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

LAGOA DE ALTA TAXA DE DEGRADAÇÃO
EXPERIÊNCIA NO NORDESTE DO BRASIL

por

CÍCERO ONOFRE DE ANDRADE NETO

CAMPINA GRANDE
ESTADO DA PARAÍBA - BRASIL
NOVEMBRO - 1 9 7 8



A5531

Andrade Neto, Cícero Onofre de.

Lagoa de alta taxa de degradação : experiência no nordeste do Brasil / Cícero Onofre de Andrade Neto. - Campina Grande, 1978.

168 f.

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1978.

"Orientação : Prof. Salomão Anselmo Silva".

Referências.

1. Lagoas de Estabilização. 2. Degradação - Nordeste - Brasil. 3. Dissertação - Ciências. I. Silva, Salomão Anselmo. II. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). III. Título

CDU 628.357.1(043)


LAGOA DE ALTA TAXA DE DEGRADAÇÃO
EXPERIÊNCIA NO NORDESTE DO BRASIL


CÍCERO ONOFRE DE ANDRADE NETO
Engenheiro Civil

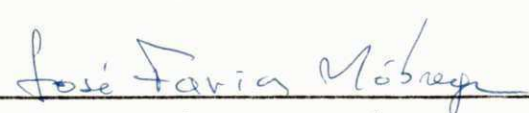
DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DO CENTRO DE CIÊN
CIAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA COMO
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU
DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.).

Aprovada por:

COMISSÃO EXAMINADORA:


SALOMÃO ANSELMO SILVA
- Presidente -


JOCILDO TIBÚCIO DA COSTA
- Examinador Externo -


JOSÉ FARIAS NÓBREGA
- Examinador Interno -

CAMPINA GRANDE
ESTADO DA PARAÍBA - BRASIL
NOVEMBRO - 1978

OFERECIMENTO

À memória do meu irmão
Érico da Costa Onofre,

AGRADECIMENTOS

- A toda equipe técnica* da Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários (EXTRABES) pela ajuda substancial nas análises e medições, de campo e em laboratório, durante a fase experimental da pesquisa.

- Ao Prof. Salomão Anselmo Silva como orientador deste trabalho de Tese e como Chefe de pesquisa da EXTRABES.

- Aos Profs. D. D. Mara e Howard W. Pearson, consultores internacionais vinculados a EXTRABES pela especial atenção em consultas técnicas relacionadas ao desenvolvimento das experiências

- Ao Centro de Tecnologia da Universidade Fede
ral do Rio Grande do Norte por me proporcionar a oportunida
de de desenvolver este Trabalho.

- A Manuel Onofre S. Júnior e Gilene Souza Cos
ta, pela ajuda na leitura dos originais.

- Aos meus pais, minha esposa e meus familiares,
pela compreensão e estímulo durante o desenvolvimento deste
Trabalho.

- Enfim, a todos que, direta ou indiretamente ,
contribuíram para a realização deste Trabalho.

*Vide Anexo 3.



R E S U M O

Este trabalho tem o objetivo de contribuir para o estudo de lagoas de estabilização pouco profundas, com aproveitamento máximo da energia luminosa incidente, pela fotossíntese de algas, possibilitando uma alta taxa de degradação bioquímica de matéria orgânica, sob condições predominantemente aeróbias - "Lagoas de Alta Taxa de Degradação".

Apresentamos, essencialmente, estudo bibliográfico de experiências anteriores e critérios de projeto, conjuntamente com resultados experimentais de pesquisas realizadas em uma lagoa piloto situada no Nordeste do Brasil, incluindo conclusões e recomendações a estudos futuros.

A B S T R A C T

This work has the objective of contributing to the study of shallow stabilization ponds with maximum utilization of incident light energy for algal photosynthesis, making possible a high rate of biochemical degradation of organic material, under predominantly aerobic conditions - "high rate ponds".

We are presenting essentially a bibliographic study of previous experiments and design criteria, together with experimental data of research carried out in a pilot study of a pond situated in the North East of Brazil, including conclusions and recommendations for future studies.

I N D I C E

	Página
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO I - LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO	5
1.1 INTRODUÇÃO	5
1.2 HISTÓRICO	7
1.3 FUNDAMENTOS DOS PROCESSOS	12
1.3.1 MODOS DE DECOMPOSIÇÃO	12
- PROCESSO AERÓBIO	12
- PROCESSO ANAERÓBIO	13
1.3.2 FOTOSSÍNTESE	14
1.4 CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO	16
1.4.1 LAGOAS ANAERÓBIAS	17
1.4.2 LAGOAS FACULTATIVAS	18
1.4.3 LAGOAS EM QUE PREDOMINAM CONDIÇÕES AERÓBIAS	21
- LAGOAS DE MATURAÇÃO	22
- LAGOAS DE ALTA TAXA DE DEGRADAÇÃO	22
CAPÍTULO II - EXPERIÊNCIA MUNDIAL EM LAGOAS DE ALTA TAXA DE DEGRADAÇÃO	27
- EXPERIÊNCIAS DO Dr. MCGARRY	29
- EXPERIÊNCIAS DOS PROFESSORES BOKIL E AGRAWAL	32
CAPÍTULO III - DIMENSIONAMENTO DE LAGOAS DE AL TA TAXA DE DEGRADAÇÃO	40
CONSIDERAÇÕES	46

	Página
- CALOR ESPECÍFICO DE COMBUSTÃO (c)	46
- RADIAÇÃO SOLAR	47
- PROFUNDIDADE	49
- EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA (F)	52
- VALORES DO FATOR "p"	55
- COEFICIENTE DE TEMPERATURA (Tc)	56
- INFLUÊNCIA DE FATORES QUÍMICOS	57
CAPÍTULO IV - MÉTODOS E MATERIAIS UTILIZADOS	
NA PESQUISA	60
4.1 O SISTEMA DE REATORES	60
4.2 COLETA DE AMOSTRAS	63
4.3 DETERMINAÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS	65
4.3.1 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO	65
4.3.2 NITROGÊNIO AMONÍACAL	66
4.3.3 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO	67
4.3.4 RESÍDUOS	67
4.3.5 pH	68
4.3.6 PENETRAÇÃO DE LUZ SOLAR	68
4.3.7 RADIAÇÃO SOLAR	69
4.3.8 TEMPERATURAS	70
4.3.9 OXIGÊNIO DISSOLVIDO	70
4.3.10 DADOS METEOROLÓGICOS	71
4.4 DETERMINAÇÕES ALGOLÓGICAS	71
4.4.1 TIPOS DE ALGAS	71

	Página
4.4.2 CONCENTRAÇÃO DE ALGAS	72
4.4.3 OXIGÊNIO FOTOSSINTÉTICO	72
4.4.4 ATIVIDADE FOTOSSINTÉTICA	73
4.5 DETERMINAÇÕES BACTERIOLÓGICAS	75
CAPÍTULO V - RESULTADOS EXPERIMENTAIS	82
5.1 DADOS METEOROLÓGICOS E SOLARIMÉTRICOS	85
5.2 RESULTADOS DE DETERMINAÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS	85
5.2.1 TEMPERATURA	85
5.2.2 pH	86
5.2.3 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)	86
5.2.4 NITROGÊNIO AMONÍACAL (N-AMÔNIA)	86
5.2.5 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)	87
5.2.6 SÓLIDOS	87
5.2.7 QUADRO RESUMO	88
5.3 RESULTADOS DE ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS	95
5.4 RESULTADOS DE DETERMINAÇÕES ALGOLÓGICAS	97
5.4.1 INVESTIGAÇÕES QUALITATIVAS	97
5.4.2 CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA	97
5.4.3 OXIGÊNIO FOTOSSINTÉTICO	97
5.5 PERFIS E VARIAÇÕES DIÁRIAS	100
CAPÍTULO VI - DISCUSSÃO	119
CAPÍTULO VII - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	131
BIBLIOGRAFIA	135
ANEXO I VALORES DE RADIAÇÃO SOLAR	138

UFCG

Página

ANEXO II	DADOS METEOROLÓGICOS DA ESTAÇÃO DO CNP-ALGODÃO EM CAMPINA GRANDE-PB	147
ANEXO III	ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE TRATAMENTOS BIOLÓGICOS DE ESGOTOS SANITÁRIOS-EXTRABES	161

UFCG

I N T R O D U Ç Ã O

Os problemas de destinação de dejetos e poluição das águas constituem, em nossa época, um constante desafio à Engenharia Sanitária e Ambiental, na luta para proporcionar boas condições sanitárias e ecológicas no meio ambiente em que vivemos. Com o crescimento demográfico, a recuperação adequada de águas residuárias provenientes da atividade humana, torna-se uma necessidade, cada dia maior, na defesa da saúde e bem-estar da humanidade, bem como na preservação dos recursos naturais do planeta.

Sendo o Nordeste do Brasil, uma região de rios intermitentes, faltam-lhe cursos d'água com capacidade de diluição de dejetos, necessitando, por este motivo, maiores atenções quanto à destinação final adequada das águas servidas. É da responsabilidade dos técnicos em Engenharia Sanitária e Ambiental, o desenvolvimento de uma tecnologia capaz de atender às necessidades de controle destes problemas, através, principalmente, da depuração eficiente e econômica de despe

jos líquidos industriais e domésticos.

No tocante a depuração de esgotos sanitários, as lagoas de estabilização se apresentam como a solução mais viável, técnica e economicamente, em regiões onde a aquisição do terreno não alcance custos proibitivos e onde haja escassez de mão-de-obra qualificada, condições estas, em que muito bem se enquadra, favoravelmente, a nossa região Nordeste.

Entre as várias opções em sistemas de lagoas de estabilização, encontram-se as "lagoas de alta taxa de degradação", que embora estejam ainda, em fase experimental, mostram-se com possibilidade de uma solução ideal para o Nordeste, devido as ótimas condições solarimétricas da região. Estamos convencidos de que mesmo em casos em que não sejam viáveis para emprego imediato, serão certamente, em futuro próximo, quando as necessidades de proteína como alimento propiciem a compensação dos custos de operação mediante o aproveitamento da alta proliferação de algas, como fonte de produção de proteínas.

Estando as lagoas de alta taxa de degradação em plena fase de experimentação científica, temos poucos resultados publicados e muito a se pesquisar neste campo.

Com base nestes raciocínios é que nos propomos a realizar um trabalho de contribuição ao estudo de lagoas de estabilização e particularmente, de lagoas de alta taxa de degradação, através da determinação de parâmetros físicos,

químicos, bacteriológicos, algológicos e meteorológicos que possam facilitar o conhecimento e compreensão dos fenômenos particulares de funcionamento, fornecendo subsídios para o desenvolvimento de uma formulação racional para projeto e operação destas lagoas. Para alcançar este objetivo, efetuou-se pesquisa experimental em uma lagoa piloto, projetada para funcionar como lagoa de alta taxa de degradação, precedida de um decantador de curto período de detenção, alimentado com esgoto sanitário captado diretamente de um interceptor da rede de esgotos da cidade de Campina Grande, Paraíba.

A pesquisa experimental foi enquadrada dentro do plano geral de pesquisa da Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários - EXTRABES - do Núcleo de Treinamento e Pesquisas em Saneamento Ambiental - NUTREISAM - do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, passando a constituir a primeira etapa de uma longa pesquisa em lagoas de alta taxa de degradação, o que nos dá a certeza da continuação em estudos e experiências com base nos resultados por nós obtidos.

Esta nossa dissertação de mestrado é um resultado destes trabalhos; apresenta-se em capítulos que procuram dividir os assuntos pertinentes.

Os três primeiros capítulos, representam os frutos do estudo bibliográfico. Inicialmente tratamos das lagoas de estabilização de um modo geral, apresentando: breve

histórico; processos básicos de funcionamento; classificação e caracterização, abordando como destaque final, as Lagoas de Alta Taxa de Degradação. No capítulo II, são apresentadas experiências anteriores e no capítulo III, critérios racionais de projeto de tais lagoas.

Os capítulos restantes tratam basicamente dos trabalhos práticos experimentais na lagoa piloto. No capítulo IV são dadas as devidas explicações e indicações dos "Métodos e Materiais utilizados na pesquisa", ilustrado com várias fotografias. Nos capítulos V e VI apresentamos e discutimos, os resultados experimentais, com o auxílio de gráficos e tabelas. Finalmente no capítulo VII, apresentamos nossas conclusões e recomendações, esperançosos de que sejam aproveitadas, em estudos futuros, para o desenvolvimento de uma tecnologia cada vez mais eficiente, no combate aos nossos problemas sanitários e ambientais.

CAPÍTULO I

LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO:

Pelo fato de que, só após vários anos de utilização, este método de tratamento de esgotos veio despertar o interesse de técnicos ligados à Engenharia Sanitária, muitas têm sido as denominações usadas de acordo com a região e a preferência dos especialistas: lagoas de esgoto, sistema redox, lagoa de águas residuárias e lagoas de oxidação, tem sido alguns dos termos usuais. A expressão "Lagoas de Estabilização", como denominação genérica, tem nos últimos tempos, cada vez mais merecido a preferência dos técnicos, pelo seu significado amplo, que inclui todos os processos de estabiliza

ção dos esgotos na lagoa. Neste trabalho, optamos pela denominação de "lagoas de estabilização".

Lagoas de estabilização são, na verdade, lagoas naturais ou lagoas artificiais projetadas de modo a favorecer os fenômenos físicos, químicos e biológicos próprios da auto-depuração. Assim, podemos defini-las como lagoas em que se procura, de uma maneira controlada tecnicamente e que permita o máximo rendimento desejado, otimizar as condições naturais de auto-depuração das águas.

O fenômeno básico do processo de depuração biológica é a oxidação bioquímica de moléculas orgânicas, por microrganismos. Em lagoas de estabilização a matéria orgânica é estabilizada principalmente pela ação de bactérias, embora protozoários e alguns fungos também contribuam para o processo. O professor Gloyna (1) selecionou quatro fenômenos como as principais reações biológicas que podem ser observadas em lagoas de estabilização: oxidação de matéria orgânica por bactérias aeróbias; nitrificação de proteínas e outros compostos nitrogenados por bactérias aeróbias; redução da matéria orgânica por bactérias anaeróbias; oxigenação dos extratos líquidos superficiais por algas.

Largamente empregados no tratamento de esgotos domésticos com ou sem tratamento prévio, os sistemas de lagoas de estabilização são também igualmente projetados para receber águas residuárias industriais que permitam tratamento biológico.

Lagoa de estabilização é, reconhecidamente, a solução mais adequada para regiões em que o solo não alcança altos preços e onde existe escassez de pessoal técnico preparado. Além do baixo custo de construção e operação simplicidade e eficiência do processo, este método apresenta, entre outras, a vantagem de dar uma redução de patogênicos consideravelmente grande em relação a outros métodos de tratamento biológico de esgotos.

Os vários tipos de lagoas hoje conhecidos, permitem grande flexibilidade nos projetos, quando além da variedade de opção ao tipo mais adequado, ainda admitem associações em série e/ou paralelo, entre si ou com outros tipos de tratamento de esgoto, à conveniência do projeto.

1.2 HISTÓRICO:

Não se pode precisar quando e/ou onde lagoas naturais ou artificiais passaram a receber despejos da atividade humana. Devemos nos lembrar que, a poluição das águas de um modo significativo pela concentração em pontos distintos é consequência dos sistemas de esgotos das cidades os quais já existiam na antiga Babilônia e no século VI antes de Cristo já eram largamente empregados no Império Romano (2). Como os fenômenos e processos de depuração que se desenvolvem em lago natural ou artificial que receba carga orgânica significativa, são próprios das hoje denominadas lagoas de estabilização.

zação, desde séculos, estes processos aconteciam sem que se desse conta dos mesmos.

