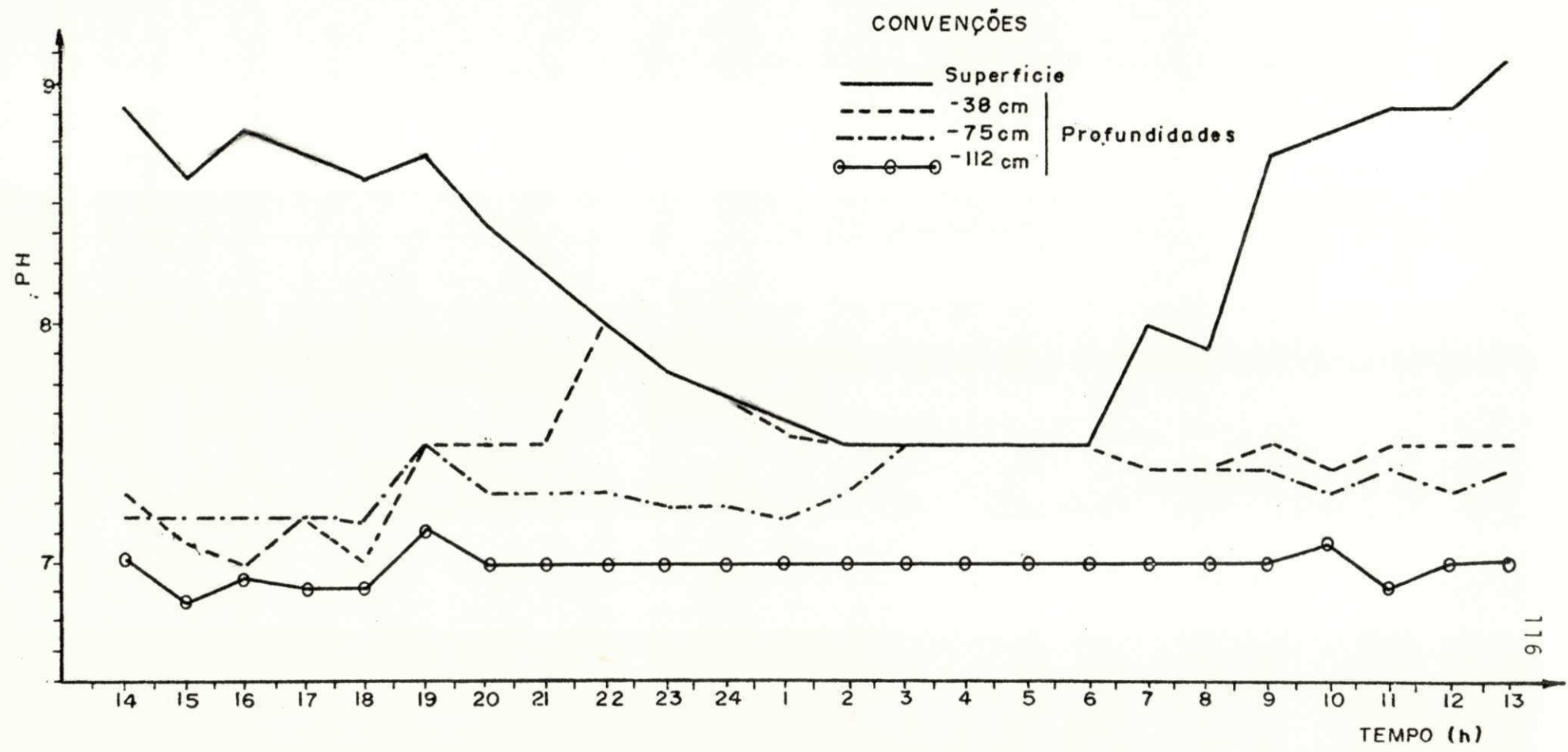
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA  
Pró-Reitoria Para Assuntos do Interior  
Coordenação Setorial de Pós-Graduação  
Rua Aprígio Veloso, 832 - Tel (083) 321-7222-R 355  
58.100 - Campina Grande - Paraíba



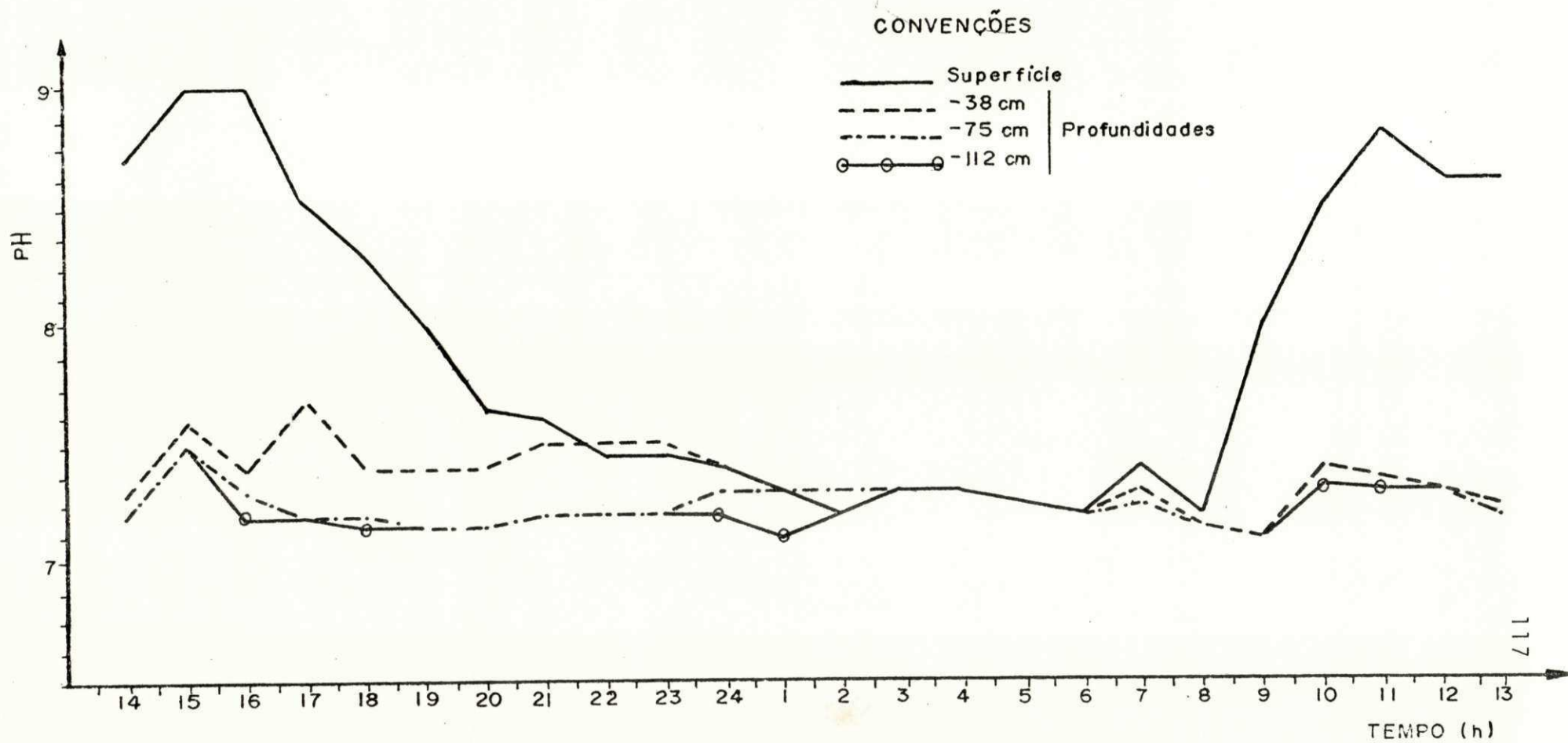
GRÁF. 6.9 - PERFIL DE PH  
Lagoa F<sub>2</sub>: 10-11/10/77