Um estudo que pode ser feito é sobre quando e como os técnicos aperceberam-se destes fenômenos e passaram a utilizá-los, conscientemente, como uma forma de tratamento.

Este seria um trabalho muito difícil, haja visto que na antiga Ásia, desde longas datas, já se empregava lagoas semeadas com feses para a criação de peixes (3), onde certamente, prevalecia o interesse econômico. Por outro lado, a Alemanha e outros países europeus, desde muito tempo utilizam tanques de criação de peixes para melhorar as condições dos efluentes de estações convencionais de tratamento de esgoto (3).

Algumas datas já pesquisadas, principalmente nos Estados Unidos, podem nos dar uma boa noção histórica.

Em 1901, foi construído, na cidade de Santo Antonio no Texas, um dique, com o intuito de recuperar água residual reutilizando, o efluente, para irrigação. O lago artificial formado que tinha 275 ha de superfície e uma profundidade média de 1,4 m, passou a se chamar "Mitchell Lake". (1). Em consequência do sucesso com o Lago "Mitchell", várias zonas dos Estados Unidos começaram a utilizar lagoas para o tratamento de suas águas residuais.

Alguns exemplos nos mostram que no princípio deste século, quando então já se tinha meios técnicos para avaliar a qualidade de efluentes de corpos d'água, as lagoas

para estabilização de esgotos surgiam de um modo acidental e imprevisto.

Em 1924, a cidade de Santa Rosa na Califórnia, para evitar os custos de uma estação de tratamento de esgotos, lançou seus esgotos sobre um leito natural de pedregulhos o qual se acreditava funcionaria como um filtro natural. Logo aconteceu a colmatação parcial da camada de pedregulhos formando-se um lago de esgotos de aproximadamente 90 cm de profundidade. Verificou-se então que o efluente desta "lagoa" tinha características muito semelhantes as de um filtro biológico e desta forma, poderia ser aceito como tratamento prévio do esgoto bruto, antes do lançamento no já poluído córrego de Santa Rosa.

Em Fesseden (Dakota do Norte) ficava pronta, no ano de 1928, uma nova rede de esgoto daquela cidade e como não existia nas proximidades, nenhum curso d'água que pudesse diluir ou transportar o efluente da rede, este último foi então lançado em uma depressão natural do terreno, fora da cidade, como uma solução de emergência, na esperança de evitar maus odores. Com surpresa, foi verificada a boa qualidade do efluente final e esta "Lagoa" esteve em operação por mais de 30 anos.

Detectado o fenômeno, a utilização de tais lagoas passou a se generalizar enquanto estudos eram iniciados para conhecer os princípios, explicar e controlar o processo.

Na Austrália, por volta de 1940, pesquisas eram

iniciadas objetivando o tratamento dos esgotos da cidade de Melbourne através de lagoas de estabilização (3).

Durante a segunda guerra mundial, o esforço de guerra deu certo impulso aos estudos nas instalações militares dos Estados Unidos, e, em 1946 eram publicados resultados completos de operações nas instalações de "Camp Hood" e "Cam Barkley" no Texas e "Shoemaker Naval Station" na Califórnia, os quais haviam entrado em operação desde 1943 (4). Paralelamente, na Europa, estudos e pesquisas eram realizados e do mesmo modo também o Canadá em 1947 já tinha sua primeira lagoa para estabilização de esgotos. (3)

Em 1948, o Departamento de Saúde Pública do Estado de Dakota do Norte (E.U.) aprovou incondicionalmente o primeiro sistema de lagoas especificamente projetado para tratamento de esgoto urbano bruto.

A partir de 1950, um grande número de publicações e informes sobre o assunto tornava conhecidos os resultados das experiências e estudos. Dentre os importantes trabalhos publicados naquela década podemos citar, entre tantos, os resultados das pesquisas australianas apresentados por Parker e colaboradores e os trabalhos dos professores Oswald e Gotaas nos Estados Unidos.

Estas publicações comprovavam a eficiência do processo que passou a despertar o interesse de técnicos e estudiosos ligados a Engenharia Sanitária. Estudos e experiências passaram a ser realizados nas diversas partes do globo

terrestre, sob as mais diversas condições climáticas como: Nova Zelândia, África do Sul, Israel, Índia e até em zonas árticas como Alaska e Norte do Canadá.

No início dos anos 60, os sistemas de lagoas para estabilização de esgotos estavam definitivamente aceitos e defendidos por vários países, como tratamento bastante satisfatório para os esgotos urbanos. A utilização de tais sistemas passou então a ser largamente difundido, podendo ser registrado no ano de 1962, somente nos Estados Unidos, um número de 1.647 destas lagoas, para tratamento de esgotos municipais e possivelmente igual número para tratamento de águas residuárias de origem industrial ou agrícola. (1)

No Brasil, a primeira lagoa entrou em funcionamento em dezembro de 1960, em São José dos Campos, São Paulo (3). Esta primeira experiência tinha como objetivo operar o sistema e estabelecer parâmetros de projeto para as condições brasileiras. A experiência apresentou resultados satisfatórios e desde então, o número de instalações vem se multiplicando em vários dos nossos estados. Como um dos estados pioneiros podemos citar a Guanabara pela construção da Lagoa da Cidade de Deus em Jacarepaguá, em 1963. Os estados do Nordeste, tendo optado de uma forma especial por este tipo de tratamento, já contam com várias instalações e vêm desenvolvendo nos últimos anos estudos para a determinação de parâmetros regionais de projeto.

1.3 FUNDAMENTOS DOS PROCESSOS:

1.3.1 MODOS DE DECOMPOSIÇÃO:

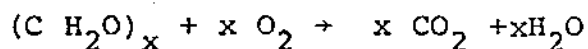
A decomposição da matéria orgânica pode acontecer sob condições aeróbias ou anaeróbias, ou seja, na presença ou ausência de oxigênio molecular dissolvido respectivamente.

- PROCESSO AERÓBIO:

No metabolismo aeróbio grande parte da matéria orgânica é estabilizada, por microrganismos que utilizam o oxigênio dissolvido do meio, como receptor final do hidrogênio, na oxidação da matéria orgânica. Nesta respiração há formação de CO_2 e água e conseqüente aproveitamento da energia liberada. Outra parte da matéria orgânica ingerida pelos microrganismo é usada para a formação de novas células, mediante incorporação de elementos químicos tais como fósforo e nitrogênio.

O oxigênio necessário à estabilização da matéria orgânica em lagoas de estabilização, deve ser satisfeito por processos de fotossíntese, transferido através da interface água-ar ou por meios mecânicos ou, obtido de certos compostos que contenham oxigênio tais como nitratos fosfatos e sulfatos.

As principais reações que provavelmente ocorrem sob condições aeróbias, em lagoas de estabilização, são as seguintes: (1)



Proteínas (nitrogênio orgânico)+amônia+nítritos+nitratos

Enxofre orgânica+sulfatos

Fosfatos orgânicos+H₃ PO₄+Ca PO₄

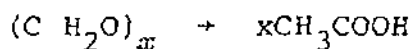
- PROCESSO ANAERÓBIO:

Este processo de decomposição de matéria orgânica ocorre em duas fases. Na primeira fase (digestão ácida) microrganismos facultativos, na ausência de oxigênio livre, processam a fermentação da matéria orgânica para formação de novo material celular e há formação de compostos mal cheirosos, ácidos graxos, aldeídos, álcoos, etc. Na segunda fase (alcalina) outro grupo de bactérias, produtoras de metano, oxidam os ácidos orgânicos formados na fase anterior transformando-os em CH₄ (gás metano), CO₂, NH₃, etc.

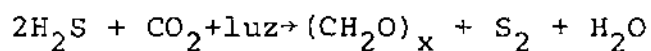
O mecanismo do processo de decomposição anaeróbico não está ainda muito bem explicado, pois é muito complexo como também complexos são os produtos finais. As reações bioquímicas que acontecem são mais lentas que as do processo aeróbico e o oxigênio presente provem de compostos químicos e

nunca de oxigênio livre dissolvido.

As principais reações que provavelmente ocorrem em Lagoas de estabilização sob condições aneróbias são as seguintes (1):



Nitrogênio orgânico → amônia



O fosfato orgânico experimenta uma redução.

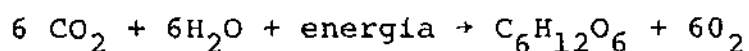
1.3.2 FOTOSSÍNTESE:

Fotossíntese é o processo biológico básico pelo qual os vegetais e protistas, clorofilados, são capazes de utilizar energia luminosa para converter dióxido de carbono em matéria orgânica, ao mesmo tempo que produz oxigênio livre. Experiências já realizadas demonstram que os primeiros produtos da fotossíntese pertencem à classe dos carboidratos que são incorporados pela estrutura orgânica dos fotossintetizadores para formação de material celular, enquanto o oxigênio livre produzido é liberado ao meio.

Na fotossíntese se dá a conversão de energia luminosa para uma forma de energia química a qual é armazenada pela célula. Assim, fotossíntese é ainda o principal pro

cesso pelo qual energia pode ser armazenada de forma a ser utilizada por seres vivos. O homem não tem sido capaz de criar um sistema químico que possa servir como substituto para a fotossíntese.

Podemos resumir o processo como aquele pelo qual o CO_2 é captado por vegetais e protistas clorofilados, na presença de água, e então a energia luminosa é usada para formar carboidratos e oxigênio molecular de acordo com a seguinte equação:



Onde se admite, pela teoria aceita atualmente, haja troca intermolecular de átomos de hidrogênio entre moléculas de água e CO_2 .

Diversos fatores afetam a velocidade da fotossíntese. Além da presença imprescindível da luz, um suplemento adequado de CO_2 e água é essencial. Sob luz solar, a velocidade relativa da fotossíntese aumenta com o aumento da concentração de CO_2 , até um determinado nível, desde que a quantidade de água seja satisfatória. Quando a intensidade luminosa é alta e a concentração de CO_2 é grande, o efeito da temperatura torna-se muito aparente. A velocidade da fotossíntese aumenta com o aumento de temperatura, até temperaturas em torno de 35°C acima da qual passa a diminuir por causa da destruição de enzimas pelo calor.

O pigmento da clorofila é de coloração verde porém, outros pigmentos podem "mascarar" a cor verde de vegetais ou protistas fotossintetizadores. Alguns destes pigmentos são capazes de absorver luz e transferir sua energia para a clorofila. São chamados pigmentos acessórios e são muito importantes, porque propiciam o uso de luz de diferentes comprimentos de onda na fotossíntese.

Em lagoas de estabilização, algas fotossintetizadoras fornecem a grande parte do oxigênio requerido nos processos de respiração aeróbia.

1.4 CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO:

Torna-se impraticável classificar as lagoas de estabilização segundo o tipo de água residuária que recebem, objetivos do tratamento, tamanho e forma.

A seguir, apresentamos a classificação usual em três grandes grupos segundo o ponto de vista do processo de degradação biológica da matéria orgânica introduzida. Anaeróbias, aquelas em que a degradação biológica da matéria orgânica acontece sob condições estritamente anaeróbias. Facultativas, é a denominação para o tipo de lagoas nas quais ocorrem simultaneamente processo de degradação aeróbios e anaeróbios, sendo aqueles nas camadas superiores e estes nas camadas inferiores e sedimentos junto ao fundo. Lagoas em que predominam condições aeróbias devido a alta produção de oxigênio

pela fotossíntese de algas, que pode ser obtida: pela baixa turbidez do afluente - Lagoas de Maturação - ou pelo artifício de projetar pouca profundidade visando o máximo aproveitamento da luz solar na produção fotossintética - Lagoas de Alta Taxa de Degradação.

Na verdade, não existem lagoas estritamente aeróbias pois sempre acontece a formação de uma camada anaeróbia, de lodo, junto ao fundo da lagoa. Por menos espessa que seja esta camada de lodo, resultara em degradação sob condições anaeróbias de uma parcela considerável da matéria orgânica introduzida.

Deixamos de abordar, neste trabalho, as lagoas aeradas mecanicamente, por julgar que as mesmas não tenham as características próprias das lagoas de estabilização, aproximando-se mais aos processos de lodos ativados.

1.4.1 LAGOAS ANAERÓBIAS:

O processo de depuração anaeróbio que se desenvolve neste tipo de lagoas, como foi visto, não requer boas condições de penetração de luz na massa líquida, o que permite sejam negligenciados os problemas de turbidez. Isto possibilita a introdução, no sistema, de altas cargas orgânicas de águas residuárias fortemente poluídas, com grande quantidade de sólidos e totalmente desprovidas de oxigênio.

As principais desvantagens deste sistema são

problemas estéticos e desprendimento de maus odores. O corpo d'água apresenta coloração cinza escuro, turva, com camadas de espuma e lodo de muito mau aspecto estético. O controle do desprendimento de gases mal cheirosos depende do complicado e equilíbrio entre bactérias da fase de digestão ácida e bactérias da fase de fermentação alcalina, bactérias produtoras de metano. Para uma boa operação é necessário temperaturas maiores que 15°C e pH, da lagoa, maior que 6, sob pena de tornar se, a lagoa, um mero depósito de acumulação de lodo (6).

Quando as condições do curso d'água receptor do efluente permitem, este tipo de lagoa pode constituir um tratamento por si só. Geralmente, são empregadas como primeiro estágio de uma associação anaeróbia-aeróbia, conhecida como "sistema australiano", ou como pré-tratamento para lagoas facultativas.

Com a finalidade de favorecer a fermentação metânica estas lagoas são projetadas com maior profundidade que os outros tipos propiciando menor área superficial em relação ao volume. A grande economia no terreno, obtida pelo uso deste sistema, tem muitas vezes definido a opção por lagoas anaeróbias em projetos de comunidades onde a vazão de esgotos alcança valores elevados.

1.4.2 LAGOAS FACULTATIVAS:

Na figura 1.1 temos esquematicamente os proces

sos de funcionamento de uma lagoa facultativa.

Sólidos sedimentáveis e parte dos sólidos em suspensão, incluindo colóides, sedimentam ou são precipitados pela ação de sais solúveis existentes nas águas. A decomposição da matéria orgânica sedimentada, dá-se sob condições anaeróbias nas camadas junto ao fundo.

Nas camadas superiores do estrato líquido, parcialmente claro, a penetração de luz solar permite o desenvolvimento do processo aeróbio baseado na simbiose algas bacterias. Ainda que, em grandes lagoas a aeração superficial pela ação dos ventos forneça uma porção considerável do oxigênio requerido para manter a camada superior aeróbia, a grande parte deste oxigênio é suprida pela ação fotossintética das algas que crescem naturalmente na lagoa. Bactérias usam este oxigênio, fornecido pelas algas, para oxidar a matéria orgânica e como produto final deste metabolismo liberam dióxido de carbono que é utilizado pelas algas durante a fotossíntese.

Pela turbidez própria do meio líquido e mais pela absorção de luz solar, por células de algas, a penetração efetiva da luz é relativamente limitada a pouca profundidade, estabelecendo um gradiente de oxigênio dissolvido que cai de um valor máximo na superfície, ou próximo a esta, até alcançar o valor zero nas zonas mais profundas, onde a demanda de oxigênio passa a exceder a produção fotossintética. Sendo este um fenômeno dependente da quantidade de luz, conseqüentemente há uma variação diurna na concentração de oxigênio

nio dissolvido presente na lagoa. O ponto abaixo da superfície onde o oxigênio livre torna-se zero, sofre flutuações que, além da quantidade de luz, dependem de vários outros fatores como: ação dos ventos, temperatura, etc. A temperatura é de grande importância, pois afeta a atividade biológica tanto de bactérias como de algas.

Como resultado da decomposição anaeróbia, que ocorre nas camadas inferiores, formam-se resíduos inertes, sais minerais, nutrientes orgânicos solúveis e gás carbônico, que se difundem na massa líquida e são aproveitados pelas algas.

Compostos mal cheirosos, como gás sulfídrico por exemplo, que se formam principalmente na camada de lodo do fundo, são oxidados no meio aeróbio e via de regra não alcançam a superfície. Assim, não há problemas de mau odor salvo esporádicos problemas de sobrecarga ou variações bruscas de temperatura.

Devido a proliferação de algas nas camadas superiores estas lagoas apresentam uma coloração verde com relativamente baixa incidência de sobrenadantes.

Lagoas facultativas podem ser projetadas para receber águas residuárias com ou sem tratamento prévio de sistemas urbanos de esgoto ou de indústrias, constituindo por si só um tratamento adequado. Também podem ser projetadas associadas a outros tipos de lagoa, assim como para melhoria de efluentes finais de estações convencionais de tratamento de

nio dissolvido presente na lagoa. O ponto abaixo da superfície onde o oxigênio livre torna-se zero, sofre flutuações que, além da quantidade de luz, dependem de vários outros fatores como: ação dos ventos, temperatura, etc. A temperatura é de grande importância, pois afeta a atividade biológica tanto de bactérias como de algas.

Como resultado da decomposição aneróbia, que ocorre nas camadas inferiores, formam-se resíduos inertes, sais minerais, nutrientes orgânicos solúveis e gás carbônico, que se difundem na massa líquida e são aproveitados pelas algas.

Compostos mal cheirosos, como gás sulfídrico por exemplo, que se formam principalmente na camada de lodo do fundo, são oxidados no meio aeróbio e via de regra não alcançam a superfície. Assim, não há problemas de mau odor salvo esporádicos problemas de sobrecarga ou variações bruscas de temperatura.

Devido a proliferação de algas nas camadas superiores estas lagoas apresentam uma coloração verde com relativamente baixa incidência de sobrenadantes.

Lagoas facultativas podem ser projetadas para receber águas residuárias com ou sem tratamento prévio de sistemas urbanos de esgoto ou de indústrias, constituindo por si só um tratamento adequado. Também podem ser projetadas associadas a outros tipos de lagoa, assim como para melhoria de efluentes finais de estações convencionais de tratamento de

esgotos.

Apresentam grande vantagem sobre as lagoas anaeróbias quanto a problemas estéticos e de odores. Quanto aos demais tipos de tratamento biológico de águas residuárias apresentam vantagens semelhantes às que se obtém com outros tipos de lagoas.

Lagoas facultativas têm boa capacidade de absorver sobrecargas. No emprego para tratamento de esgotos de grandes comunidades se não tiver o projeto proibido pelo preço do terreno ou do movimento de terra, não o terá por problemas de eficiência ou puramente sanitários, sob condições climáticas normais.

Este tipo de lagoa de estabilização é hoje em dia o mais comum.

1.4.3 LAGOAS EM QUE PREDOMINAM CONDIÇÕES AERÓBIAS:

Pelo fato do processo de decomposição aeróbio, que caracteriza este tipo de lagoa, ter como produtos finais CO_2 e água e um aproveitamento de energia máximo, as lagoas em que predominam condições aeróbias possuem geralmente uma eficiência elevada em relação aos outros tipos de lagoas, bem como um efluente final, de um modo geral, de melhor qualidade.

Sob o ponto de vista estético e de odores, apresentam ótimas condições, podendo inclusive, em certos casos

sos, serem até enquadradas em planos de urbanização.

- LAGOAS DE MATURAÇÃO:

As lagoas de maturação são projetadas para receber o efluente final do tratamento por outros tipos de lagoa, principalmente facultativas, ou de outros processos de tratamento, objetivando melhorar a qualidade daquele efluente. Seu afluente pré-tratado, parcialmente clarificado, mantém condições de baixa turbidez na massa líquida, permitindo a penetração de luz solar até as camadas mais profundas, o que, conseqüentemente, assegura condições aeróbias.

A principal função deste tipo de lagoas é a destruição de patogênicos, portanto um dos principais fatores de projeto é o tempo de detenção. A eficiência de lagoas de maturação na remoção de patogênicos pode ser avaliada pela remoção de coliformes fecais. Em um bom projeto pode-se alcançar uma remoção maior que 99,99 por cento (6) destes coliformes fecais.

- LAGOAS DE ALTA TAXA DE DEGRADAÇÃO

Caracterizam-se por alta taxa de degradação bioquímica sob condições predominantemente aeróbias sem a onerosa introdução de oxigênio artificialmente. Os processos de degradação se baseiam na simbiose algas-bactérias. O oxigênio ne

cessário a degradação aeróbia deve ser produzido por algas a través da fotossíntese.

Para se alcançar este objetivo, é necessário que a profundidade da lagoa permita a penetração de luz às ca madas mais profundas, possibilitando a fotossíntese em toda profundidade. ~~Em~~ outras palavras, a profundidade da lagoa de ve coincidir com a profundidade de compensação de oxigênio. A alta turbidez da massa líquida dificulta a penetração da luz incidente e, por este motivo, as lagoas de alta taxa de degra dação, têm necessariamente, pouca profundidade.

É também uma característica de lagoas de alta taxa de degradação, períodos de detenção curtos. Segundo Os wald e Gotaas (7), algas jovens são mais eficientes fotossinteticamente e para sustentar uma população de células jovens, na fase logarítmica de crescimento, é necessário um substrato rico em nitrogênio e outros elementos vitais. Esta condição é encontrada para curtos períodos de detenção. Por outro lado, já que as lagoas de alta taxa de degradação são pouco profundas, períodos de detenção elevados acarretam áreas superficiais inadmissíveis.

As lagoas de alta taxa de degradação encontram-se em fase experimental e ainda se fazem necessários estudos e pesquisas, para definir suas condições ótimas de projeto, funcionamento e utilização. Podem ser empregadas, principalmente, em substituição às lagoas facultativas e/ou anaeróbias como tratamento de esgoto; por excelência, em regiões tropi

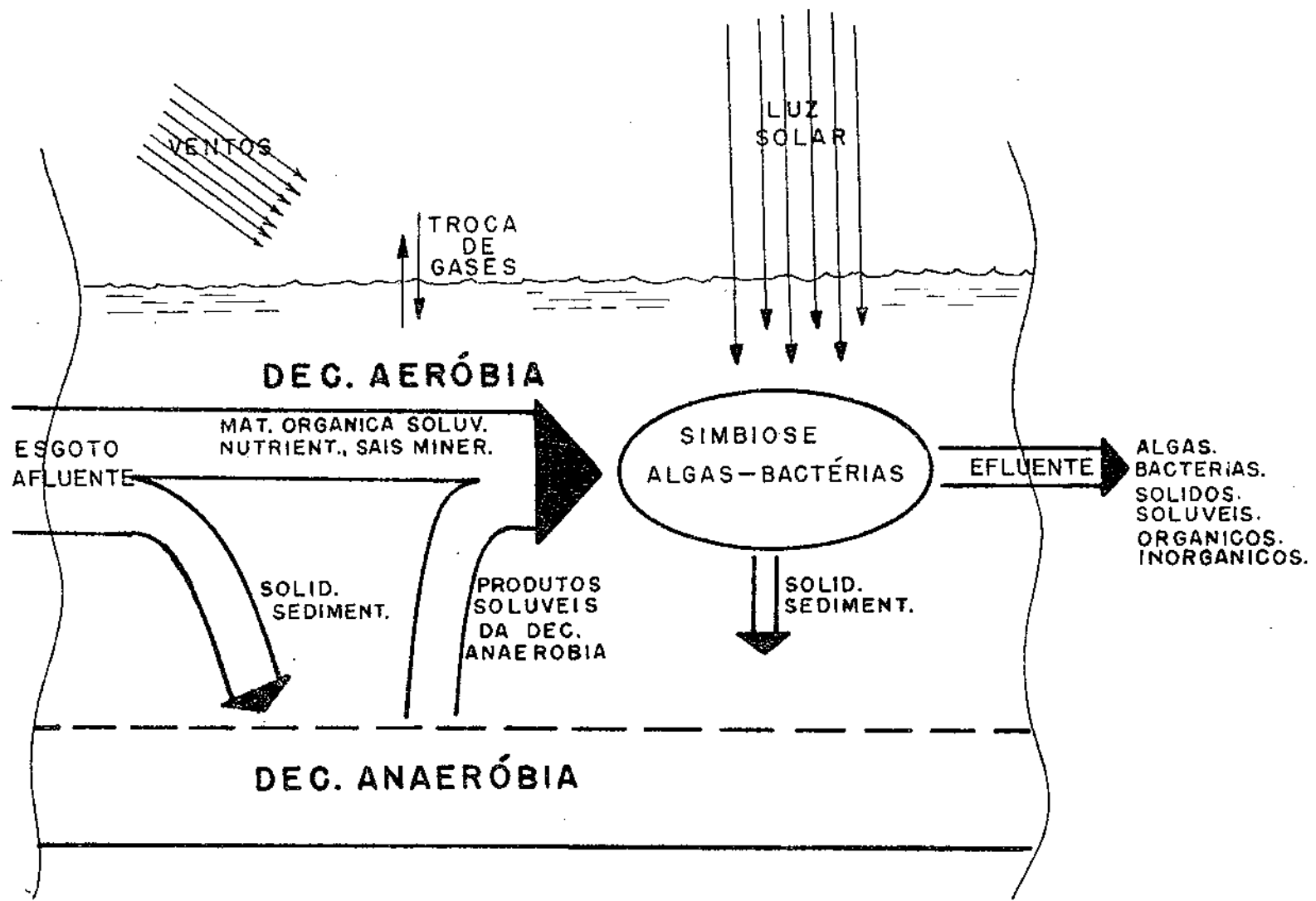
cais com boas condições de insolação.

Apesar da alta taxa de degradação, funcionam sob condições predominantemente aeróbias e, por este motivo, não apresentam problemas estéticos ou de despreendimento de maus odores. Para dificultar a formação de camada de lodo no fundo da lagoa, pode ser utilizado previamente um pequeno de cantador para retirada de sólidos de sedimentação rápida, ou equipamento mecânico capaz de resuspender o material sedimentado.

Devido a alta proliferação de algas, o efluente destas lagoas necessita, quase sempre, ^{de} sofrer processos de separação de algas antes do lançamento no curso d'água receptor. Por outro lado, este efluente, rico em algas, pode ser lançado em lagoas destinadas a criação de peixes e aves aquáticas. Nos últimos anos têm sido desenvolvidas, com suceso, experiências para obtenção de produtos proteicos, diretamente, de algas separadas do efluente de lagoas de alta taxa de degradação. Deste modo, com o aumento da necessidade de proteínas como alimento, a elevada quantidade de células de algas em efluentes de lagoas de alta taxa de degradação, será, em futuro próximo, uma vantagem sobre os outros tipos de lagoas de estabilização.

Lagoas de estabilização pouco profundas exigem, em sua construção, revestimento interno que possa impedir o desenvolvimento de vegetação semi-aquática, emergente do leito da lagoa. No caso de lagoas de alta taxa de degradaç

ção o movimento de terra e o custo do terreno, podem compen
sar os custos de revestimento, pois curtos períodos de deten
ção justificam áreas relativamente pequenas.



— FIGURA I.1 — LAGOA FACULTATIVA —

CAPÍTULO II

EXPERIÊNCIA MUNDIAL EM LAGOAS DE ALTA TAXA DE DEGRADAÇÃO

Além das experiências e estudos dos professores Oswald e Gotaas (7) dos quais resultou o desenvolvimento de formulação básica para lagoas aeróbias pela produção de oxigênio fotossintético, tem sido relativamente pequena a quantidade de estudos concluídos e apresentados sobre estas lagoas, hoje conhecidas como "Lagoas de Alta Taxa de Degradação".

Este tipo de lagoa encontra-se ainda em plena fase de experimentação científica. Grande quantidade de trabalhos específicos tem sido aproveitada para enriquecer o conhecimento do mecanismo de funcionamento de tais lagoas ou são

desenvolvidas, inclusive, com o intuito puro de contribuir para tal fim, como é o caso de vários estudos algológicos, principalmente sobre remoção de algas de efluentes de lagoas de estabilização um inconveniente em lagoas de alta taxa de degradação. Contudo, trabalhos de caráter científico em projetos pilotos para análise e observação deste tipo de lagoa como um todo são encontrados em número muito reduzido na bibliografia especializada, apesar de que experiências bem sucedidas tenham sido realizadas. Isto não significa porém que estas lagoas não venham sendo utilizadas, mas muitas vezes, passam despercebidas entre outros tipos ou aparecem de um modo casual. Mesmo quando são projetadas intencionalmente, são operadas sem controle técnico que permita conclusões que favoreçam estudos posteriores.

A seguir analisaremos as experiências do professor Mc Garry na Tailândia (9) e dos professores Bokil e Agrawal em Kanpur, Índia (10). Aquela primeira apresenta como ponto forte para nosso interesse características próximas as da nossa experiência, primordialmente o tempo de detenção, comum, de 1 (um) dia. Ambas são abordadas, realmente, pela grande quantidade de informações transmitidas e por possibilitar considerações e conclusões, inclusive comparativas, para estudos de lagoas de alta taxa de degradação.

O trabalho, mencionado, dos professores Oswald e Gotaas será apresentado no capítulo III.

EXPERIÊNCIAS DO DR. Mc GARRY

O Dr. M. G. Mc Garry conta com experiência anterior em trabalhos com lagoas de alta taxa de degradação (University New South Wales - 1968). Aqui o temos estudando um projeto piloto desenvolvido pelo "Instituto Asiático de Tecnologia" (A I T) em cooperação com a "Corporação de Pesquisa Científica da Tailândia" (A S R C T), para determinar as condições de máximo rendimento de produção de algas e estabilização de esgotos em tais lagoas (9).

Um diagrama de fluxo do processo do projeto piloto AIT - ASRCT é mostrado na figura 2.1. O afluente pode ser de origem doméstica ou industrial. Os sólidos sedimentáveis são removidos do afluente por técnicas convencionais de sedimentação e tratados por digestão anaeróbia a temperatura ambiente. O metano resultante da digestão pode ser utilizado como fonte de energia para esterilização e calor de secagem do produto final; algas.

A lagoa aberta é pouco profunda, com 45 cm de profundidade, "de maneira a prover a luz solar necessária para o crescimento de algas em toda profundidade". O período de detenção é de 1 dia, "permitindo uma alta taxa de reprodução e crescimento mediante um suprimento rico em nutrientes para algas". A lagoa é homogeneizada mecanicamente, diariamente, "para manter os sólidos sedimentáveis em suspensão onde oxigênio é abundantemente aproveitado para sua decomposição bacte

EXPERIÊNCIAS DO DR. Mc GARRY

O Dr. M. G. Mc Garry conta com experiência anterior em trabalhos com lagoas de alta taxa de degradação (University New South Wales - 1968). Aqui o temos estudando um projeto piloto desenvolvido pelo "Instituto Asiático de Tecnologia" (A I T) em cooperação com a "Corporação de Pesquisa Científica da Tailândia" (A S R C T), para determinar as condições de máximo rendimento de produção de algas e estabilização de esgotos em tais lagoas (9).

Um diagrama de fluxo do processo do projeto piloto AIT - ASRCT é mostrado na figura 2.1. O efluente pode ser de origem doméstica ou industrial. Os sólidos sedimentáveis são removidos do afluente por técnicas convencionais de sedimentação e tratados por digestão anaeróbia a temperatura ambiente. O metano resultante da digestão pode ser utilizado como fonte de energia para esterilização e calor de secagem do produto final; algas.