GRÁF. 6.10 - PERFIL DE PH  
Lagoa F<sub>3</sub>: 24-25/10/77

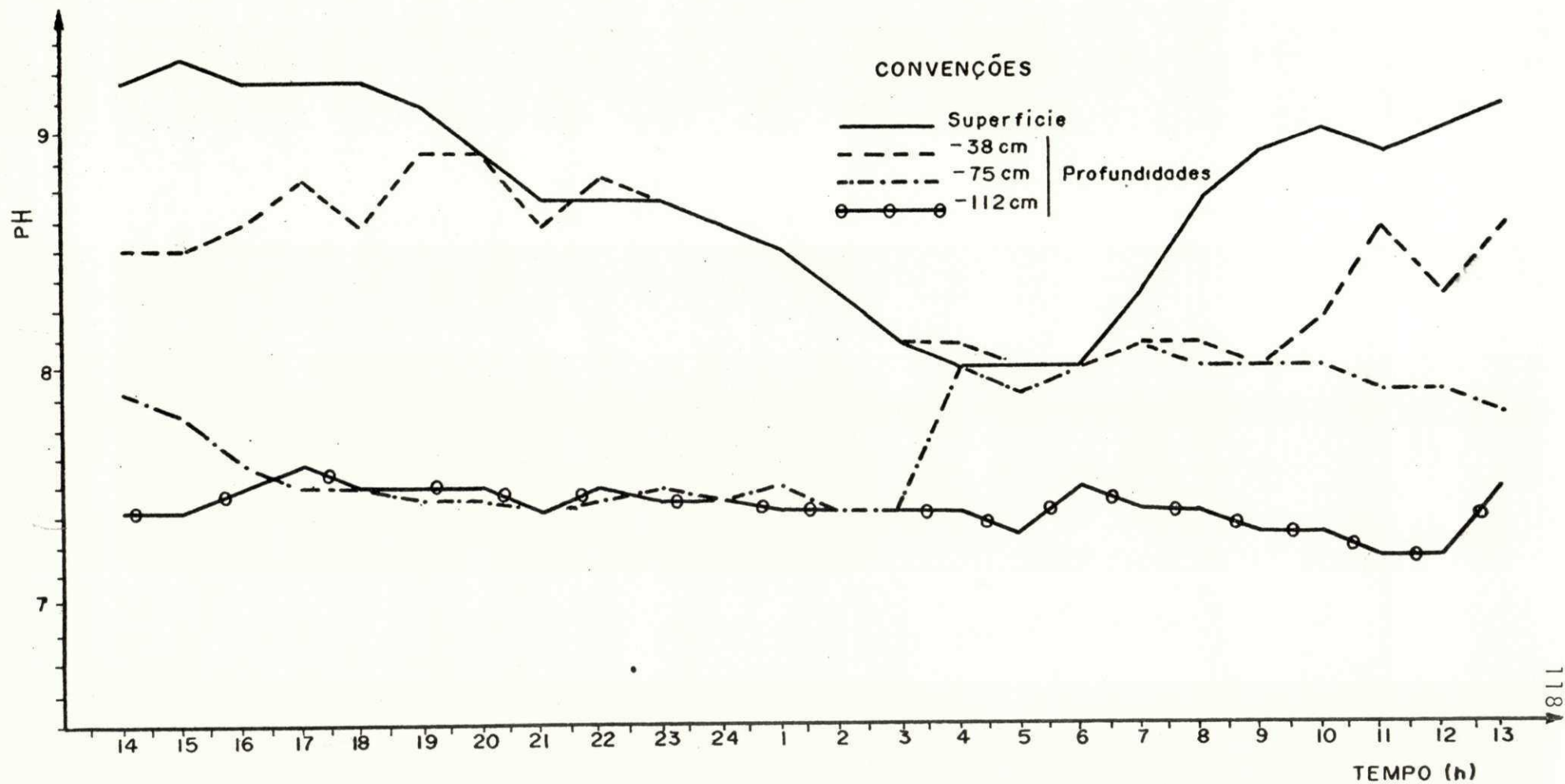


GRÁF. 6.11 — PERFIL DE PH  
Lagoa F<sub>4</sub>: 19-20/10/77





GRÁF. 6.12 - PERFIL DE PH  
Lagoa F<sub>5</sub>: 12-13/10/1977

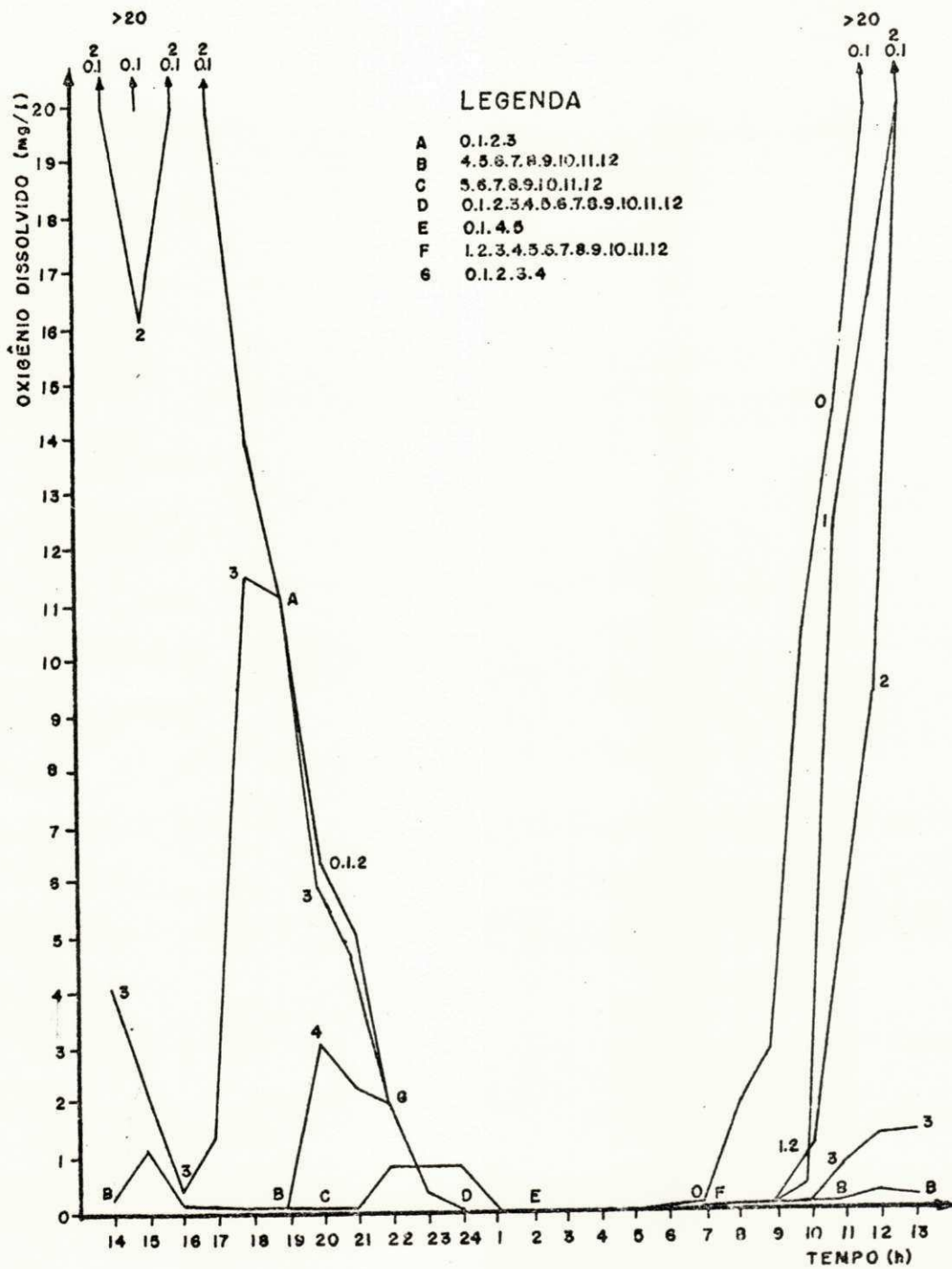


### 6.6.3 - GRÁFICOS DOS PERFIS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO - OD

Os Gráficos 6.13, 6.14, 6.15 e 6.16 apresentam os perfis de oxigênio dissolvido, OD, das lagoas facultativas F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub> e F<sub>5</sub> em função do tempo, em hora, e do oxigênio dissolvido em mg/l, mostrando graficamente as variações em diferentes profundidades representadas por números.

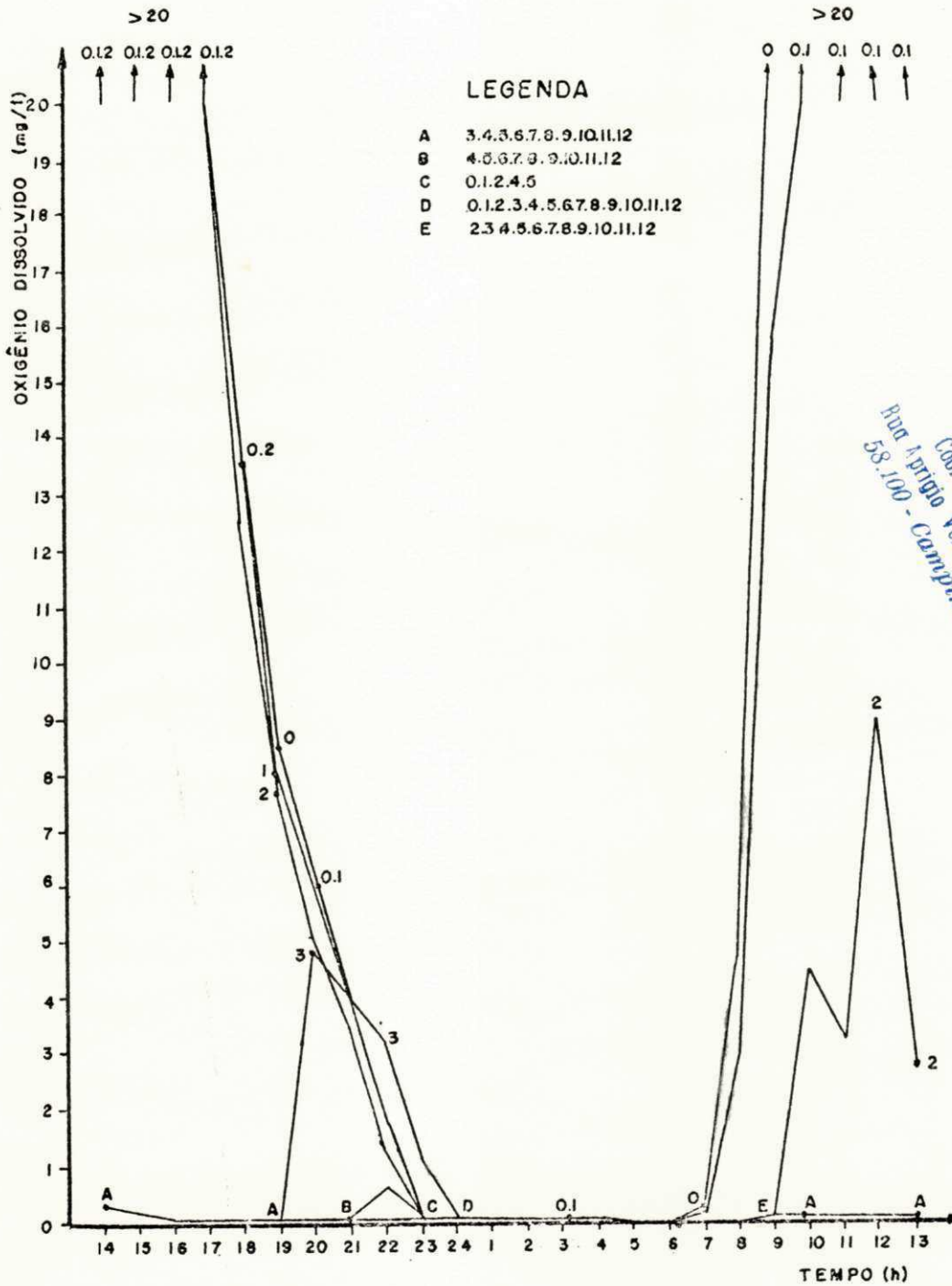
As leituras foram registradas de hora em hora em um período de 24 horas consecutivas.