A lagoa aberta é pouco profunda, com 45 cm de profundidade, "de maneira a prover a luz solar necessária para o crescimento de algas em toda profundidade". O período de detenção é de 1 dia, "permitindo uma alta taxa de reprodução e crescimento mediante um suprimento rico em nutrientes para algas". A lagoa é homogeneizada mecanicamente, diariamente, "para manter os sólidos sedimentáveis em suspensão onde oxigênio é abundantemente aproveitado para sua decomposição bacte

riológica".

Considerando que o suprimento de água e alimento pode ser a maior restrição sobre o futuro desenvolvimento da Ásia o professor Mc Garry analisa o trabalho, sem esquecer a importância do controle de poluição das águas, sob dois principais pontos: recuperação de água e produção de proteína.

Sobre controle de poluição, atenta que a causa da eutrofização é relacionada com nutrientes, provenientes de águas residuárias, que promovem alta proliferação de algas. Uma lagoa de alta taxa é capaz de remover estes nutrientes por proliferação de algas sob condições tecnicamente controladas. Quanto a demanda bioquímica de oxigênio, em termos de DBO_5^{20} , esta lagoa pode ser carregada à taxa de 450 Kg DBO_5^{20} /ha. dia, e, com um tempo de detenção de apenas 1 dia produzir um efluente com DBO_5^{20} abaixo de 30 mg/l.

Quanto a recuperação da água é considerado que a água recuperada será primeiramente usada na agricultura.

Análises químicas foram efetuadas sobre amostra do efluente da lagoa após a sedimentação das algas floculadas por sulfato de alumínio. Os resultados destas análises foram apresentados na tabela que é reproduzida a seguir:

TABELA 2.1 - CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE DA LAGOA DE ALTA TA
XA DE DEGRADAÇÃO

mg/l			
pH _____	7,4	Na ⁺ _____	101
SO ₄ ⁼ _____	104	K ⁺ _____	20
Cl ⁻ _____	51	Ca ⁺⁺ _____	24
HCO ₃ ⁻ _____	166	Mg ⁺⁺ _____	6

SÓLIDOS DISSOLVIDOS

Fixos - 344

Voláteis - 132

De acordo com o trabalho analisado os valores da tabela acima são satisfatórios para a irrigação sobre qua se todo tipo de solo e, pelo mesmo motivo, o efluente pode ser usado na irrigação de "particularmente todo vegetal" e culturas tais como arroz, aveia, trigo, algodão, etc. Contudo se o efluente não é clorado, o alimento proveniente de tais culturas deve ser cozido antes de ser comido.

A água recuperada, efluente destas lagoas, po de ser aproveitada por uma variedade de indústrias.

Das conclusões do professor Mc Garry a produção diária de algas nesta lagoa é tão alta quanto 180 Kg de alga seca por acre ou em referência anual 66.000 Kg por acre por ano. Em termos de proteína representa uma taxa de produ

ção por área 127 vezes maior que a de soja e 1.460 vezes maior que a de arroz. "Assim, a conservação do terreno pode ser efetiva e, por outro lado, a produção de alimento não requer outra fonte de água que não a própria água residuária. "É também feita uma comparação em termos de qualidade da proteína ou de aminoácido contido, demonstrando que alga é similar a soja, em qualidade da proteína, podendo competir no mercado de rações para animais.

- EXPERIÊNCIAS DOS PROFESSORES BOKIL E AGRAWAL

Os professores S. D. Bokil e G.D. Agrawal desenvolveram experiências no Instituto Indiano de Tecnologia (IIT) em Kanpur (lat. 26,59N). O artigo publicado, em 1976, como fruto daquele trabalho (10), procura descrever a "performance" e características de "Lagoas de Estabilização Pouco Profundas de Alta Taxa". Como veremos em seguida, alguns pontos na concepção da pesquisa são incompatíveis com o pensamento técnico para lagoas de alta taxa de degradação. Quanto a profundidade, por exemplo, é adotada até 53 cm quando os próprios autores admitem no início do trabalho a suposição de que lagoas deste tipo são aeróbias para profundidades em torno de 15 - 45 cm. Os tempos de detenção adotados são por demais longos para lagoas de alta taxa de degradação, de acordo com a bibliografia especializada. De qualquer modo, porém, vários resultados interessantes podem ser obtidos deste trabalho.

Foi usado nas pesquisa um tanque de 107 cm de comprimento por 53 cm de largura com 76 cm de profundidade. Área, conseqüentemente, de 5.960 cm² na superfície.

De um dos lados estreitos do tanque, foi feito um furo de 1,25 cm de diâmetro a 8,9 cm do fundo para servir de entrada para o esgoto afluyente. Do lado oposto, 6 furos de mesmo diâmetro, superpostos a partir de 8,9 cm do fundo com espaçamentos iguais de 8,9 cm centro a centro permitiram a saída do efluente a várias profundidades porém foram usados apenas os furos nº 4 e nº 6 (detalhes na figura 2.2).

A experiência foi dividida em 4 etapas pela combinação de duas cargas orgânicas afluentes (56 Kg DBO/ha.dia e 112 Kg DBO/ha.dia) com duas profundidades (53 cm e 35 cm) de acordo com a tabela reproduzida abaixo que também mostra os períodos de detenção adotados. (Tabela 2.2).

TABELA - 2.2 - DETALHE DAS ETAPAS DA EXPERIÊNCIA

ETAPA Nº	DBO (Kg/ha dia)	PROFUNDIDADE (cm)	TEMPO DETENÇÃO (dias)
I	56	53	20
II	112	53	10
III	56	35	12,6
IV	112	35	6,3

O afluyente foi esgoto sedimentado do Campus do IIT, Kampur. A DBO foi feita constante igual a 200 mg/l a

justando a DQO antes da alimentação do reator.

A lagoa foi iluminada 24 horas por dia, por 4 tubos fluorescentes ajustados para dar uma intensidade de luz efetiva, na superfície da lagoa, de 60 cal/cm^2 dia. Este valor de 60 langleys/dia é menor do que a mínima radiação solar visível para aquela região (26,59N) de acordo com tabela organizada pelo professor Oswald.

Só após a lagoa alcançar um estado estável foram efetuadas análises das amostras. Foram determinados: concentração de algas, alcalinidade, pH, DBO, OD, Nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, fosfato total e NMP*. Todos os parâmetros, exceto concentração de alga, foram determinados de acordo com o "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 12 th. Edn". 1965. A concentração de algas foi determinada colorimetricamente.

As características do esgoto afluente foram apresentadas na tabela reproduzida em seguida (tabela 2.3).

(*) NMP - Número mais provável de coliformes fecais em 100 ml os autores não especificam porem é implícito.

TABELA 2.3 ← CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE

PARÂMETROS	VALORES MÉDIOS
Temperatura.....	25°C
pH.....	8,3
DQO.....	300
Sólidos Totais.....	550
Sólidos Voláteis.....	300
Cloretos.....	140
N - amônia.....	12
N - orgânico.....	20
Fosfato total.....	08
Alcalinidade.....	500
N.M.P.....	$9 \times 10^7 / 100$ ml

Todos os valores exceto temperatura, pH e N.M.P. são em mg/l.

Este trabalho analisado demonstra que o crescimento de algas depende da penetração de luz a qual alcançou uma intensidade negligenciável em torno de 25 cm de profundidade a partir da superfície.

A concentração de algas na superfície foi sempre em torno de 100 mg/l, em todas as etapas, independente da carga orgânica aplicada.

Sob boas condições de luz apresentou-se máxi

ma taxa de desenvolvimento de algas e nenhum outro fator tornou-se fator limitante de crescimento. A teoria conhecida de que o crescimento algológico aumenta linearmente quando a taxa de diluição é aumentada, ou o tempo de detenção diminui, se componentes do substrato não se tornarem limitantes só ocorreu para certas taxas de diluição.

Foi adotado por estudo bibliográfico que 1 mg de alga produz 1,65mg de oxigênio e que em média, alga contém cerca de 8% de nitrogênio sobre o peso seco. A tabela 2.4 mostra que a percentagem de nitrogênio removido por alga, de acordo com os valores adotados acima, é mais ou menos constante e em torno de 26% e que cerca de 32% é perdido no sistema.

TABELA - 2.4 - BALANÇO DE NITROGÊNIO

ETAPA Nº	NITROGÊNIO AFLUENTE (mg/dia)	NITROGÊNIO EFLUENTE (mg/dia)	PRODUÇÃO DE ALGAS (mg/dia) (PESO SECO)	NITROGÊNIO RECUPERADO EM ALGA (%)	NITROGÊNIO PERDIDO NO SISTEMA (%)
I	512	298	1.600	25,0	16,9
II	1024	413	3.360	26,3	32,8
III	512	208	1.760	27,5	31,9
IV	1024	369	3.650	26,0	37,8

A taxa média de difusão de oxigênio na lagoa, com respeito a profundidade, foi 0,1 mg/l por centímetro. Por

outro lado, foi constatado que até em lagoas de estabilização

outro lado, foi constatado que até em lagoas de estabilização tão rasas como 35 cm de profundidade forma-se uma camada anáeróbia junto ao fundo.

A eficiência de remoção de DBO foi, no presente estudo analisado, em torno de 85%. A tabela 2.5 mostra valores de DBO e oxigênio produzido por algas.

TABELA 2.5 - BALANÇO DA DBO E DO OXIGÊNIO PRODUZIDO POR ALGAS.

ETAPA Nº	DBO AFLUENTE (mg/dia)	DBO EFLUENTE (SEM ALGA) (mg/dia)	OXIGÊNIO PRODUZIDO POR ALGA (mg/dia)	EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DA DBO (%)	DBO REMOVIDA ANAEROBICAMENTE (%)
I	3680	496	2640	96,5	17,0
II	7360	1.180	5550	84,0	10,3
III	3680	645	2900	82,5	4,5
IV	7360	1.180	5200	84,0	14,4

Das análises bacteriológicas, os autores concluíram que há pouca probabilidade da presença de E. Coli no efluente de lagoas de estabilização de pouca profundidade.

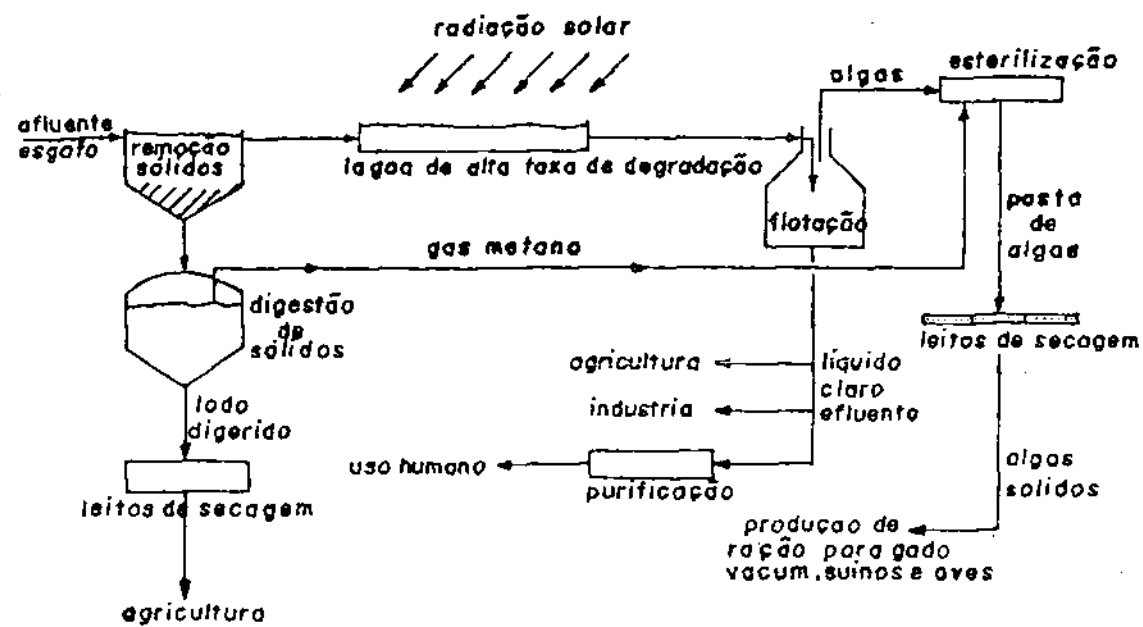
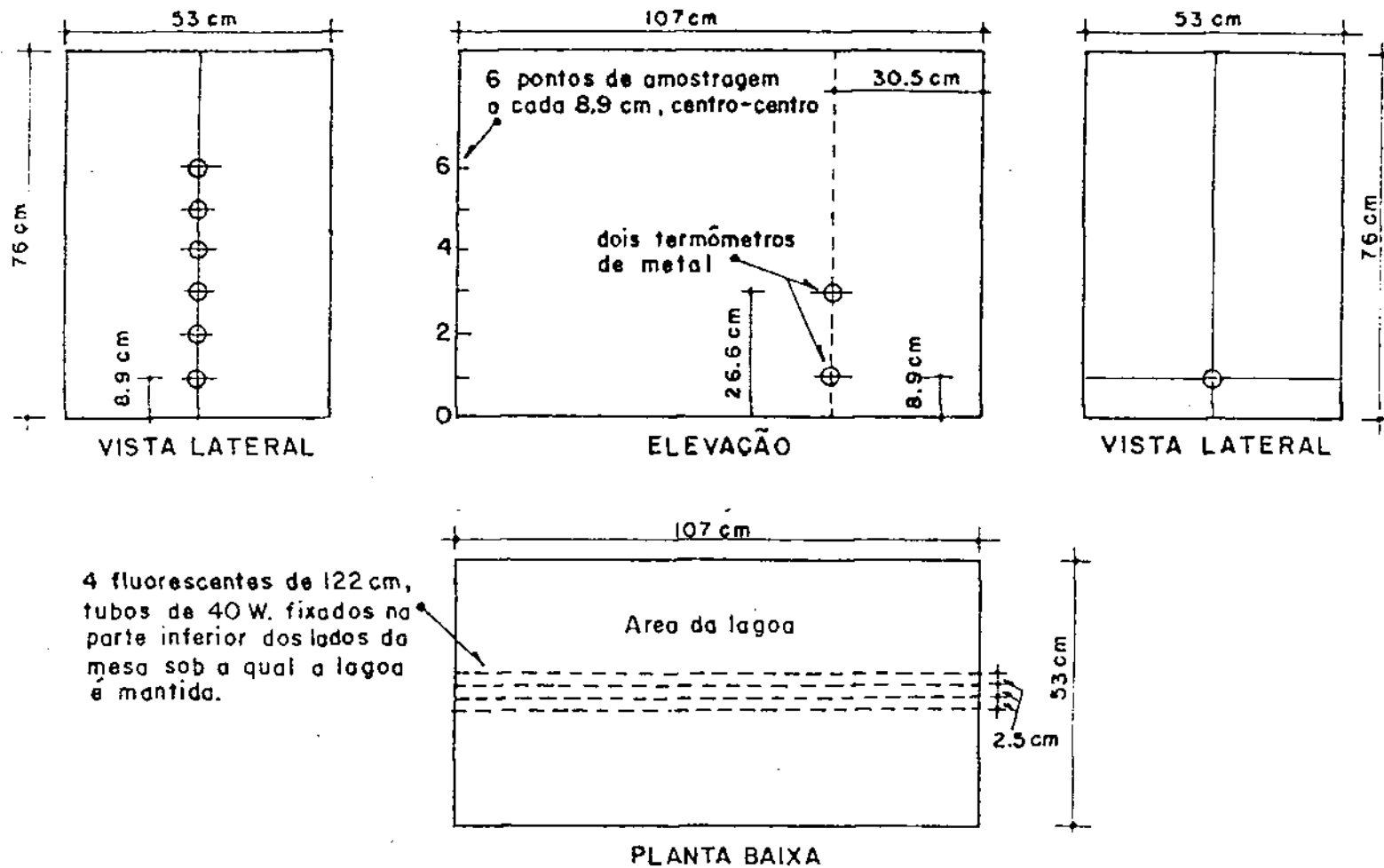


FIGURA 2.1 — EXPERIENCIA DO Dr. M. B. McGARRY
 DIAGRAMA DE FLUXO DO PROCESSO



**FIGURA 2.2 — EXPERIENCIA DOS PROF.^{as} BOKIL E ARAWAL
DETALHES DA LAGOA EXPERIMENTAL**

CAPÍTULO III

DIMENSIONAMENTO DE LAGOAS DE ALTA TAXA DE DEGRADAÇÃO

Estudos e pesquisas em laboratórios e projetos pilotos para tratamento de esgoto em lagoas nas quais predominam condições aeróbias pela produção de oxigênio fotossintético, conjuntamente com investigações em culturas de algas, têm produzido vários princípios básicos, os quais podem ser utilizados para a formulação de critérios racionais de projeto. Com base em tais princípios, os autores William J. Oswald e Harold B. Gotaas (7) desenvolveram formulação racional básica, para período de detenção e profundidade de lagoas de alta atividade fotossintética de algas, utilizando a lei da conservação da energia, juntamente com dados sobre energia solar e considerações sobre transmissão e absorção de luz através cul

turas de algas. A seguir damos a nossa apresentação da formulação desenvolvida pelos autores supra citados.