GRÁF. 6.13 - OXIGÊNIO DISSOLVIDO  
Lagoa F<sub>2</sub>: 16-17/11/77





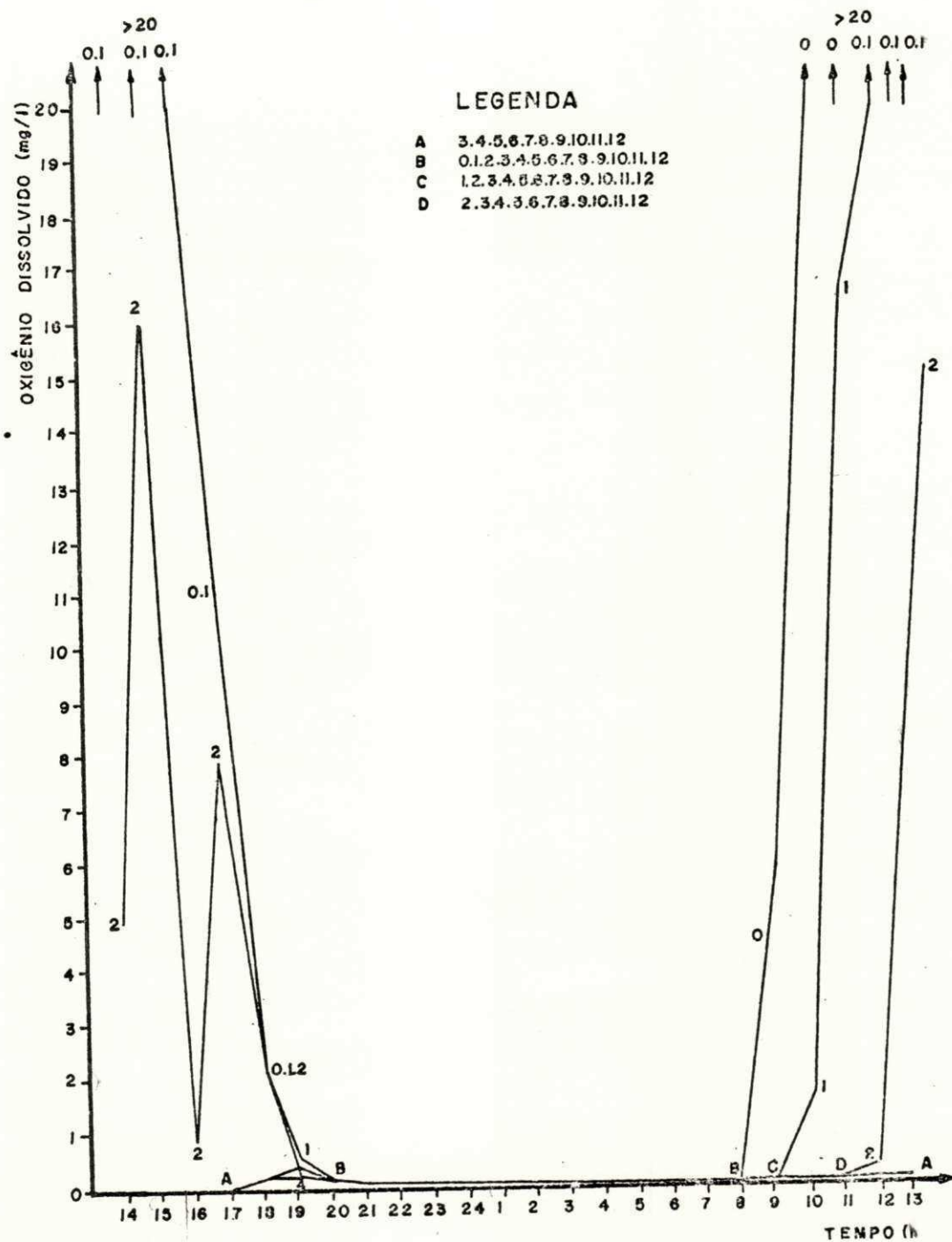
GRÁF. 6.14 - OXIGÊNIO DISSOLVIDO  
Lagoa F<sub>3</sub>: 24-25/10/77



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA  
 P.O. - Reitoria - Para Assuntos do Interior  
 Condenação - Setorial de Pós-Graduação  
 Rua Aprígio Veloso, 882 - Tel (085) 321 7222 - R. 355  
 58.100 - Campina Grande - Paraíba

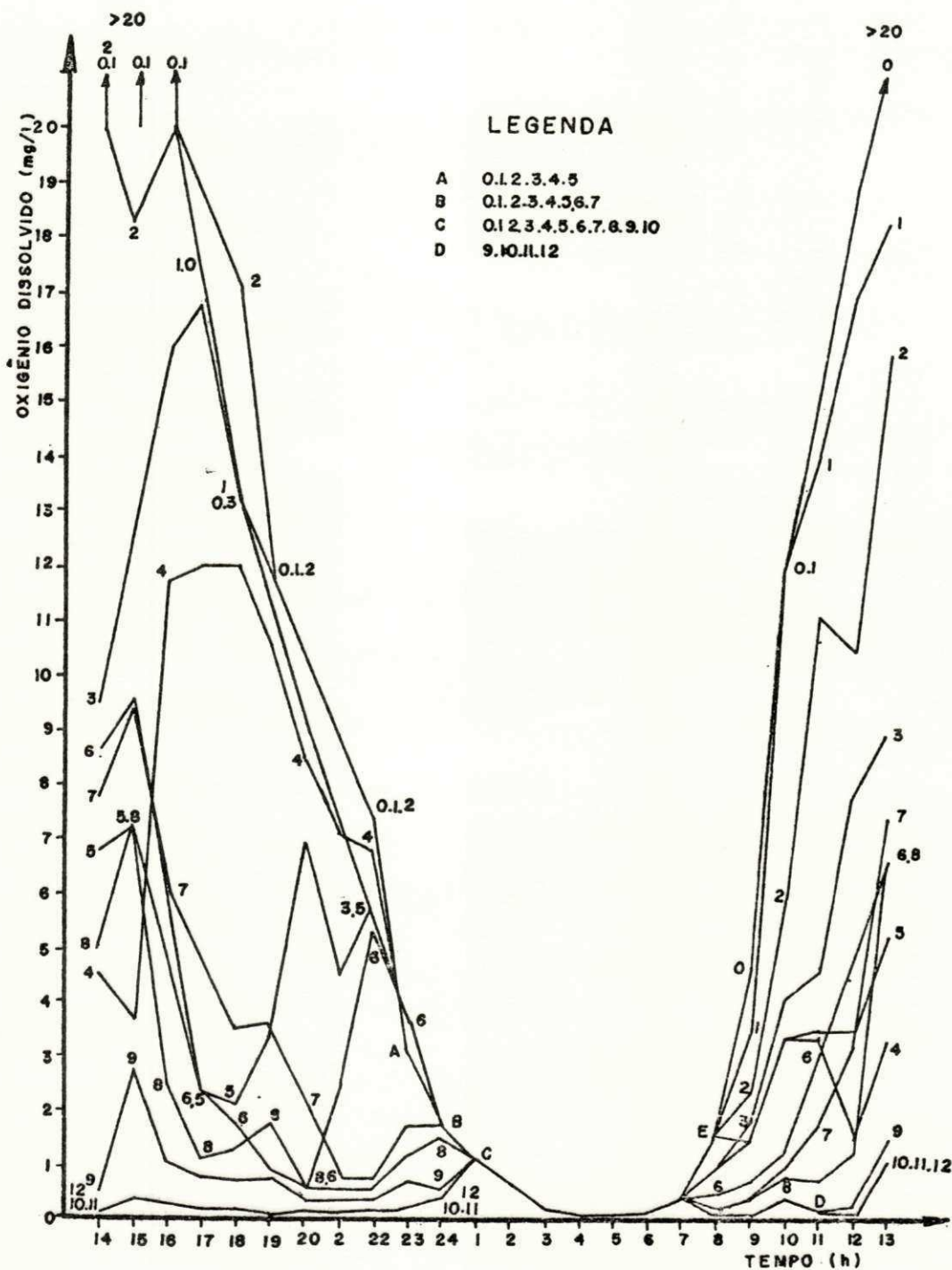
**OBS:**  
 OS NÚMEROS 0,1,2,3,... CORRESPONDEM ÀS LEITURAS EM PROFUNDIDADES,  
 REALIZADAS NA SUPERFÍCIE E DE 10 EM 10cm ABAIXO DO NÍVEL DA  
 ÁGUA.

GRÁF. 6.15 - OXIGÊNIO DISSOLVIDO  
Lagoa F<sub>4</sub>: 19-20/10/77



OBS:  
OS NÚMEROS 0,1,2,3,... CORRESPONDEM ÀS LEITURAS EM PROFUNDIDADES,  
REALIZADAS NA SUPERFÍCIE E DE 10 EM 10cm ABAIXO DO NÍVEL DA  
ÁGUA.

GRAF. 6.16 - OXIGÊNIO DISSOLVIDO  
Lagoa F5: 12-13/10/77



OBS:

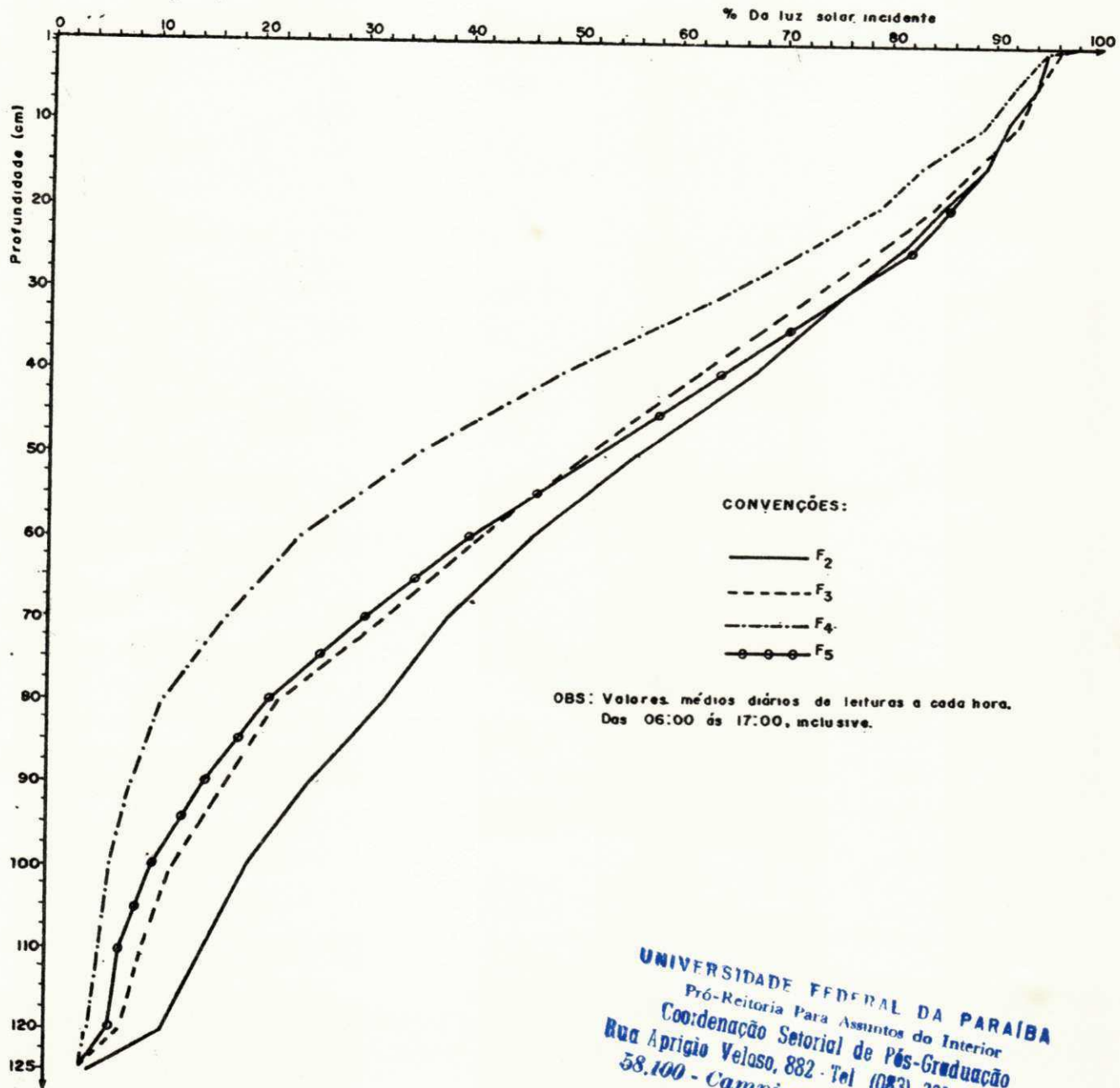
OS NÚMEROS 0,1,2,3,... CORRESPONDEM ÀS LEITURAS EM PROFUNDIDADES, REALIZADAS NA SUPERFÍCIE E DE 10 EM 10cm ABAIXO DO NÍVEL DA ÁGUA.