Em relação a um tanque para estabilização de esgotos podemos considerar:

A energia luminosa "E" que penetrará através da superfície livre do tanque é dada por:

$$E = S. A.$$

onde:

S = radiação solar

A = área superficial do tanque

Para um certo tempo "t", que podemos fazer igual ao tempo de detenção dos esgotos no tanque, teremos:

$$E = S. A. t \quad (I)$$

onde:

S = radiação solar visível, em calorías por cm^2 (langleis) por dia.

A = área superficial do tanque, em cm^2

t = tempo de detenção, em dias

E = energia luminosa que penetrará no tanque, em calorías.

A energia fixada pela fotossíntese em tal tanque é uma fração da energia luminosa que penetra no tanque e conseqüentemente na cultura de alga. Assim:

$$H = F. E. \quad (II)$$

onde:

H = energia fixada pela fotossíntese

F = fração que representa a eficiência fotosintética na conversão de energia.

Substituindo a equação I na equação II podemos escrever:

$$H = F. S. A. t.$$

ou:

$$t = \frac{H}{F. S. A.} \quad (III)$$

A energia fixada pela fotossíntese pode ser dada por:

$$H = C . c$$

onde:

C = concentração de células de alga

c = calor específico de combustão das algas.

Chamando-se H_1 a energia fixada pela fotossíntese, por litro, temos:

$$H_1 = C \cdot c \quad (IV)$$

onde:

"C" é dada em mg/l

"c" é dado em Cal/mg

O volume do tanque "V" pode ser dado em litros em função da área e da profundidade "d" em cm^2 e cm respectivamente.

$$V = \frac{A \cdot d}{1.000} \quad (V)$$

A energia fixada pela fotossíntese é:

$$H = H_1 \cdot V$$

Ou, das equações IV e V:

$$H = \frac{C. c.A. d.}{1.000} \quad (VI)$$

Substituindo-se H na equação III pela equação VI, teremos:

$$t = \frac{C. c. d.}{1.000. F.S.} \quad (VII)$$

Chamando-se de "p" a relação entre o oxigênio produzido na fotossíntese (OF) e a concentração de algas (C), ambos em peso, temos:

$$P = \frac{OF}{C} \quad (VIII)$$

Considerando-se que, para máxima eficiência do sistema, o oxigênio liberado na fotossíntese deve ser total mente utilizado na oxidação bioquímica da matéria orgânica dos esgotos, temos:

$$OF = OC = DBO \quad (IX)$$

onde:

OC = oxigênio consumido na degradação da matéria orgânica.

DBO = DBO afluente.

Assim temos, das equações VIII e IX, para máxima eficiência:

$$P = \frac{DBO}{C}$$

ou:

$$C = \frac{DBO}{P} \quad (X)$$

Substituindo-se "C" na equação VII pela equação X, teremos:

$$t = \frac{c \cdot d \cdot (DBO)}{1.000 \cdot F.S.p} \quad (XI)$$

onde:

c = calor específico de combustão (cal/mg)

d = profundidade da lagoa (cm)

DBO = demanda bioquímica de oxigênio, afluente (mg/l)

S = radiação solar visível incidente (langley/dia)

F = eficiência fotossintética na conversão de energia

p = relação entre os pesos do oxigênio liberado e da matéria orgânica sintetizada na fotossíntese.

A equação XI nos dá o período teórico de detenção, em dias, para uma lagoa de estabilização de alta atividade de fotossintética de algas, lagoa de alta taxa de degradação, com uma profundidade "d".

A eficiência fotossintética é influenciada por diversos fatores ambientais e os efeitos quantitativos destes fatores nem sempre são conhecidos. Coeficientes experimentais podem ser desenvolvidos com o intuito de corrigir o valor prático de "F", de acordo com os fatores ambientais variáveis. Daí, um coeficiente de temperatura "Tc" é recomendado, pelos autores citados, para incorporação dos efeitos ambientais dentro da equação XI, donde:

$$t = \frac{c. d. (DBO)}{1.000 . F.S.p.Tc.} \quad (XII)$$

- CONSIDERAÇÕES:

- CALOR ESPECÍFICO DE COMBUSTÃO (c).

A quantidade de calor por unidade de peso do

material de alga é um valor variável principalmente com o tipo de cultura de alga. Este valor pode ser calculado por métodos calorimétricos ou pela composição química da alga.

Se o carbono, hidrogênio e oxigênio da matéria orgânica são conhecidos pode ser determinado um fator R o qual representa o grau de redução da matéria orgânica sintetizada: $R = [((\% C. 2,66) + (\% H. 7,94) - (\% O)) / 398,9] \times 100$. (Oswald e Gotaas citando Spoehr e Milner). "R" e "c" estão relacionados pela fórmula empírica: $c = (R/7,89) + 0,4$. A precição desta relação é confirmada em laboratórios, por métodos calorimétricos, para material celular de algas cultivadas em esgoto (7).

Os resultados obtidos tanto por análise química, como por calorímetros especiais, mostraram que o valor de "c" varia entre 5 e 6,5 Kcal por grama de material volátil de alga (3) porém há unanimidade entre os autores (1,4,6 e 7) sobre que, para algas desenvolvidas em esgoto, o calor específico de combustão tem valores muito próximos de 6 Kcal por grama, podendo ser, na prática, adotado este valor.

- RADIAÇÃO SOLAR (S)

Os valores da quantidade de energia solar diária que alcançam a superfície da Terra variam com fenômenos astronômicos e meteorológicos. Variações sazonais e com a extensão do dia podem ser esperadas porém, de acordo com a posi

ção geográfica, médias mensais destes valores podem ser previstos com razoável aproximação, pela observação de dados meteorológicos regionais.

No anexo 1, reproduzimos parcialmente a tabela elaborada por Oswald e Gotaas (7) calculada a partir de dados publicados por H. H. Kimball e pelo U.S. Weather Bureau, sobre valores de insolação direta e difusa para uma superfície horizontal ao nível do mar em posições do quadrante norte.

A tabela apresenta predições máximas e mínimas de possíveis valores médios mensais de -S- para a posição geográfica indicada. Os números mostrados representam a radiação solar total (ultra violeta, visível e infra vermelho) e visível (comprimentos de onda de 4.000 Å a ... 7.000 Å) expressada em langleys (cal/cm^2) por dia.

Em concordância com os autores citados, quando são feitas as devidas correções para altitude e cobertura de nuvens, os valores da radiação visível obtidos daquela tabela podem ser tomados como uma medida quantitativa da energia aproveitável pela fotossíntese, constituindo os valores a serem empregados na formulação desenvolvida.

Segundo Caballero (citado por Victorett (3) os valores da tabela reproduzida no anexo 1 podem ser utilizados para o hemisfério sul defazando-se as leituras em seis meses e multiplicando-se os dados pelos fatores corretivos indicados no quadro seguinte:

Hemisfério Sul	Hemisfério Norte	Fator Corretivo
JAN	JUL	0,96
FEV	AGO	0,97
MAR	SET	0,99
ABR	OUT	1,01
MAI	NOV	1,02
JUN	DEZ	1,04
JUL	JAN	1,04
AGO	FEV	1,03
SET	MAR	1,02
OUT	ABR	1,01
NOV	MAI	0,99
DEZ	JUN	0,97

O Brasil conta com razoável rede de estações meteorológicas e solarimétricas, as quais podem fornecer valores de radiação solar local para base de extrapolações de médias regionais.

- PROFUNDIDADE (d)

A profundidade ótima, para uma lagoa de alta atividade fotossintética de algas, é aquela máxima profundida de em que haja luz suficiente para manter, pela fotossíntese, uma produção de oxigênio capaz de suprir a demanda bioquímica

de oxigênio naquele nível. Ou seja, a máxima profundidade em que a luz solar consiga penetrar, possibilitando o desenvolvimento algológico que mantenha condições aeróbias pela produção de oxigênio fotossintético.

É muito difícil se determinar a penetração total da luz pois numerosos fatores influem na eficiência de utilização da energia luminosa nas lagoas. Quando a intensidade luminosa é baixa, a eficiência de utilização da luz pelas algas é quase linear (1), porém quando a intensidade é alta acontece um ponto de saturação a partir do qual qualquer energia adicional não é aproveitada pelas algas.

O cálculo da profundidade de lagoas aeróbias por oxigênio fotossintético pode ser desenvolvido em termos da concentração de algas, embora as massas de algas geralmente não sejam homogêneas e levem a resultados teóricos enganosos. Supondo que seja homogênea existe certa profundidade na qual a intensidade da luz corresponde exatamente a intensidade de saturação para uma alga determinada (Bush, 1953) (1).

Dados experimentais têm revelado que uma suspensão de algas absorve luz de acordo com a lei de Beer - Lambert, dentro de limites estreitos (7).

$$\frac{I}{I_0} = e^{-C \cdot d} \quad (\text{XIII})$$

onde:



I = intensidade de luz à profundidade " d ", em velas-pé

I_i = intensidade de luz incidente, em velas-pé

α = coeficiente específico de absorção

C = concentração da cultura de algas, em mg/l

d = profundidade, em cm.

Tomando-se o logarítimo natural de ambos os termos da equação XIII:

$$\log_e I - \log_e I_i = - C \cdot \alpha \cdot d. \quad (\text{XIV})$$

Admitindo-se que toda luz disponível deve ser absorvida e que no fundo da lagoa a luz transmitida " I " deve ser aproximadamente zero, faz-se " I " igual a 1,0 e resolvendo-se a equação XIV em d :

$$d = \frac{\log_e I_i}{C \cdot \alpha} \quad (\text{XV})$$

Negligenciando-se a turbidez que não a consequente da própria concentração de algas, a equação XV dá a profundidade, na qual a luz penetra através de uma cultura de algas constituindo o valor de " d " que normalmente é usado nas equações VII, XI e XII.

O valor do coeficiente " α " depende de cada espécie de alga. Este coeficiente é relativamente constante pa

ra condições normais de crescimento, encontrando-se valores normalmente entre 1×10^{-3} e 2×10^{-3} embora tenha sido observado para condições de baixa luminosidade e rico substrato nutritivo valores tão altos quanto 4×10^{-3} (3). Na prática pode ser assumido o valor de $1,5 \times 10^{-3}$ (7) (3).

Os valores de I_i podem ser estimados a partir do exposto sobre radiação solar. Estudos realizados pelos autores Oswald e Gotaas mostraram que a intensidade luminosa média para o período de 24 horas de um dia é em torno de 10 vezes a radiação solar expressa em langleys por dia, multiplicada pela fração do tempo que o sol está acima do horizonte. Assim, obtendo-se a radiação solar total, multiplicando-se este valor por 10 e multiplicando-se o resultado pela fração do tempo que o sol está no horizonte, temos o valor de " I_i " para substituir na equação XV. Este método é relativamente exato.

- EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA (F)

É de se esperar que qualquer fator que afete células de alga interfira na eficiência de conversão de energia na fotossíntese. A intensidade de iluminação, a concentração de nutrientes, principalmente CO_2 , a temperatura, são fatores que influenciam esta eficiência.

Existe uma barreira prática quanto ao aproveitamento, da energia disponível, pela célula de algas. Pelos seus mecanismos de absorção de luz, transferência de hidrogênio, síntese orgânica e multiplicação celular a alga alcança

uma a partir da qual toda energia adicional é não utilizada, tornando-se inútil ou mesmo prejudicial. Esta intensidade lu

um limite de saturação luminosa no ponto de máxima intensidade de luz que a célula pode utilizar de acordo com seu metabolismo. Significa dizer que existe uma intensidade de luz máxima a partir da qual toda energia adicional é não utilizada, tornando-se inútil ou mesmo prejudicial. Esta intensidade luminosa é conhecida como "Intensidade de Saturação" e representa-se por "Is".

Segundo Vannevar Bush (citado por Oswald e Gotaas (7)) a máxima fração da luz disponível que pode ser utilizada individualmente por uma alga é dada por:

$$f = \frac{I_s}{I_i} \left(\log_e \frac{I_s}{I_i} + 1 \right)$$

onde:

I_i = intensidade de luz incidente

I_s = intensidade luminosa de saturação

f = fração da luz disponível, utilizada.

É evidente que para uma intensidade de saturação alta a porcentagem de luz incidente utilizada é também alta.

Os valores de I_s variam, para cada cultura de alga, como uma função da constituição fisiológica da célula de alga particular de cada cultura. Um alto rendimento metabólico proporciona uma maior intensidade de saturação. Foi cons

tatado que este alto rendimento acontece para células jovens. Na fase logaritimica de crescimento celular, a cultura atinge altos valores de I_s e utiliza uma fração da luz disponível maior do que culturas velhas. Para suprir uma população de células jovens na fase logaritimica de crescimento é necessário um substrato relativamente rico em nutrientes. Estas condições só acontecem para curtos períodos de detenção.

Embora, sob certas condições, a eficiência fotossintética possa alcançar valores maiores que 50 por cento (7), na prática de tratamento de esgoto apenas valores baixos, desta eficiência, acontecem pois altos valores requerem um substrato rico em nutrientes, contrário ao objetivo dos tratamentos de esgotos. Os autores Oswald e Gotaas admitem que, por causa dos vários efeitos de fatores ambientais, a eficiência fotossintética total deve assumir valores até 0,10 considerando que, valores de "F" acima destes 10% indicam condições de rico substrato nutritivo. Por outro lado, acreditam que, valores excedendo 0,20 não sejam prováveis devido a limitada capacidade das algas para utilizar luz de alta intensidade. Segundo Victoretti (3), citando os mesmos autores, resultados de instalações-piloto, operadas na California, indicam que podem ser obtidos valores de eficiência fotossintética aparente de 5 a 8 por cento em concentrações de algas suficientemente densas.

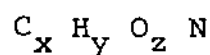
Segundo o Eng^o. Carlos Ortega (4), os valores da eficiência variam entre 0,5 e 6,0%, afetada por fatores

climáticos, período de detenção e valores da carga orgânica aplicada.

De acordo com o Prof. Gloyna (1), os rendimentos usuais oscilam entre 2 e 9 por cento sendo 5 por cento o valor mais encontrado.