6.6.4 - GRÁFICO DO PERFIL DE PENETRAÇÃO DE LUZ SOLAR

O Gráfico 6.17 apresenta as médias das porcentagens de variações de penetração de luz solar em diferentes níveis de profundidades, registradas de hora em hora, nas lagoas facultativas  $F_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$  e  $F_5$ , das 6:00 horas às 17:00 horas.

GRAF. 6.17 - PERFIL DE PENETRAÇÃO DE LUZ SOLAR

F<sub>2</sub> e F<sub>5</sub> - 26/09/77.F<sub>3</sub> e F<sub>4</sub> - 27/09/77.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
 Pró-Reitoria Para Assuntos do Interior  
 Coordenação Setorial de Pós-Graduação  
 Rua Aprígio Veloso, 882 - Tel (083) 321-7222-R 355  
 58.100 - Campina Grande - Paraíba

## CAPÍTULO VII

### D I S C U S S Ã O

Sendo a temperatura um dos principais fatores de influência a se considerar no desempenho das lagoas de estabilização, nesta pesquisa foram determinadas temperaturas máximas, mínimas e médias nas lagoas.

Os resultados mantiveram-se sempre favoráveis a bio-degradação da matéria orgânica.

No Quadro 6.1 verifica-se que as temperaturas dos efluentes das lagoas na hora da coleta de rotina foram inferiores à temperatura do esgoto bruto afluente nas lagoas, e pouco diferenciaram das temperaturas médias na massa líquida das mesmas. Assim sendo, pode-se dizer que os dados de temperaturas referentes ao efluente das lagoas na hora da coleta de rotina, às 08:00 hs, podem ser considerados como dados da temperatura de toda massa líquida da lagoa na mesma hora. Pelos perfis apresentados nos gráficos 6.1, 6.2, 6.3 e 6.4 pode-se ver pequenas variações nessa ho



ra. Das 23:00 às 08:00 hs do dia seguinte, não houve variação da temperatura com a profundidade, havendo estratificação no período compreendido entre 09:00 e 22:00 hs. Verifica-se esse comportamento nas horas em que a temperatura do ar é inferior à temperatura das camadas inferiores da massa líquida, havendo resfriamento das camadas superiores com o conseqüente aumento da densidade do líquido a ponto de se formarem correntes de convecção térmica propiciando completa mistura. Nas horas em que a temperatura do ar é maior que a temperatura da massa líquida, as camadas inferiores têm maior densidade e a transferência de calor se dá por condução, transferência lenta, que admite a formação de um gradiente de temperatura, crescente do fundo para a superfície da lagoa.

Nos perfis dos gráficos 6.5, 6.6, 6.7 e 6.8 observa-se que as variações de temperatura que ocorrem durante o dia são mais elevadas nas camadas superiores da massa líquida e que durante a noite essas variações diminuem sensivelmente devido a mistura provocada por correntes de convecção térmica.

No quadro 6.2 verifica-se que na coleta de rotina, os resultados médios mensais de pH mostram pequenas variações mensais. Essas variações do pH do esgoto bruto têm como causa principal a precipitação pluviométrica da região e conseqüentemente a diluição dos esgotos. Nas lagoas facultativas, as variações são resultantes da insolação, que promove a atividade fotossintética das algas, res-

ponsável pelo consumo de  $\text{CO}_2$ , atingindo valores bem maiores que nas águas residuárias brutas.

Pelos perfis dos gráficos 6.9, 6.10, 6.11 e 6.12 observa-se que as maiores variações de pH ocorrem nas superfícies das lagoas e as menores nas regiões mais profundas onde existe uma camada anaeróbia.

Nas horas de intensa iluminação nas lagoas forma-se um gradiente de pH que cresce do fundo para a su perfície, e nas horas em que não há iluminação cessa a atividade fotossintética, diminuindo assim o pH.

Durante algumas horas da noite o pH de to da a lagoa é mais estável porque não há a influência variável da atividade fotossintética, e mais uniforme em relação a profundidade devido a mistura provocada por correntes de convecção térmica.

Nos gráficos 6.13, 6.14, 6.15 e 6.16, dos perfis de oxigênio dissolvido, observa-se que nas horas em que há intensa iluminação existe supersaturação nas camadas superiores e que em determinadas horas da noite a concentração de oxigênio dissolvido diminui sensivelmente. Esse comportamento justifica-se pela atividade fotossintética das algas nas horas de intensa luminosidade, contudo, esta alta eficiência verifica-se apenas nas camadas superiores. As concentrações máximas de oxigênio dissolvido para as camadas inferiores não ocorrem nas horas de intensa luminosidade e sim quando o oxigênio produzido nas camadas superiores

alcançam os inferiores por difusão ou mistura. Desse modo tem-se, para estas horas, altas concentrações de oxigênio dissolvido e esse oxigênio é quase que totalmente consumido pelas bactérias nas camadas inferiores de menor atividade fotossintética.

Ao anoitecer, a temperatura ambiente tende a diminuir havendo então inversão do gradiente de temperatura na massa líquida permitindo uma mistura.

A partir desse momento pode-se observar que a concentração de oxigênio dissolvido diminui nas camadas superiores aumentando nas inferiores, de tal forma que é encontrado em várias profundidades ainda que em pequenas quantidades. Nessas ocasiões, quando acontece a mistura, a luminosidade já é insuficiente e basicamente não há atividade fotossintética. O oxigênio dissolvido, presente no momento, é consumido rapidamente por uma grande população bacteriana desenvolvida sob ótimas condições metabólicas nas horas anteriores e, como não há compensação por produção fotossintética, a concentração de oxigênio dissolvido diminui rapidamente em todos os níveis.

Os dados de DBO, apresentados em médias mensais no quadro 6.3, são os resultados dos testes do esgoto bruto e efluentes das lagoas realizados às 8:00 hs em amostras de coletas de rotina. Todos os valores representam a DBO de 5 dias a 20 °C. Não houve remoção de algas antes dos testes, portando a eficiência apresentada mostrou poucas



variações, em termos de redução, quando comparadas com outros estudos.

Embora os resultados dos testes de DBO com a presença de algas sejam indicativos das condições mais desfavoráveis à descarga de efluentes com algas em corpos receptores, não causa necessariamente prejuízo.

Observou-se que as porcentagens médias, durante os 19 meses de pesquisa, pouco diferenciaram se comparadas com a carga orgânica afluyente que foi da ordem de 298 mg/l para tempos de detenção de 11,86; 12,12; 9,60 e 18,80 dias.

Esses resultados mostram que lagoas facultativas, na Região Nordeste, carregadas com cargas de 400 kg DBO<sub>5</sub>/ha.dia, têm perfeitas condições de funcionamento, apresentando uma redução média na ordem de 84%, como se verificou neste trabalho.

Quanto aos sólidos, mostrados nos quadros 6.12 e 6.13, os resultados apresentaram pequenas diferenças entre as lagoas. Devido a grande proliferação de algas, as porcentagens de remoção de sólidos totais voláteis e sólidos filtráveis foram muito pequenas em relação aos demais tipos de sólidos.

Com referência aos sólidos totais, sólidos totais fixos, sólidos em suspensão e sólidos sedimentáveis foram verificadas remoções consideráveis, não havendo muita diferença de resultados entre as lagoas, e como consequência as médias pouco variaram.

Esperava-se maior concentração de sólidos no efluente da lagoa  $F_4$  devido a maior taxa de carga orgânica afluente, mas verificou-se que essa concentração não é significativamente afetada pela taxa de carga orgânica.

Os resultados médios mensais de nitrogênio amoniacal são apresentados no quadro 6.5 mostrando considerável redução. Essa redução justifica-se pela utilização desse nitrogênio pelas algas em seu processo metabólico, portanto as reduções observadas nas demais formas desse elemento, ao longo do processo, é relativamente desprezível.

No quadro 6.6 têm-se os resultados médios mensais de nitrato que pouco variaram de um mês para outro. As diferenças entre as médias são pequenas, chegando até a igualdade de dados entre afluente e efluente.

Já o fósforo total e o fosfato solúvel, apresentados nos quadros 6.7 e 6.8, tiveram reduções que mostram sua utilização pelas algas em seu processo metabólico.

Pelo que pode ser observado no quadro 6.10 houve razoável redução da alcalinidade total causada pela atividade fotossintética das algas. Pelos resultados determinados nos efluentes das lagoas  $F_2$ ,  $F_3$  e  $F_4$ , nota-se que houve atividades fotossintéticas muito semelhantes, e superiores às da lagoa  $F_5$ .