- VALORES DO FATOR "p"

A relação entre os pesos de oxigênio liberado e da matéria orgânica sintetizada pode ser determinada a partir da análise da composição da matéria orgânica das algas. Conhecendo-se as porcentagens de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio; dividindo-se cada uma destas porcentagens pelo peso atômico do elemento correspondente; fazendo-se o valor do coeficiente do nitrogênio igual a um e corrigindo-se proporcionalmente os outros coeficientes, obtemos a seguinte fórmula para o material de células de algas:

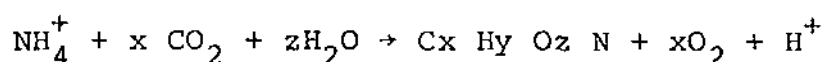


onde:

x, y e z são os coeficientes encontrados no procedimento acima.

Admitindo-se que amônia é a fonte do nitrogênio, dióxido de carbono é a principal fonte de carbono e água

é a fonte do oxigênio, a seguinte equação pode ser formulada para a síntese deste material celular:



Considerando-se apenas material celular e oxigênio no segundo membro da equação, pode-se calcular os pesos do material celular e do oxigênio com os quais se obtém a relação, sujeita porém a correções desde que o material celular contém em torno de 85% de matéria orgânica. (7).

A medição criteriosa da concentração de algas, em peso por unidade de volume, antes e após a determinação do oxigênio fotossintético também pode nos dar uma boa noção do valor de "p".

Trabalhos experimentais têm mostrado que "p" varia dentro de limites relativamente estreitos. Sob condições ambientais, normalmente, encontra-se entre 1,25 e 1,75 (7), há no entanto concordância, na bibliografia consultada, de que na falta de dados precisos, deve ser adotado 1,6 gramas de oxigênio por grama de matéria orgânica sintetizada, como valor de "p", para aplicação na formulação exposta.

- COEFICIENTE DE TEMPERATURA (Tc)

A interrelação entre variáveis ambientais que perturbam o processo de oxigenação fotossintética embora seja

muito complexa pode ter seus efeitos incorporados convenientemente em equações sob a forma de coeficientes.

A temperatura é um dos fatores ambientais mais, se não o mais, importante. Os fenômenos que ocorrem na simbiose algas bacterias em lagoas de estabilização são afetados de algum modo pela variação de temperatura do ambiente. Do mesmo modo adaptações a altas ou baixas temperaturas podem se dar as custas da eficiência fotossintética.

Na formulação exposta, desenvolvida por Oswald e Gotaas, foi introduzido por aqueles um fator corretivo de temperatura para representar a maneira pela qual a eficiência fotossintética é modificada por fatores ambientais. Os autores apresentaram uma tabela com valores típicos para o coeficiente de temperatura "Tc", baseada em dados para cultura de "Chlorella" isoladas em projetos piloto e cultivadas em laboratório com uma intensidade de luz de 12.912 Lux, iluminadas uma média de 14,4 horas diariamente e com o período de detenção de 4 dias. Os coeficientes tabelados a partir de 0,26 para a temperatura de 5°C alcançam o máximo de 1,0 para 20°C e decaem a 0,69 para 35°C.

Diferentes valores de "Tc" podem ser obtidos sob diversas condições experimentais e com diferentes espécies de algas.

- INFLUÊNCIA DE FATORES QUÍMICOS

Elementos químicos como carbono, nitrogênio,

fósforo, magnésio, potássio, juntamente com a água constituem o substrato necessário ao desenvolvimento celular de algas. Além da presença imprescindível do carbono, oxigênio e hidrogênio, na formação de moléculas orgânicas por mais simples que sejam, devemos considerar o nitrogênio, para construção de material celular protéico, fósforo e magnésio, integrantes da molécula de clorofila e o potássio, como constituintes primários da célula de alga.

Estes elementos merecem uma apreciação quantitativa pois, como a energia solar, podem tornar-se fator limitante do desenvolvimento de algas.

Nitrogênio, fósforo, magnésio ou potássio raramente tornam-se fator limitante do desenvolvimento algológico em esgotos domésticos. Considerando-se que a célula de alga contém 8% de nitrogênio, 1,5% de fósforo, 1% de magnésio e 0,5% de potássio (7) um esgoto doméstico pode suprir concentrações de algas de 500 ppm, por exemplo, desde que possua nitrogênio, fósforo, magnésio e potássio nas respectivas concentrações de 40 ppm, 7,5 ppm, 5ppm e 2,5ppm, admitindo-se que sejam totalmente aproveitados. Normalmente, os esgotos domésticos contêm magnésio e potássio em concentração maiores que 5 ppm (7). Por outro lado, com o aumento do uso indiscriminado de detergentes nas residências e indústrias, torna-se improvável que tanto nitrogênio como fósforo, ambos componentes dos detergentes, sejam fator nutricional limitante para o desenvolvimento de algas em esgotos urbanos.

Geralmente, o elemento químico limitante é o carbono porém quando a quantidade de carbono é insuficiente, as algas podem compensar relativamente esta falta com o aumento da absorção de CO_2 da atmosfera. Fotossíntese ativa eleva o pH a mais que 10, acelerando a absorção de CO_2 atmosférico pela cultura (7). Assim, a introdução de carbono artificialmente, quando não é indesejável, é tão pouco necessária que não justifica os custos.

CAPÍTULO IV

MÉTODOS E MATERIAIS UTILIZADOS NA PESQUISA

4.1 O SISTEMA DE REATORES:

O sistema de reatores, construído para a pesquisa, consta basicamente de um tanque de alvenaria revestida, projetado para funcionar como lagoa de alta taxa de degradação, precedido de um decantador de curto tempo de detenção. (Figura 4.1).

Os esgotos captados diretamente de um interceptor da rede de esgotos da cidade de Campina Grande Paraíba, são bombeados, por intermédio de uma bomba centrífuga de eixo vertical, submersa, com motor emerso de 1 C. V. - 1.750 R.P. M., até uma caixa de nível constante, próxima ao sistema de

reatores, distante do interceptor aproximadamente 25 metros. Da caixa de nível constante uma bomba de vazão ajustável retira o esgoto e controla o fluxo desejado para o decantador, de onde sai o esgoto decantado que vai para a lagoa de alta taxa de degradação.

Assim, resumindo, temos: o esgoto bruto afluí ao decantador e o efluente do decantador é afluente da lagoa piloto.

O efluente da lagoa junta-se ao esgoto extravasado da caixa de nível constante e é descarregado no interceptor a jusante do ponto de captação.

A bomba de vazão ajustável, referida, é do tipo fluxo induzido por pulsação, de fabricação inglesa, marca "Watson - Marlow Limited", modelo HRSV, motor tri-fásico de 1/4 de HP. Esta bomba permite variar a vazão desde 2,5 l/h até 1.364 l/h, com uma precisão melhor que 99%, de acordo com a abertura do tubo flexível de passagem que varia de 1/8 de polegada a 1 polegada. Na nossa pesquisa foi usado o tubo de 1/2 polegada que permite uma vazão mínima de 50,5 l/h e máxima de 455 l/h com valores intermediários controlados por indicador numérico mostrando 200 posições.

O tanque, construído em alvenaria de tijolos e revestido com argamassa de cimento e areia, tem dimensões de 4 m por 2 m com 30 cm de profundidade dando um volume de $2,4 \text{ m}^3$. Durante a pesquisa recebeu a vazão de 100 litros por hora o que nos dá, conseqüentemente, um tempo de detensão de

1 dia. Testes de controle de vazão foram efetuados, regularmente, em períodos de aproximadamente 15 dias.

Quando referido em funcionamento, o tanque será neste trabalho, denominado de lagoa de alta taxa de degradação, abreviadamente ATD ou simplesmente lagoa, quando implícita.

Os dispositivos especiais de entrada e saída dos esgotos na lagoa estão mostrados nas figuras 4.3 e 4.4.

Na fase inicial da pesquisa, foi utilizada como decantador uma manilha cerâmica de 6 polegadas de diâmetro com volume de aproximadamente 22 litros dando um tempo de detenção de 13 minutos.

A manilha foi assentada, com uma base de concreto, sobre o terreno, em posição vertical e recebia o esgoto a 45 cm de altura por intermédio de tubos de "P.V.C."

O tubo de saída dos esgotos do decantador estava à altura de 1,26 m e foi observada a não ocorrência de correntes de curto circuito hidráulico.

Na base da manilha um registro de gaveta 1" (1 polegada) permitia a descarga diária do lodo acumulado.

Como veremos no capítulo V este primeiro decantador não apresentou bom funcionamento e tão logo ficou comprovada sua baixa eficiência, foi prontamente substituído.

Substituiu-se a manilha de 6 polegadas por uma de 12 polegadas com volume de 100 litros e, conseqüentemente, tempo de detenção de uma hora. Este segundo decantador atendeu

deu perfeitamente nossos propósitos e foi definitivamente usado até o final da pesquisa.

A exemplo do primeiro decantador, esta manilha foi assentada em posição vertical com entrada dos esgotos a 50 cm de altura e saída a 1,50 m, sempre com a preocupação de não ocorrer curto circuito hidráulico. (Figura 4.2).

A descarga do lodo pelo registro na base da manilha permaneceu sempre sendo efetuada em períodos de 24 horas.

Neste trabalho, aquele primeiro decantador será citado como decantador 1 e o segundo, pela sua real utilização, será denominado simplesmente decantador ou abreviadamente DEC, salvo quando para maior esclarecimento comparativo seja esporadicamente citado como decantador 2.

4.2 COLETA DE AMOSTRAS:

As coletas de amostras podem ser divididas em dois tipos: coletas especiais e coletas de rotina.

Chamamos coletas especiais aquelas com o objetivo de obter amostras especiais tais como: amostras para determinações específicas de parâmetros não incluídos no plano geral da pesquisa, no intuito de comparar com outros parâmetros, verificar a precisão de dados, etc.; amostras esporádicas para avaliação de situações especiais detectadas, ou suspeitadas, visualmente; amostras a várias profundidades e em

pontos diferentes do reator, incluindo composição de amostras representativas de toda a massa líquida da lagoa, para analisar a uniformidade da mistura, o grau de representatividade das amostras de rotina, etc; amostras para levantamento de perfis e variações diárias; etc. Os resultados destas análises especiais, via de regra, facilitam a compreensão e discussão dos resultados apresentados.

A seguir descreveremos os procedimentos de rotina para coleta e distribuição de amostras.

Para determinações bacteriológicas foram coletadas amostras do esgoto bruto na caixa de nível constante, do efluente do decantador e do efluente da lagoa, duas vezes por semana, em vidros especiais esterilizados e com o devido registro das temperaturas no momento da coleta.

Na coleta e distribuição de amostras para análises físicoquímicas adotou-se o procedimento exposto a seguir.

Diariamente, às 8 (oito) horas, coletar, em baldes plásticos, aproximadamente 3 litros de amostras: do esgoto bruto na caixa de nível constante, do efluente do decantador e do efluente da lagoa de alta taxa de degradação. Imediatamente após a coleta verificar a temperatura das amostras com termômetros de mercúrio devidamente calibrados. Levar ao laboratório os baldes com as amostras coletadas e destes retirar, por sifonamento e sob leve agitação, capaz de manter a uniformidade da amostra sem alterá-la, volume suficiente para

a determinação do pH e 300 ml para compor a "amostra semanal" a ser analisada após composição de 7 partes iguais representativas, respectivamente, de 7 dias consecutivos.

Duas vezes por semana (2^a e 6^a feira), além das amostras para compor a "amostra semanal" e para medição do pH, retirar, também por sifonamento e sob agitação, volumes suficientes para as análises e determinações de DBO, DQO, nitrogênio amoniacal e todas as determinações de sólidos.

Uma vez por semana (4^a feira), retirar a amostra composta semanal do refrigerador, onde estará condicionada a menos de 4°C, e, retirar, sempre por sifonamento e sob agitação, amostras para as determinações de pH, DBO, nitrogênio amoniacal, sólidos não filtráveis, ou sólidos suspensos, e sólidos sedimentáveis.

As amostras para determinação de sólidos sedimentáveis devem ser agitadas e entornadas diretamente no cone de Imhoff, portanto, sem sifonamento.

Nas amostras para determinação da DBO, quando necessário, corrigir o pH e medir a concentração de oxigênio dissolvido.

4.3 DETERMINAÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS

4.3.1 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

Os testes de DBO foram realizados de acordo com

o "Standard Methods for the Examination of Water and Waste water" (14), 14^a edição (1975), página 543. Água de diluição sem "seeding".

As medições da concentração de oxigênio dissolvido foram executadas com um medidor de oxigênio com sensor de membrana "clark-type", marca "Yellow Springs Instrument Co". (USA), modelo 54 A BP. (Figura 4.5).

Para incubação usou-se frascos próprios, transparentes, de 300 ml. (Figura 4.13).

Foram realizados testes em amostras diárias e compostas semanais, de acordo com o item 4.2 deste capítulo, para: esgoto bruto, efluente do decantador e efluente da lagoa. Verificou-se para o efluente da lagoa uma alta parcela da DBO ser devida a algas mortas, por este motivo, efetuou-se a filtração deste efluente em papel de filtro tipo GF/C, marca "Whatman Ltd" e foram feitas determinações da DBO_5^{20} em amostras de efluente filtrado, seguindo o mesmo procedimento.

Para a determinação da variação diária da DBO_5^{20} , foram coletadas amostras a cada hora, durante 24 horas consecutivas. Estas amostras acondicionadas em refrigerador a menos de 4°C foram, posteriormente, analisadas como amostras compostas de duas ou quatro horas consecutivas a serem indicadas na apresentação dos resultados experimentais.

4.3.2 NITROGÊNIO AMONIACAL

As concentrações de nitrogênio amoniacal em

amostra de acordo com o item 4.2, foram determinadas em mg de nitrogênio por litro, mediante medições por difusão de gás em medidor de íons específicos marca "Orion Research" modelo "Ionalyser 407 A" (Figura 4.6).

4.3.3 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

Os valores da DQO foram determinados por refluxação com dicromato de potássio de acordo com o "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 14^a edição (1975) pag. 550.

As colunas de condensação e balões de vidro que constituem o refluxador podem ser vistos na figura 4.9.

4.3.4 RESÍDUOS

Nas determinações das concentrações de sólidos, seguiu-se basicamente o "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 14^a edição (1975), pag. 89.

Para retenção de sólidos não filtráveis usou-se papel de filtro de fibra de vidro marca "Whatman Ltd." (Inglaterra) tipo GF/C, de 9,0 cm de diâmetro.

As pesagens foram efetuadas em uma balança marca "Sartorius", alemã, modelo 2474, capacidade de 160 g, precisão de 0,01 mg (figura 4.10).

Como recipientes para amostras na determinação de sólidos totais, totais fixos e sólidos filtráveis usou-se caçarolas de porcelana próprias as quais podem ser vistas nas figuras 4.11 e 4.12, respectivamente, na mufla para ignição a 550°C e no banho-maria.

A figura 4.8 mostra os cones de Imhoff usados nas determinações de sólidos sedimentáveis.

4.3.5 pH

Todas as determinações de pH foram efetuadas por medição direta, na amostra, com um medidor de pH marca "Radiometer Copenhagen", modelo "pH meter 29" (figura 4.14).

Nos levantamentos de perfis do pH da lagoa, foram coletadas amostras da superfície e as profundidades de 10 cm e 20 cm, a cada hora, durante 24 horas consecutivas, nas datas indicadas na apresentação dos resultados experimentais. A medição do pH destas amostras foi sempre efetuada imediatamente após a coleta.

4.3.6 PENETRAÇÃO DE LUZ SOLAR

Para determinar a penetração da luz solar na massa líquida da lagoa em termos percentuais, usou-se um comparador de luminosidade ("environmental comparator" usando "probes" para luz externas) marca "Griffin" (figura 4.7).

Registrando-se a leitura no aparelho para o sensor emerso na superfície da lagoa e de imediato imergindo-o a várias profundidades, pode-se ter por diferenças de leituras a variação na penetração de luz em termos percentuais. Por exemplo: se com o sensor emerso na superfície da lagoa lê-se 80 e incontinentemente, com o sensor a 10 cm de profundidade lê-se 48, temos que 60% da luz incidente na superfície da lagoa alcança 10 cm de profundidade.