O dióxido de carbono, existente em equilíbrio com o bicarbonato e os íons de carbonato, é vantajoso

para o desenvolvimento das algas. Como esse dióxido de carbono é removido, a concentração de íons de carbonato aumenta, resultando também em um aumento da concentração de hidroxyl e pH, havendo conseqüentemente uma diminuição da alcalinidade.

As porcentagens de reduções de coliformes fecais e estreptococos fecais, mostrados nos quadros 6.14 e 6.15, comparadas com os valores que têm sido normalmente apresentados como de eficiência em lagoas primárias, foram superiores às indicadas na literatura existente.

Os resultados de penetração de luz solar, apresentados nos quadros 6.17, 6.18, 6.19 e 6.20, mostram variações mais acentuadas a partir de 70 cm de profundidade, favorecendo as condições anaeróbias. Nas camadas superiores os raios solares atingem maiores proporções permitindo um melhor desempenho fotossintético na lagoa.

Nos quadros 7.1, 7.2, 7.3 e 7.4 têm-se os valores médios mensais das vazões afluentes que por sua vez apresentaram variações na ordem de  $\pm 2\%$ , controladas por calibrações quinzenais das bombas. Com relação a estas vazões e ao volume da lagoa, que é fixo, têm-se as variações do tempo de detenção,  $t^*$ , podendo-se dessa maneira calcular as cargas superficiais,  $\lambda_s$  e, as cargas removidas,  $\lambda_r$ , mensais, das lagoas em estudo, confirmando as cargas afluentes e as remoções alcançadas, conforme constam nos Capítulos V e VI.

Os valores médios da constante de degrada -



ção de primeira ordem,  $K_1$  em  $d^{-1}$ , para a remoção de  $DBO_5$  e,  $K_b$  em  $d^{-1}$ , para remoção de coliformes fecais e estreptococos fecais, baseados nas médias mensais dos quadros: 6.3, 6.14, 6.15, 7.1, 7.2, 7.3 e 7.4, calculados através das equações 4.9 e 4.32 e, supondo-se que as lagoas são reatores de completa mistura, estão apresentados no quadro 7.5. Esses resultados podem ser comparados com  $0,58 d^{-1}$  e  $0,40 d^{-1}$ , calculados da equação de Arrhenius apresentados por Marais (25) e Mara (21) para a variação de  $K_1$  (DBO com a temperatura) e com o valor de  $7,4 d^{-1}$  derivada da equação apresentada por Marais (31) para avaliação de variação de  $K_b$  (C. F.) com a temperatura. Marais (31) ressalta que essa equação não é válida para temperaturas acima de  $21^{\circ}C$ , porque haveria, segundo ele, "uma grande diminuição" na remoção de bactérias coliformes; os resultados alcançados nesta pesquisa mostram porém que à temperatura média de  $25^{\circ}C$  consegue-se eficiências que sugerem que esta observação nem sempre é verdadeira (36).

QUADRO 7.1 - RESULTADOS DAS VARIAÇÕES MENSAIS DAS VAZÕES, Q, TEMPOS DE DETENÇÃO,  $t^*$ , CARGAS SUPERFICIAIS,  $\lambda_s$ , e REMOÇÕES,  $\lambda_r$ , DA LAGOA FACULTATIVA 2, F<sub>2</sub>.

PARAME TROS MESES	Q (m <sup>3</sup> /dia)	t* (dia)	$\lambda_s$ (kg.DBO <sub>5</sub> /ha.dia)	$\lambda_r$ (kg.DBO <sub>5</sub> /ha.dia)
JUN/77	20,952	11,51	335,58	284,54
JUL	20,640	11,69	167,88	132,59
AGO	20,448	11,80	226,70	190,68
SET	20,328	11,87	271,69	242,21
OUT	20,328	11,87	312,76	265,37
NOV	20,280	11,90	422,27	363,45
DEZ	20,328	11,87	381,21	334,88
JAN/78	20,400	11,83	370,88	319,10
FEV	20,040	12,04	257,48	213,87
MAR	20,400	11,83	384,62	342,35
ABR	20,232	11,92	345,01	277,89
MAI	20,280	11,90	238,45	199,58
JUN	20,160	11,97	270,47	231,83
JUL	20,328	11,87	243,26	211,67
AGO	20,448	11,80	274,36	242,58
SET	20,280	11,90	290,97	251,05
OUT	20,208	11,94	360,13	313,02
NOV	20,280	11,90	444,33	377,10
DEZ	20,208	11,94	365,37	304,65
MÉDIAS	20,341	11,86	314,08	- 268,76

QUADRO 7.2 - RESULTADOS DAS VARIAÇÕES MENSAIS DAS VAZÕES, Q, TEMPOS DE DETENÇÃO,  $t^*$ , CARGAS SUPERFICIAIS,  $\lambda_s$ , e REMOÇÕES,  $\lambda_r$ , DA LAGOA FACULTATIVA 3, F<sub>3</sub>

PARAME- TROS MESES	Q (m <sup>3</sup> /dia)	t* (dia)	$\lambda_s$ (kg.DBO <sub>5</sub> /ha.dia)	$\lambda_r$ (kg.DBO <sub>5</sub> /ha.dia)
JUN/77	19,968	12,21	316,34	283,58
JUL	19,704	12,37	158,65	133,39
AGO	20,280	12,02	222,55	187,19
SET	20,112	12,12	266,09	231,02
OUT	20,280	12,02	308,86	256,86
NOV	19,776	12,33	407,54	357,84
DEZ	19,680	12,39	365,21	301,65
JAN/78	19,560	12,46	352,13	306,98
FEV	19,776	12,33	251,42	206,81
MAR	20,016	12,18	373,56	321,22
ABR	19,728	12,36	332,73	285,19
MAI	20,232	12,05	235,48	199,17
JUN	19,992	12,19	265,59	219,44
JUL	19,416	12,55	230,08	193,23
AGO	20,160	12,09	267,78	229,53
SET	19,656	12,40	279,23	238,91
OUT	20,040	12,18	353,04	307,88
NOV	20,328	11,99	440,99	342,99
DEZ	20,112	12,12	359,94	311,47
MÉDIAS	19,967	12,22	304,83	258,80



QUADRO 7.3 - RESULTADOS DAS VARIAÇÕES MENSIS DAS VAZÕES, Q, TEMPOS DE DETENÇÃO,  $t^*$ , CARGAS SUPERFICIAIS,  $\lambda_s$ , e REMOÇÕES,  $\lambda_r$ , DA LAGOA FACULTATIVA 4, F<sub>4</sub>.

PARAME- TROS MESES	Q (m <sup>3</sup> /dia)	t* (dia)	$\lambda_s$ (kg.DBO <sub>5</sub> /ha.dia)	$\lambda_r$ (kg.DBO <sub>5</sub> /ha.dia)
JUN /77	22,824	10,41	371,04	314,60
JUL	23,136	10,27	191,09	148,49
AGO	24,528	9,68	276,34	224,69
SET	25,224	9,42	342,36	295,91
OUT	25,416	9,34	397,48	330,57
NOV	24,624	9,65	520,73	449,48
DEZ	24,720	9,61	470,86	355,10
JAN /78	24,960	9,52	460,87	389,97
FEV	25,080	9,47	327,35	238,91
MAR	24,960	9,52	477,94	433,30
ABR	25,176	9,43	436,11	361,88
MAI	25,128	9,45	300,26	255,29
JUN	25,224	9,42	343,68	282,64
JUL	25,128	9,45	305,56	252,65
AGO	24,960	9,52	340,07	291,49
SET	24,624	9,65	358,81	308,29
OUT	25,056	9,48	453,59	403,48
NOV	24,696	9,62	549,64	479,47
DEZ	25,056	9,48	460,18	377,11
MÉDIAS	24,740	9,60	388,02	325,52

QUADRO 7.4 - RESULTADOS DAS VARIAÇÕES MENSIS DAS VAZÕES, Q, TEMPOS DE DETENÇÃO,  $t^*$ , CARGAS SUPERFICIAIS,  $\lambda_s$ , e REMOÇÕES,  $\lambda_r$  DA LAGOA FACULTATIVA 5, F<sub>5</sub>.

PARAME- TROS MESES	Q (m <sup>3</sup> /dia)	$t^*$ (dia)	$\lambda_s$ (kg.DBO <sub>5</sub> /ha.dia)	$\lambda_r$ (kg.DBO <sub>5</sub> /ha.dia)
JUN/77	13,272	17,71	218,10	199,75
JUL	12,912	18,20	107,83	95,47
AGO	12,432	18,90	141,53	127,65
SET	12,288	19,12	168,67	152,33
OUT	12,216	19,24	192,96	168,92
NOV	12,792	18,37	276,54	249,73
DEZ	12,216	19,24	235,19	208,55
JAN/78	12,624	18,62	235,63	215,50
FEV	12,264	19,16	161,80	135,70
MAR	12,600	18,65	243,97	221,85
ABR	12,648	18,58	221,34	193,76
MAIO	12,432	18,90	150,13	136,90
JUN	12,504	18,79	172,30	156,33
JUL	12,408	18,94	152,46	134,64
AGO	12,528	18,76	172,57	159,25
SET	12,432	18,90	183,20	169,31
OUT	12,408	18,94	227,03	206,57
NOV	12,144	19,35	273,26	246,12
DEZ	12,528	18,76	232,54	205,22
MÉDIAS	12,500	18,80	198,14	178,19



QUADRO 7.5 - RESULTADOS DAS VARIAÇÕES MENSAIS E MÉDIAS, DAS CONSTANTES DE DEGRADAÇÕES DE PRIMEIRA ORDEM  $K_1$  e  $K_b$  em  $d^{-1}$

REATOR- RES	F <sub>2</sub>			F <sub>3</sub>			F <sub>4</sub>			F <sub>5</sub>		
	DBO <sub>5</sub> K <sub>1</sub>	K <sub>b</sub> <sup>CF</sup>	K <sub>b</sub> <sup>EF</sup>	DBO <sub>5</sub> K <sub>1</sub>	K <sub>b</sub> <sup>CF</sup>	K <sub>b</sub> <sup>EF</sup>	DBO <sub>5</sub> K <sub>1</sub>	K <sub>b</sub> <sup>CF</sup>	K <sub>b</sub> <sup>EF</sup>	DBO <sub>5</sub> K <sub>1</sub>	K <sub>b</sub> <sup>CF</sup>	K <sub>b</sub> <sup>EF</sup>
MESES												
JUN/77	0,48	7,93	11,70	0,71	9,55	25,85	0,53	11,43	16,50	0,61	8,41	9,27
JUL	0,32	10,25	22,16	0,43	12,26	16,09	0,34	8,21	14,79	0,42	26,50	17,80
AGO	0,45	5,49	16,86	0,44	8,58	21,68	0,45	5,28	21,85	0,49	9,40	44,92
SET	0,69	7,45	9,30	0,54	8,42	11,84	0,67	16,30	13,69	0,49	2,96	9,66
OUT	0,47	6,66	19,99	0,41	14,34	51,75	0,53	17,85	43,25	0,37	8,96	16,14
NOV	0,52	16,72	62,94	0,56	17,19	48,58	0,65	20,01	48,98	0,57	5,56	81,60
DEZ	0,61	11,71	12,41	0,38	16,87	25,57	0,32	18,49	18,06	0,41	11,75	10,96
JAN/78	0,52	8,28	13,89	0,55	14,54	28,35	0,58	8,79	17,99	0,57	5,92	16,19
FEV	0,41	4,19	44,21	0,38	7,51	15,31	0,29	5,45	19,61	0,27	3,59	9,23
MAR	0,68	9,81	14,17	0,50	12,28	21,98	1,02	11,43	15,21	0,54	6,68	7,27
ABR	0,35	4,97	8,16	0,49	9,67	18,46	0,52	9,30	13,46	0,38	8,98	7,95
MAI	0,43	10,91	17,06	0,46	10,77	16,85	0,60	6,28	11,38	0,55	18,41	19,22
JUN	0,50	5,55	10,29	0,39	5,11	11,50	0,49	6,61	12,63	0,52	9,65	22,32
JUL	0,56	6,82	20,83	0,42	5,65	12,67	0,51	7,93	13,50	0,40	10,77	19,95
AGO	0,65	6,18	9,35	0,50	6,46	13,11	0,63	9,55	18,12	0,64	15,05	28,54
SET	0,53	8,55	-	0,48	10,58	-	0,63	11,88	-	0,65	97,83	-
OUT	0,56	8,80	19,71	0,62	7,29	14,47	0,85	7,75	17,40	0,53	15,35	20,54
NOV	0,47	6,98	-	0,29	8,44	-	0,71	6,81	-	0,47	12,27	-
DEZ	0,41	29,40	-	0,53	12,73	-	0,48	12,00	-	0,40	15,58	-
MÉDIA	0,51	9,30	19,56	0,48	10,43	22,13	0,57	10,60	19,78	0,49	15,45	21,35



## CAPÍTULO VIII

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A água presta um serviço vital ao homem , diluindo e transportando os esgotos de uma sociedade moderna, mas se esse esgoto não for estabilizado, por instalações de tratamento, poderá vir a ser um grande agente poluidor.

O tratamento de esgotos constitui um dos pontos básicos dos programas de saúde pública em todos os países desenvolvidos do mundo.

Atualmente torna-se imperativo que todo país reconheça sua responsabilidade criando e incentivando o desenvolvimento de seus recursos hídricos para o benefício de toda humanidade.

As lagoas de estabilização oferecem meios, de tratamento de esgotos, simples e dignos de confiança. É entretanto mais um meio de tratar esgotos, nas mãos de ecologistas e engenheiros sanitaristas, esperando aplicações mais intensas e modernas.

O intento do presente estudo foi apresentar e analisar os resultados obtidos em lagoas piloto, facultativas, em uma pesquisa prática desenvolvida na EXTRABES com o intuito de contribuir para futuras determinações de parâmetros regionais.

Com relação aos resultados obtidos nesta pesquisa conclui-se e recomenda-se:

1. Que a realidade brasileira não comporta a simples importação da técnica alienígena sem as indispensáveis adaptações.
2. Que o processo de tratamento de esgotos através de lagoas facultativas mostrou funcionar satisfatoriamente na região nordeste com cargas de 400 kg  $DBO_5$ /ha.dia, apresentando redução média de 84% com tempo de detenção de aproximadamente 10 dias.
3. Que a concentração de nutrientes pouco variou de sistema para sistema, registrando boa redução devido ao desenvolvimento de algas.
4. Que a alcalinidade total, dos efluentes, pouco variou, em decorrência do pH.

5. Que a remoção de coliformes fecais e estreptococos fecais apresentou-se razoável, verificando-se dependência com relação ao tempo de detenção para obtenção de melhores remoções.
6. Que a lagoa facultativa apresenta pouca eficiência na remoção de sólidos em decorrência do crescente desenvolvimento de algas na massa líquida aeróbia.
7. Que a penetração de luz solar na lagoa facultativa não é constante, em relação ao tempo e a uma mesma profundidade, variando com a concentração de algas na massa líquida.
8. Que o oxigênio dissolvido chega a valores superiores a 20 mg/l até aos 20 cm de profundidade, proveniente do intenso desenvolvimento algológico nessa camada.
9. Que a constante de degradação de primeira ordem,  $K_1$ , para a remoção de  $DBO_5$  e,  $K_b$  para remoção de coliformes fecais e estreptococos fecais, apresentaram resultados médios de: 0,51, 11,4 e 20,7, respectivamente.
10. Que seja estudado o melhor ponto da



massa líquida, em profundidade, para instalação da tubulação efluente possibilitando reduções de algas e nutrientes no efluente; visto que na superfície o desenvolvimento dessas algas torna-se às vezes muito elevado causando problemas no corpo receptor.

11. Que sõ haveria necessidade de se utilizar misturador mecânico, com a finalidade de provocar constante e completa mistura das camadas da massa líquida, para se promover a quebra da estratificação térmica obtendo melhores eficiências.
12. Que se estude a eficiências de lagoas facultativas no período de inverno e verão, com variações de níveis.
13. Que todos os õrgãos que já tenham adotado ou venham a adotar o processo, se responsabilizem pela monitoração das lagoas, pelo menos durante o tempo necessário ao estabelecimento de parâmetros regionais.
14. Que o processo possa ser divulgado fora do meio técnico, sob orientação de õrgãos competentes do governo federal e estadual, objetivando conseguir melhor aceitação por parte das comunidades e responsáveis por setores industriais, através de incentivos fiscais e medidas correlatas.

## B I B L I O G R A F I A

1. JORDÃO, E. P. e PESSOA, C.A. "Tratamento de Esgotos Domésticos", São Paulo, CETESB, 1975.
2. SMALLHORST, D.F. "The History of Oxidation Ponds in the South-West"; proceedings of Symposium on Waste Stabilization Lagoons U.S.Public Health Service, Region VI, Kansas City, agosto de 1960.
3. OSWALD, W.J. "Research and Installation Experiences" in Waste Stabilization Lagoon, proceedings of a Symposium, Kansas City, agosto de 1960.
4. SVORE, JEROME H. "History of Raw Sewage Lagoons in the Midwest"; proceedings of Symposium on Waste Stabilization Lagoons U.S. Public Health Service, Region VI, Kansas City, agosto de 1960.
5. PARKER, C.D.; JONES, H.L. e TAYLOR, W.S. "Purification of Sewage in Lagoons"; Sewage Industrial Wastes - Junho de 1950. Vol. 22.
6. HOGGE, H.L e DOBK0, S.L. "Use of Sewage Ponds in Alberta, Canadá"; proceedings of Symposium on Waste Stabilization Loagoons, U.S.P.H.S, Região VI Kansas City, agosto de 1960.

7. GLOYNA, E.F. "Waste stabilization Ponds"; Monografia Nº 60, Organização Mundial de Saúde, Genebra, 1971.
8. VICTORETTI, B.A. "Contribuição ao Emprego de Lagoas de Estabilização como Processo para Depuração de Esgotos Domésticos"; São Paulo - CETESB, 1973.
9. CATÁLOGO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA - CBESS - I - ABES, Rio de Janeiro, Dezembro de 1975.
10. OSWALD, W.J. "Fundamental Factors in Stabilization Pond Design; in Eckenfelder, W.W. and Mac Cabe, J.: Advances in Biological Waste Treatment Macmillan CO New York, 1963 pág. 357-382.
11. BRADLEY, R.M, ALVARES DA SILVA, M.O.S. "Stabilization Lagoons Including Experience in Brazil"; Efluentes and Water Treatment Journal, Part 1 - December 1976 and Part 2 - December 1977.
12. SENA, OTÁVIO L.S. "Lagoas de Estabilização - Início do seu Uso no Brasil" - Revista Saneamento - DNOS Nº 36 - 1969.
13. AZEVEDO NETO, J.M; HESS, M.L e OUTROS. "Lagoas de Estabilização"; 2<sup>a</sup> Ed., São Paulo, BNH/ABES/CETESB, 1975.
14. EHLERS, V.M e WHILTINGTON, DICK: "Sewage Oxidation Ponds"; Texas State Department of Health Engineering Sanitária - ano 9 - Vol. 3. Outubro, 1953 pag. 27.
15. GOTASS, H.B e OSWALD, W.J. "Utilization of Solar energy for Waste Reclamation", revista Ingenieria Sanitaria (AIDIS), outubro, 1956.



16. CABOLERO, P.J. "Informaçõs sobre Lagunas de Oxidaciõn de Águas Negras", Revista Engenharia Sanitãria, Outubro, 1956.
17. SENRA, MANUEL OSWALDO ALVARES DA SILVA. "Lagoa de Estabilizaçãõ do R.C.G de Brasíliã" VI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitãria, pag. 294-304.
18. MARA, DAVID DUNCAN. "Sewage Treatment in Hot Climates"; A Wiley Intersciense Publication, 1976.
19. MORAIS, G.V.R e SHAW, V.A. "Transactions of the South African Institute of Civil Engineers, 3, 205, 1961.
20. MEIRING, P.G. et al. CSIR Special Repor Wat 34, Council for Scientific and Industrial Research, Pretõria - 1968.
21. MARA, D.D. "Design Manual for Sewage Lagoons in the Tropics"; East African Literature Bureau, Nairobi, 1975.
22. McGARRY, M.G. and Pescod M.B in Proceedings of the Second International Symposium on Waste Treatment Lagoons, Kansas City, MO, 1970.
23. MARA, D.D. "Water Research", 9, 595, (1975).
24. HERMANN, E.R. and GLOYNA, E.F. "Sewage and Industrial Wastes, 30, 963, (1958).
25. MARAIS, G.V.R. "Bulletin of the World Health Organization", 34, 737 (1966).
26. HUANG, J.C. and GLOYNA, E.F. "Water Research", 2, 459 (1968).