Foram determinadas porcentagens da luz incidente a várias profundidades da lagoa a cada hora a partir das 6 horas até as 18 horas inclusive, em datas indicadas no capítulo V.

4.3.7 RADIAÇÃO SOLAR

Para medição da radiação solar, foi instalado junto a lagoa de alta taxa de degradação um instrumento "Gunn - Bellani Radiation Integrator", capaz de medir radiação solar total diária entre 150 cal/cm^2 e 1.800 cal/cm^2 (figura 4.15). Este instrumento é fabricado pela "Baird & Tatlock" (Inglaterra). Seu princípio de funcionamento consta em absorver radiação em um corpo negro contendo um líquido que sendo destilado por radiação passa para uma coluna graduada que permite a leitura. As leituras diárias, em volume, do líquido destilado são transformadas por equações em cal/cm^2 .

4.3.8 TEMPERATURAS

Para medição das temperaturas das amostras utilizou-se termômetros de mercúrio devidamente calibrados.

Para determinação das temperaturas máximas e mínimas diárias da massa líquida da lagoa, utilizou-se um termômetro de máxima e mínima, marca "ARBA", submerso a meia profundidade no centro da lagoa. As leituras neste termômetro foram efetuadas regularmente a cada 24 horas.

Nos levantamentos de perfis de temperatura da lagoa utilizou-se um termômetro automático ("Scanning Telethermometer") marca "Yellow Springs Instruments Co". (U.S.A.), modelo 47, (figura 4.17), com seis sensores fixados a uma haste de alumínio que introduzida na lagoa posicionava os sensores de forma a se ter: um imerso registrando a temperatura do ar e 5 imersos a profundidades de 1 cm, 8 cm, 15 cm, 22 cm e 29 cm. Para levantamento dos perfis foram efetuadas leituras no tele-termômetro a cada meia hora, durante 24 horas consecutivas, nas datas indicadas na apresentação dos resultados experimentais.

4.3.9 OXIGÊNIO DISSOLVIDO

Para o levantamento dos perfis de oxigênio dissolvido (OD) na lagoa, usou-se medidor de oxigênio idêntico

ao utilizado nas determinações de DBO, porém munido de suporte para trabalhos de campo e com extensão que possibilita a imersão, do sensor, acoplado a um agitador por membrana vibratória, a várias profundidades

As datas e profundidades em que se realizaram as medições estão indicadas nos gráficos de perfis de oxigênio no capítulo V.

As leituras foram efetuadas a cada hora durante 24 horas consecutivas.

4.3.10 DADOS METEOROLÓGICOS

Devido a falta de uma estação meteorológica, em funcionamento, no local da pesquisa, trabalhamos com dados da estação meteorológica mais próxima: Estação do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão - EMBRAPA - Campina Grande, Paraíba.

4.4 DETERMINAÇÕES ALGOLÓGICAS

4.4.1 TIPOS DE ALGAS

A identificação dos tipos de algas encontradas na lagoa foi efetuada com o auxílio de um microscópio marca "Olympus", modelo "FHT", com capacidade de aumento de 100, 400 e 1.000 vezes, sendo esta última por imersão em óleo.

4.4.2 CONCENTRAÇÃO DE ALGAS

As concentrações de algas na lagoa foram avaliadas pela determinação da concentração de clorofila "a" em amostras.

As amostras foram filtradas a vácuo em membranas de filtração com carbonato de magnésio (figura 4.18) e o material filtrado imerso em 5 ml de acetona 90% para "lavagem" da clorofila. Os extratos de acetona foram levados a centrifugação durante 2 minutos a 2.500 rpm, em centrifugadora marca "Damon" modelo "IECHN-S" (figura 4.16).

As concentrações de clorofila "a" foram determinadas por espectrofotometria utilizando-se espectrofotômetro marca "Pye Unicam", modelo SP6-500 UV (figura 4.19).

4.4.3 OXIGÊNIO FOTOSSINTÉTICO

Para se calcular a quantidade de oxigênio produzido por fotossíntese de algas obedecemos a "técnica dos vidros claro e escuro" da maneira exposta a seguir.

Toma-se dois frascos transparentes com tampas herméticas, vidros de DBO por exemplo; envolve-se totalmente um destes frascos em papel de alumínio, ou adota-se artifício semelhante, para impedir a penetração de luz no interior do frasco (frasco escuro); coleta-se amostra, a profundidade que se queira determinar a produção de oxigênio fotossintético e

imediatamente, mede-se a concentração de oxigênio dissolvido da mesma (oxigênio inicial) e introduz-se os frascos (claro e escuro), na lagoa, no mesmo local de onde se retirou a amostra; após um intervalo de tempo, pré-determinado, retira-se o par de frascos e lê-se a concentração de oxigênio dissolvido de ambos. No frasco "escuro", haverá apenas demanda do oxigênio dissolvido pois a ausência de luz não permite a fotossíntese. No frasco "claro", além da demanda natural, haverá produção de oxigênio pela fotossíntese de algas. Por diferenças de leituras, podemos então, determinar o oxigênio produzido por fotossíntese, a demanda de oxigênio dissolvido e a produção líquida de oxigênio em um determinado intervalo de tempo.

Na nossa pesquisa, as determinações de oxigênio fossintético foram sempre efetuadas com provas múltiplas, ou seja, usou-se sempre dois ou mais pares de frascos, com o intuito de minimizar os erros.

4.4.4 ATIVIDADE FOTOSSINTÉTICA

Em lagoas de estabilização, a determinação da produção de oxigênio, por fotossíntese, pela "técnica dos vidros claro e escuro", torna-se impraticável em certas horas do dia, sob certas condições. Por vezes há super saturação devido a alta atividade fotossintética. Em certas horas a concentração de oxigênio inicial é relativamente baixa (5 p.p.m.)

por exemplo) e a demanda bioquímica é tão alta, que em pouco tempo é consumido todo o oxigênio dissolvido do frasco escuro. Nestas situações é impossível se determinar as diferenças de leituras necessárias aos cálculos.

Deste modo, não é possível se avaliar a variação diária da atividade fotossintética com o auxílio da "técnica dos vidros claro e escuro". Por este motivo avaliamos, em termos relativos, a variação diária na atividade fotossintética da lagoa de alta taxa de degradação, por introdução de carbono radioativo em amostras, com posterior análise da quantidade fixada por algas.

Em linhas gerais o método utilizado seguiu a técnica exposta a seguir.

Como na "Técnica dos vidros claro e escuro" tomam-se dois frascos de vidro, sendo um transparente e outro opaco, e procede-se de modo idêntico, sendo diferente apenas, que introduz-se nas amostras (vidro claro e escuro) um volume pré-determinado de uma solução de $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$, em partes iguais. Decorrido um determinado período de imersão (30 min., 1 hora,..) retira-se os frascos e filtra-se o material. As membranas de filtração com o material algológico são envolvidas em papel de alumínio e etiquetadas.

Determinando-se a quantidade de ^{14}C no material algológico proveniente dos vidros claro e escuro, se tem, por diferença, a quantidade de ^{14}C fixado por algas pela fotossíntese.

Para a realização destes testes contamos com a especial orientação do Professor Howard W. Pearson.

A quantidade de ^{14}C fixada foi medida em contagem por minuto (cpm) em um contador de gás flúido sistema "Geiger", mistura gasosa de argônio e propano. Amostras para contagem aderidas a membranas com solução de sacarose 4M, em plaquetas de alumínio.

Para o levantamento da variação diária da atividade fotossintética, foram realizados testes a cada duas horas, das 6 às 18 horas, inclusive, e, conjuntamente, foram determinados, temperatura, pH, O.D. e intensidade luminosa, com o intuito de correlacionar estes parâmetros.

4.5 DETERMINAÇÕES BACTERIOLÓGICAS

Para as determinações bacteriológicas seguiu-se a técnica de "membranas de filtração" de acordo com o "Biological Analysis of Water and Wastewater Application Manual AM 302 - Millipore Corporation 1973" (16) obedecendo o "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater-14 th Edition 1975" (14) com reativos preparados segundo "The bacteriological Examination of Water Supplies - Reports on Public Health and Medical Subjects nº 71 - 1969" (17).

As amostras foram diluídas em solução "Buffer Fosfato", pH.7.2, a fim de obter um número de colônias apto para a contagem. Nas filtrações usou-se equipe "Millipore

Sterifil" (figura 4.20) com capacidade de filtração de 250 ml; membranas de filtração de celulose "HAWG 047", diâmetro de 47 mm e diâmetro dos poros de 0,45 mm. Os meios de cultura usados foram: m-FC, "membrana-Faecal Coliform Broth - Difco", para Coliformes Fecais e "m - Enterococcus Agar", para Streptococcus Fecais.

Para incubação das "placas de Petri" utilizou-se estufa "Millipore" com placa térmica de alumínio e banho de água para incubação de coliforme com temperatura controlada, por recirculação da água, em $44,5 \pm 0,2$ graus centígrados.

As amostras foram coletadas em vidros esterilizados de 125 ml, boca larga, e analisadas depois de duas horas de coleta. Desde o momento da coleta até seu processamento, as amostras foram conservadas em geladeira entre 6° e 8°C.