27. GLOYNA, E.F. "Waste Stabilization Ponds", World Health Organization, Geneva, 1971.
28. HUNT, M.A. and WESTENBERG, H.J. Journal and Proceedings of the Institute of Sewage Purification, 3, 230(1964).
29. CANTER, L.W. and ENGLANDE, A.J. Journal of the Water Pollution Control Federation, 42, 1840 (1970).
30. MARAIS, G.V.R. In "Proceedings of the Second International Symposium on Waste Treatment Lagoons", Kansas City, University of Kansas, Lawrence, 1970.
31. MARAIS, G.V.R. "Journal of the Environmental Engineering Division", American Society of Civil Engineers, 100, 119, (1974).
32. STANDARD METHODS. "For Examination of Water and Waste - water" American Public Health Association, Washington D.C., 14 th Edition, 1975.
33. BIOLOGICAL ANALYSIS OF WATER AND WASTEWATER APPLICATION. Manual AM 302, Millipore Corporation - 1973.
34. THE BACTERIOLOGICAL EXAMINATION OF WATER SUPPLIES. Reports on Public Health and Medical Subjects Nº 71 , 1969.
35. MARA, D.D. "Bacteriology for Sanitary Engineers" Churchill Livingstone, 1974.
36. MARA, D.D. and SILVA, Salomão Anselmo. "Sewage Treatment in Waste Stabilization Ponds: Recent Research in Northeast Brazil". - 1978.

**ANEXO I** - Dados Meteorológicos dos boletins informativos da Estação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, no Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNP-Algodão) em Campina Grande - Paraíba.

Janeiro de 1977 a Dezembro de 1978.



PERIODO: JANEIRO/77 A DEZEMBRO/78.

MESES		PRESSAO MEDIA A QC M/B	TEMPERATURA DO AR QC			UMIDADE RELATIVA MEDIA DO AR %	EVAP. (mm)	INSOL. HORAS	VELOCIDADE DO VENTO A 10m(m/s)	NEBUL. MEDIA	PRECIP. PLUVIO- METRICA
			MAX.	MIN.	MED.						
JAN/ 77	TOT.	-	-	-	-	-	140,6	139,3	-	-	65,9
	MED.	950,0	27,7	20,1	24,0	76,6	4,6	4,5	8,1	8,2	2,2
	MAX.	951,6	30,7	21,0	25,2	94,0	8,8	9,4	10,0	10,0	38,2
	MIN.	947,7	24,2	18,8	22,2	60,0	0,7	0,0	5,0	5,7	0,0
FEV	TOT.	-	-	-	-	-	178,6	186,8	-	-	24,9
	MED.	950,8	29,0	20,4	24,7	74,4	6,4	6,7	7,2	6,6	0,9
	MAX.	954,1	30,7	21,6	26,0	91,0	10,3	9,8	13,0	8,7	7,9
	MIN.	947,9	26,2	17,8	23,3	64,0	1,0	1,0	5,0	4,0	0,0
MAR	TOT.	-	-	-	-	-	234,5	244,4	-	-	35,0
	MED.	950,0	29,7	21,6	25,4	72,1	7,6	7,9	3,6	7,0	1,2
	MAX.	952,7	31,3	22,9	26,8	83,7	10,0	11,1	5,8	9,3	13,2
	MIN.	947,3	25,1	19,9	23,7	63,3	2,6	0,6	2,8	4,3	0,0
ABR	TOT.	-	-	-	-	-	102,7	189,1	-	-	234,6
	MED.	949,9	27,2	22,5	24,5	80,4	3,4	6,3	6,9	8,0	7,8
	MAX.	952,2	29,7	23,4	26,0	89,3	8,5	9,8	10,0	9,7	74,3
	MIN.	948,0	23,5	20,9	22,6	72,0	0,3	1,2	4,0	3,6	0,0
MAI	TOT.	-	-	-	-	-	89,9	184,5	-	-	89,7
	MED.	951,1	25,6	21,9	23,6	82,7	2,9	6,0	5,7	7,2	2,9
	MAX.	953,0	27,5	22,8	24,4	94,3	6,3	9,2	8,7	9,7	22,8
	MIN.	949,7	22,4	20,3	21,9	75,0	0,9	0,8	2,7	4,3	0,00
JUN	TOT.	-	-	-	-	-	70,7	114,0	-	-	120,4
	MED.	952,4	23,8	21,0	22,2	87,0	2,4	3,8	5,9	8,4	4,0
	MAX.	953,9	26,4	22,4	23,7	95,7	4,5	8,8	10,0	10,0	25,3
	MIN.	951,4	21,0	19,5	20,6	80,3	0,4	0,0	2,7	5,7	0,0
JUL	TOT.	-	-	-	-	-	66,5	116,8	-	-	191,4
	MED.	953,0	23,7	18,2	20,9	91,0	2,2	3,8	5,6	8,1	6,2
	MAX.	955,1	26,0	19,2	22,5	96,0	4,6	9,8	8,7	10,0	17,9
	MIN.	950,5	21,1	16,8	19,7	77,0	0,4	0,0	1,7	4,0	0,0
AGO	TOT.	-	-	-	-	-	130,5	231,0	-	-	62,0
	MED.	953,0	24,9	20,0	22,0	80,9	4,1	8,0	7,1	6,5	2,0
	MAX.	954,7	26,9	20,9	23,5	96,7	6,6	10,3	10,0	10,0	25,0
	MIN.	951,4	20,6	18,9	20,1	70,0	1,1	0,0	3,3	2,7	0,0



ME - SES	PRESSÃO MÉDIA A. 0C M/B	TEMPERATURA DO AR 0C			UMIDADE RELATIVA MÉDIA DO AR - %	EVAP. (mm)	INSOL. HORAS	VELOCIDADE DO VENTO A. 10m(m/s)	NEBUL. MÉDIA	PRECIP. PLUVIOMÉ- TRICA	
		MÁX.	MÍN.	MÉD.							
SET	TOT.	-	-	-	-	142,5	216,0	-	-	96,0	
	MÉD.	952,9	26,5	18,9	22,6	83,0	4,8	7,2	7,0	6,0	3,2
	MÁX.	955,7	28,1	19,8	23,4	97,0	7,8	10,6	9,7	10,0	70,9
	MÍN.	950,7	23,5	17,5	12,3	71,0	1,0	1,1	4,0	3,3	0,0
OUT	TOT.	-	-	-	-	171,7	248,1	-	-	23,9	
	MÉD.	952,0	27,9	19,4	23,6	82,0	5,5	8,0	5,8	6,6	9,2
	MÁX.	954,2	31,1	20,3	25,2	93,0	8,5	10,2	8,0	9,0	8,6
	MÍN.	949,7	24,6	18,6	21,5	73,0	1,1	1,3	4,5	3,0	0,0
NOV	TOT.	-	-	-	-	202,9	273,8	-	-	4,9	
	MÉD.	950,5	29,3	20,2	24,9	79,0	10,1	9,1	6,3	6,7	1,6
	MÁX.	953,0	30,4	20,9	25,8	90,0	11,0	10,7	8,1	9,0	3,3
	MÍN.	946,4	27,6	19,7	23,3	73,0	2,9	5,0	4,0	3,7	0,0
DEZ.	TOT.	-	-	-	-	231,0	227,3	-	-	9,7	
	MÉD.	950,1	29,7	20,6	25,3	88,0	7,5	7,3	5,3	6,1	3,2
	MÁX.	952,1	31,2	21,4	26,5	95,0	10,7	10,8	6,8	9,0	5,0
	MÍN.	948,3	25,6	19,7	22,6	74,0	1,5	0,0	3,1	4,0	0,0
JAN/ 78	TOT.	-	-	-	-	263,9	281,5	-	-	1,5	
	MÉD.	950,9	30,6	20,5	25,7	71,0	8,8	9,0	5,6	6,1	0,5
	MÁX.	952,9	32,0	21,4	26,3	89,0	10,8	11,0	7,6	9,0	1,4
	MÍN.	949,4	28,9	18,8	24,7	62,0	6,7	4,0	4,0	4,0	0,0
FEV	TOT.	-	-	-	-	187,3	153,6	-	-	55,2	
	MÉD.	950,3	29,5	20,9	25,1	76,0	6,7	5,6	5,2	7,3	1,8
	MÁX.	952,3	31,8	21,8	26,7	89,0	11,4	9,9	7,6	10,0	26,0
	MÍN.	947,4	25,1	19,4	22,7	63,0	2,7	0,0	3,1	4,3	0,0
MAR	TOT.	-	-	-	-	118,9	177,5	-	-	110,2	
	MÉD.	950,9	27,6	20,3	23,8	82,0	3,8	5,7	4,5	6,9	3,7
	MÁX.	952,5	29,7	22,2	25,5	95,0	7,2	10,7	6,0	9,7	26,3
	MÍN.	949,2	24,7	19,0	21,5	71,0	0,4	0,0	2,5	4,0	0,0
ABR	TOT.	-	-	-	-	107,1	206,7	-	-	177,8	
	MÉD.	950,1	27,8	20,5	24,4	81,0	3,6	6,9	4,3	7,3	5,9
	MÁX.	952,6	31,1	21,4	26,0	94,0	6,4	10,1	6,5	10,0	105,0
	MÍN.	948,6	25,0	18,6	22,2	63,0	0,4	0,0	2,5	4,3	0,0



- continuação -

MESES		PRESSÃO MÉDIA A QC M/B	TEMPERATURA DO AR QC			UMIDADE RELATIVA DO AR %	EVAP. (mm)	INSOL. HORAS	VELOC. DO VENTO a 10m (m/s)	NEBUL. MÉDIA	PRECIP. PLUVIO- MÉTRICA
			MÁX.	MÍN.	MÉD.						
MAI	TOT.	-	-	-	-	-	80,5	169,1	-	-	150,9
	MÉD.	950,7	25,5	20,0	23,2	83,0	2,6	5,4	4,0	7,5	4,9
	MÁX.	953,1	27,7	21,3	24,4	94,0	8,7	9,7	6,6	9,7	21,6
	MÍN.	949,2	23,9	18,2	21,5	74,0	0,5	1,1	2,3	4,0	0,0
JUN	TOT.	-	-	-	-	-	83,6	163,4	-	-	113,9
	MÉD.	953,1	25,3	18,6	22,2	84,0	2,8	5,5	4,3	6,8	3,8
	MÁX.	954,6	27,3	19,9	24,5	97,0	4,8	10,5	6,6	10,0	33,0
	MÍN.	951,9	21,3	16,5	20,2	71,0	0,4	0,0	2,1	2,3	0,0
JUL	TOT.	-	-	-	-	-	66,2	153,8	-	-	115,3
	MÉD.	952,3	24,9	18,8	21,7	88,0	2,1	4,9	4,4	7,4	3,7
	MÁX.	954,7	26,2	20,1	23,4	97,0	4,3	10,4	6,8	9,7	31,7
	MÍN.	950,5	22,4	16,9	19,9	78,0	0,4	0,1	3,3	4,0	0,0
AGO	TOT.	-	-	-	-	-	91,5	202,0	-	-	60,0
	MÉD.	953,9	24,9	17,9	21,5	85,0	3,0	6,5	5,2	6,4	2,0
	MÁX.	955,3	27,1	19,6	23,1	94,0	5,6	10,7	7,6	9,7	16,4
	MÍN.	951,5	22,2	16,0	19,7	76,0	0,8	1,2	3,0	1,7	0,0
SET	TOT.	-	-	-	-	-	105,0	185,0	-	-	81,0
	MÉD.	953,2	25,6	18,3	21,9	85,0	3,5	6,2	5,2	6,7	2,7
	MÁX.	954,9	27,2	19,6	23,3	98,0	6,2	10,1	8,8	10,0	15,6
	MÍN.	951,8	22,3	16,8	19,5	72,0	0,9	0,0	3,1	3,3	0,0
OUT	TOT.	-	-	-	-	-	153,5	247,6	-	-	4,9
	MÉD.	951,5	27,4	19,1	23,4	80,0	4,9	80,0	4,8	6,4	0,2
	MÁX.	954,7	29,2	19,9	24,4	90,0	7,9	109,0	6,2	8,7	3,4
	MÍN.	949,6	25,1	17,9	21,7	68,0	2,4	3,8	3,5	4,3	0,0
NOV	TOT.	-	-	-	-	-	178,0	245,0	-	-	15,5
	MÉD.	950,8	28,7	19,5	24,2	74,0	5,9	8,2	4,7	6,2	0,5
	MÁX.	952,3	30,1	20,8	25,3	88,0	8,7	11,2	5,8	9,7	6,2
	MÍN.	949,4	25,4	18,6	22,6	64,0	2,3	1,3	3,2	3,7	0,0
DEZ	TOT.	-	-	-	-	-	161,1	225,7	-	-	31,4
	MÉD.	950,6	28,5	20,0	24,3	82,0	5,2	7,3	4,5	7,2	1,0
	MÁX.	952,1	30,6	20,6	25,1	90,0	8,3	10,7	6,2	9,7	7,3
	MÍN.	948,4	25,0	18,9	22,7	71,0	1,2	1,0	2,9	4,3	0,0



**ANEXO II - ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE TRATAMENTOS BIOLÓGICOS  
DE ESGOTOS SANITÁRIOS - EXTRABES**

## ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE TRATAMENTOS BIOLÓGICOS DE ESGOTOS SANITÁRIOS - EXTRABES

### - Histórico

As antigas instalações da Estação Depuradora de Esgotos existentes nesta cidade e há vários anos fora de uso, despertou a atenção para o seu aproveitamento de forma que as mesmas continuassem prestando serviços à coletividade, devido a impossibilidade dessas instalações serem aproveitadas para o tratamento das águas residuárias de Campina Grande, após a ampliação de seu sistema de esgotos sanitários, vez que já está em operação uma lagoa aerada com tal finalidade. Ficou decidido após demorada análise, que o melhor aproveitamento daquelas instalações seria transformá-las em campo de pesquisa de eficiência em nossa região, dos vários processos biológicos utilizados para tratamento das águas residuárias. O local é privilegiado, pois além de possuir uma série de instalações já construídas e com as edificações em alvenaria e concreto armado em bom estado de conservação, dispõe de um interceptor que o cruza paralelamente ao córrego denominado riacho da Depuradora. Portanto, o esgoto influente das unidades de pesquisa é retirado do interceptor à montante e o efluente resultante é novamente lançado no interceptor à jusante.

Inicialmente, e dentro deste raciocínio, foi elaborado um plano de pesquisa sobre Lagoas de Estabilização, que enfatiza a pesquisa com lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação, uma vez que os estados nordestinos agregados ao PLANASA, estão optando sempre que possível, pelo processo de tratamento de esgotos com lagoas de estabilização ou aeradas, embora seja a região sabidamente carente de conhecimento de parâmetros que ofereçam alta confiabilidade no dimensionamento de tais equipamentos e isto ocorre justamente por falta de pesquisa neste setor.

O objetivo deste plano de pesquisa é além de explorar todas as potencialidades existentes na área da Depuradora, consolidar e fortalecer a pesquisa sobre Lagoas de Estabilização ora em andamento, de tal forma que, em futuro próximo, possamos dispor, na região Nordeste, de parâmetros confiáveis sobre a eficiência dos diversos processos de tratamento biológico de esgotos, a fim de que os mesmos possibilitem uma análise das várias opções e consequentemente uma escolha racional e econômica.

#### **- Definição da Pesquisa**

O plano de pesquisa deverá se prolongar pelo mais longo espaço de tempo possível, a fim de se obter um grande número de dados, que possibilitem a verificação sob as mais diferentes condições de eficiência de cada processo pesquisado.



Seguem-se os processos de tratamento de esgotos a serem pesquisados.

- a) Lagoa Anaeróbia (em andamento)
- b) Lagoa Facultativa (em andamento)
- c) Lagoa de Maturação (em andamento)
- d) Lagoa Aerada
- e) Lagoa de alta taxa de degradação (em andamento)
- f) Valo de oxidação
- g) Filtro Biológico
- h) Lodos Ativados - Processo Convencional
- i) Lodos Ativados - Processo com Zonas Anoxi
- j) Filtro Anaeróbio de Fluxo Vertical (em andamento)
- k) Tanques Sêpticos (em andamento)

#### **- Metodologia da Pesquisa**

A pesquisa se desenvolverá paulatinamente com a conclusão das adaptações das instalações existentes na Depuradora, para os diversos processos de tratamento biológico, inicialmente com as Lagoas de Estabilização: anaeróbias facultativas e de maturação.

Durante o transcorrer da pesquisa, se procederá exames físico-químicos e de microscopia e análises bacteriológicas dos afluentes e efluentes de cada unidade com a regularidade necessária, a fim de se determinar os diversos parâmetros intrínsecos ao esgoto, tais como, pH, temperatura,  $DBO_5$ , etc.

Constantemente serão coletados dados meteorológicos e solarimétricos.

O tratamento de todos esses dados, possibilitará a definição de parâmetros de dimensionamento e operação, para as condições vigentes na região Nordeste, dos vários tipos de tratamento de esgotos sanitários.

Durante o decorrer da pesquisa serão utilizados para cada processo, diferentes cargas biológicas e tempos de detenção no reator, de modo a proporcionarem uma clara definição da eficiência do processo em estudo, bem como aumentar a confiabilidade dos parâmetros definidos.

O laboratório é dotado de excelentes instalações, dispondo além dos equipamentos normalmente usados para os exames físico-químicos e análises bacteriológicas, de um espectrofotômetro de absorção atômica, um espectrofotômetro de luz ultra-violeta e visível de feixe duplo e um conjunto completo de cromatografia de gás. Para a alimentação das lagoas são usadas bombas peristálticas Watson - Marlow de velocidade variável, que permitem a medição e ajustagem da vazão do esgoto afluente nos reatores.

Além de ser um centro experimental de tratamentos biológicos de esgotos sanitários, a estação é também usada para treinamento de estudantes de pós-graduação do Departamento de Engenharia Civil do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba.

#### - EQUIPE TÉCNICA

- Prof. Salomão Anselmo Silva - M.Sc.  
Chefe de Pesquisa  
Prof. Titular - DEC - CT - UFPB
  
- Prof. David Duncan Marta - Ph.D  
Dept. of Civil Engineering  
University of Dundee - Scotland  
Prof. Visitante do DEC - CT - UFPB  
Consultor Internacional
  
- Prof. Howard William Pearson - Ph.D.  
Dept. of Botanic  
University of Liverpool - England  
Prof. Visitante do DEC - CT - UFPB  
Consultor Internacional
  
- Prof. Wilson Antonio Auerswald - Mestrando  
Prof. Colaborador Nível II - DEC - CT - UFPB  
Eng. Civil
  
- Prof. Celso Luis Piatti Neto - Mestrando  
Prof. Colaborador Nível II - DEC - CT - UFPB  
Eng. Civil
  
- Prof. Rui de Oliveira - Mestrando  
Prof. Colaborador Nível II - DEC - CT - UFPB  
Eng. Civil



- Prof. Alberto Kioharu Nishida  
Prof. Colaborador Nível I - DEQ - CT - UFPB  
Biólogo
  
- Prof<sup>a</sup>. Beatriz Suzana O. de Ceballos  
Prof<sup>a</sup> Colaboradora Nível II - DEQ - CT - UFPB  
Bioquímica
  
- Prof<sup>a</sup>. Annemarie König  
Prof<sup>a</sup> Colaboradora Nível I - DEQ - CT - UFPB  
Bióloga
  
- Prof<sup>a</sup>. Helen Martin  
Prof<sup>a</sup> Colaboradora Nível I - DEQ - CT - UFPB  
Bióloga
  
- Maria Auxiliadora de Andrade Tenório  
Química
  
- José Taveira Leite  
Técnico Laboratorista
  
- Creusa Cordeiro de Castro  
Técnica Laboratorista
  
- Maria Ilma Cordeiro de Castro  
Técnica Laboratorista

**- ORGÃOS CONVENIENTES**

Universidade Federal da Paraíba - UFPB  
Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA  
Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE  
Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico - BNDE  
Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP  
Canadian International Development Agency - CIDA

**- ORGÃO EXECUTOR**

Núcleo de Treinamento e Pesquisas em Saneamento Ambiental  
- NUTREISAM - CCT - UFPB

**- ENDEREÇO**

Rua 24 de Maio, s/nº (antiga Depuradora)  
Caixa Postal, 306  
Fone: (083) 321-4406  
Telex: (083) 2211  
End. Telegráfico: EXTRABES  
58.100 - Campina Grande - Paraíba - Brasil