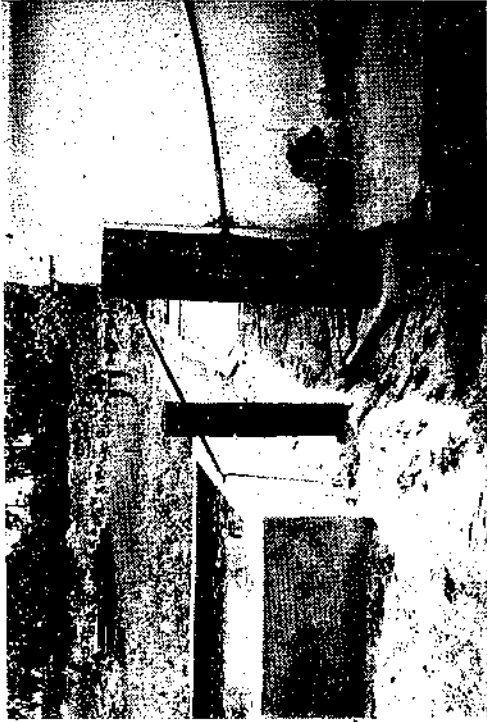


FIG. 4.2 - DECANTADOR

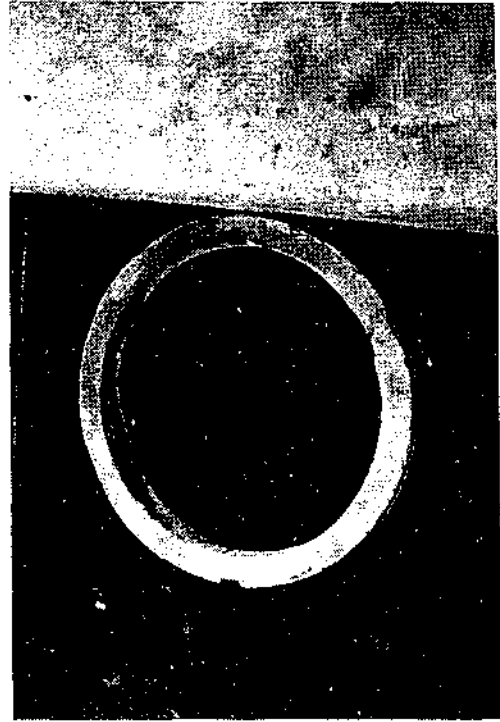


FIG. 4.4 - DISPOSITIVO DE SAÍDA



FIG. 4.1 - LAGOA

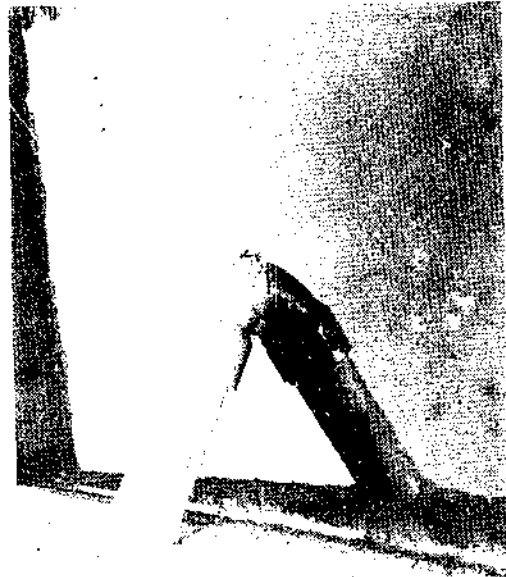


FIG. 4.3 - DISPOSITIVO DE ENTRADA

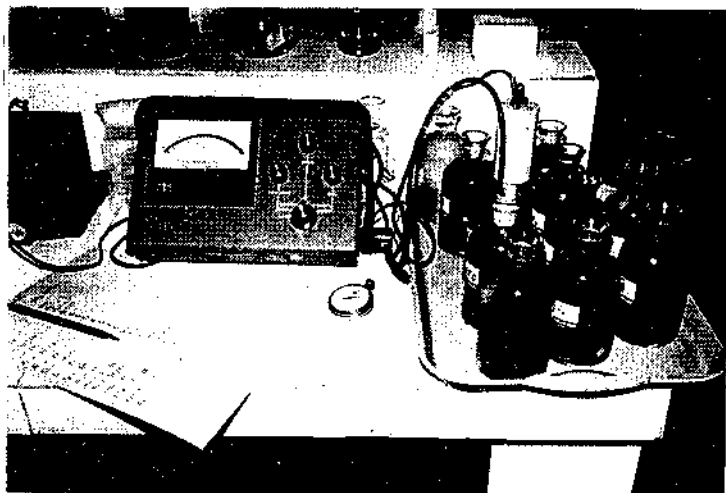


FIG. 4.5 - MEDIDOR DE OXIGÊNIO

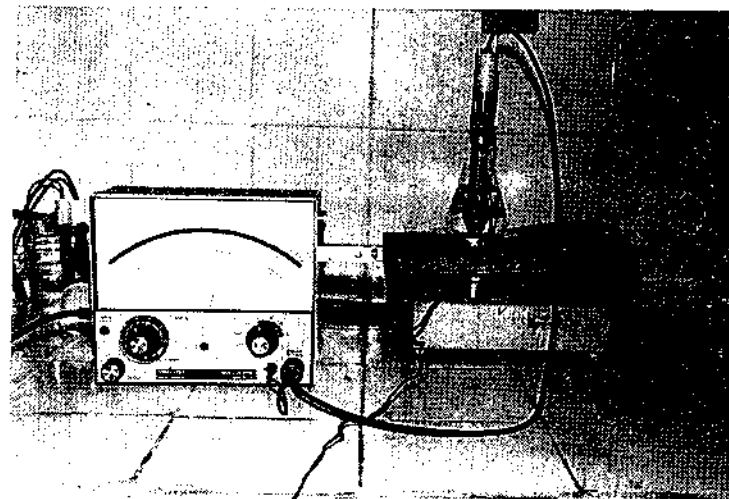


FIG. 4.6 - MEDIDOR DE ÍONS

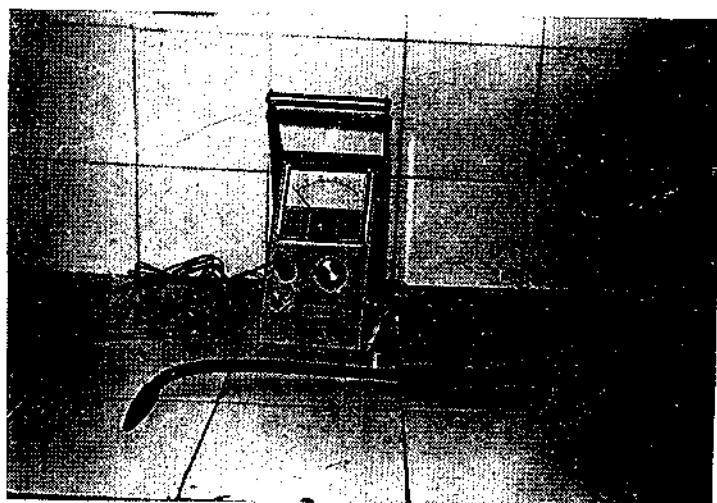


FIG. 4.7 - COMPARADOR DE LUMINOSIDADE

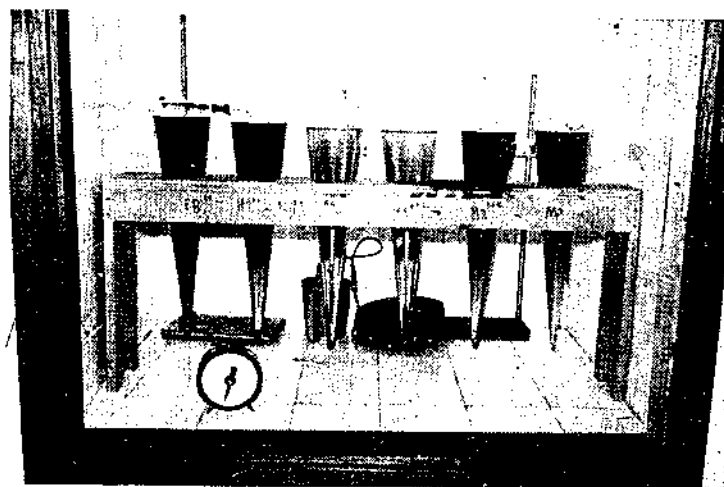


FIG. 4.8 - CONES DE IMHOFF

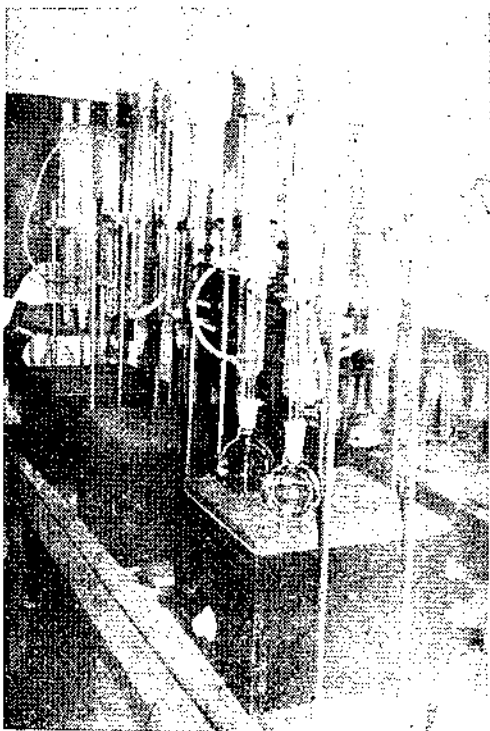


FIG. 4.9 - DQO, COLUNAS
DE REFLUXAÇÃO

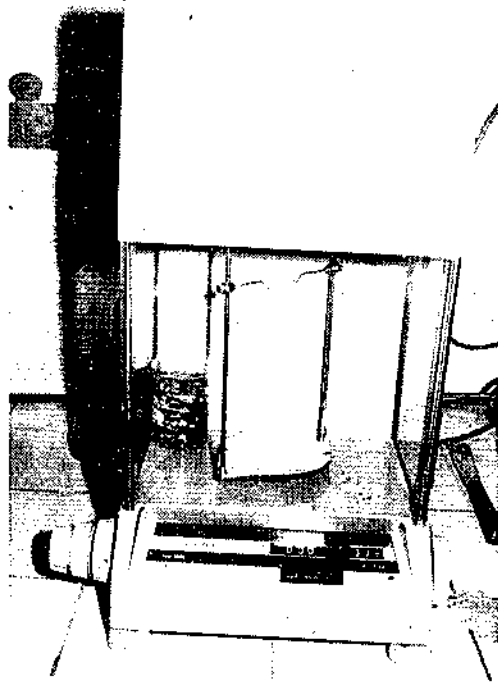


FIG. 4.10 - BALANÇA

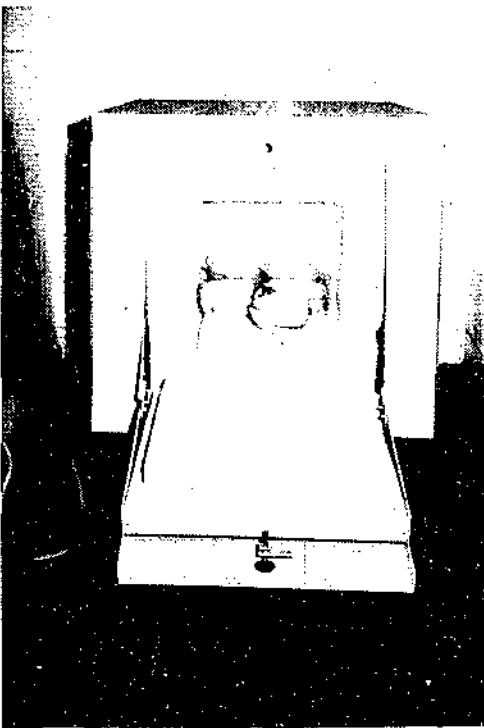


FIG. 4.11- MUFLA



FIG. 4.12 - BANHO MARIA



FIG. 4.13 - VIDROS DE DBO
INCUBADOS

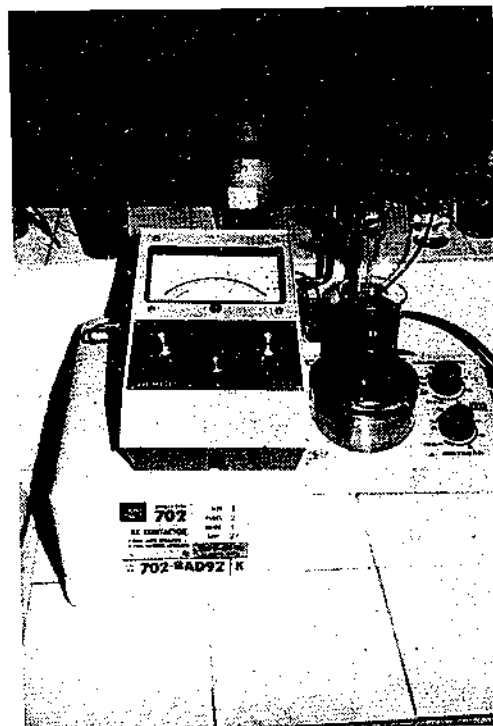


FIG. 4.14 - MEDIDOR DE pH

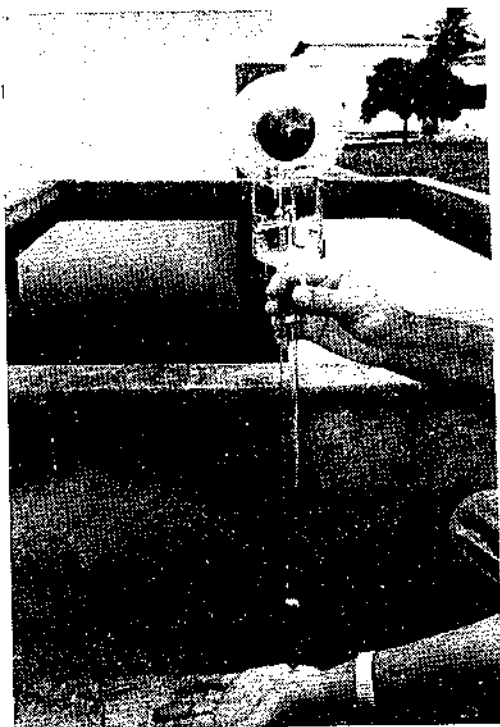


FIG. 4.15 - GUNN-BELLANI



FIG. 4.16 - CENTRIFUGADORA

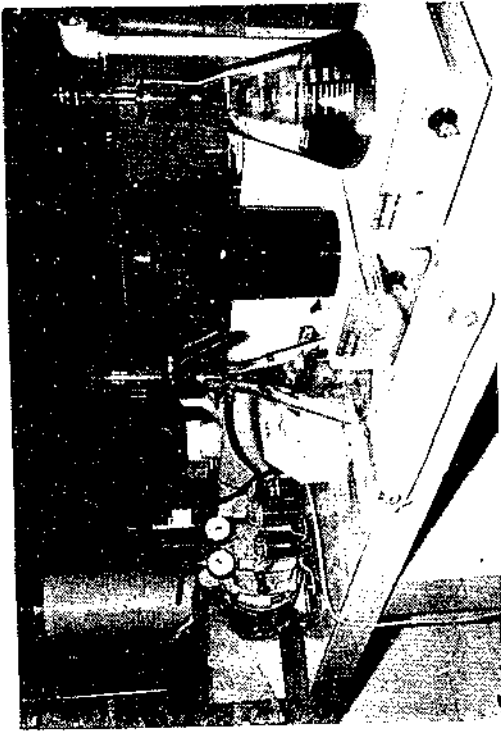


FIG. 4.18 - FILTRAÇÃO DE ALGAS

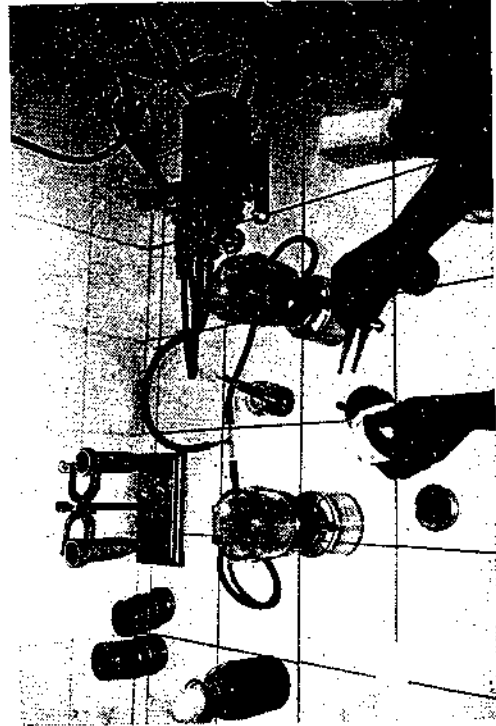


FIG. 4.20 - BACTERIOLOGIA.- FILTRAÇÃO

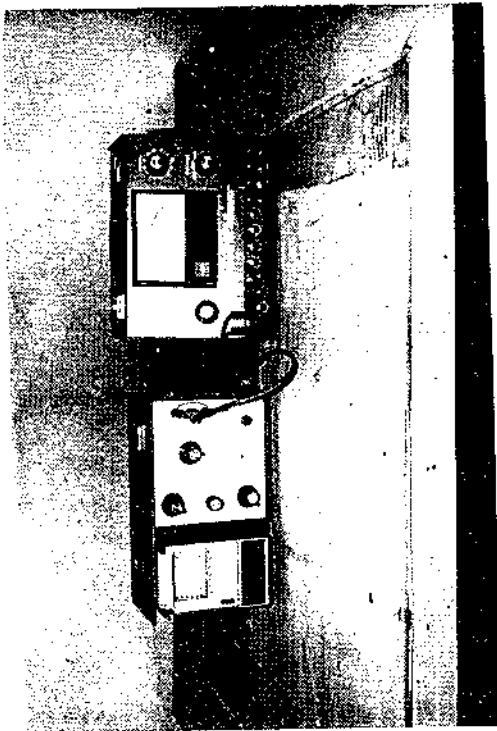


FIG. 4.17 - "TELE-THERMOMETER"

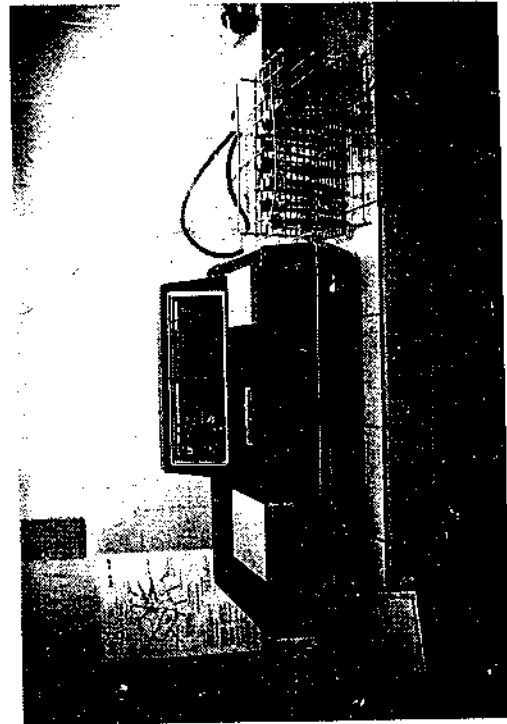


FIG. 4.19 - ESPECTROFOTÔMETRO

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

CAPÍTULO V

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

A parte experimental da pesquisa pode ser dividida em duas fases. Na primeira a lagoa recebeu carga orgânica superficial média de 558 kg. DBO/ha dia, determinada pela utilização do decantador 1. Esta fase abrangeu o período de 01/06/77 a 26/08/77. Na segunda fase, iniciada em 02/09/77, seis dias após a substituição do decantador 1 pelo decantador 2, a lagoa passou a receber carga orgânica superficial média de 405 kg DBO/ha dia.

Medições da variação na concentração de oxigênio dissolvido executadas, na lagoa, a cada hora do dia 28/07/77 demonstraram predominar, na mesma, condições anaeróbias já suspeitadas, naquela data, pelo próprio aspecto estético

tico que não se apresentava bom. Estes resultados foram confirmados por nova medição da variação diária na concentração de oxigênio dissolvido em 25/08/77. Por estes motivos foram tomadas as providências das quais resultou uma segunda fase nas experiências.

Da primeira fase apresentaremos médias mensais apenas com o intuito de caracterizá-la. Contudo, algumas observações podem ser feitas, por exemplo, a redução percentual média da DBO_5^{20} , na lagoa, foi de 70%, nesta primeira fase, a pesar das más condições, inclusive climatológicas, o que pode ser observado nos boletins da EMBRAPA reproduzidos no anexo 2.

Deste modo, é válido o registro dos dados da primeira fase porém não consideramos necessária a dissecação de maiores detalhes expositivos pois as observações e considerações sobre o funcionamento da lagoa e/ou sistemas, a serem expostas no capítulo VI, serão baseadas nos dados da segunda fase.

Na tabela 5.1 estão registrados valores médios mensais para esgoto bruto "EB" decantador 1 "DEC1" e lagoa de alta taxa de degradação, "ATD", na primeira fase das experiências. (01/06/77 a 26/08/77).

TABELA 5.1 - DADOS MÉDIOS MENSAIS DA 1a. FASE

AMOSTRA	MESES	TEMPERATURA* (°C)	pH *	DBO ₅ ²⁰ ** (mg/l)	DQO*** (mg/l(O ₂))	SÓLIDOS** N FILT. (mg/l)	SÓLIDOS** SEDIMENT. (ml/l)	N-AMÔNIA** (mg/l (N))	CF/100ml
EB	JUNHO	26,5	7,5	179	564	240	5,7	31	6,00x10 ⁷
	JULHO	24,9	7,6	105	352	160	4,4	29	2,89x10 ⁷
	AGOSTO	25,3	7,7	193	509	268	6,4	37	2,47x10 ⁷
	MÉDIA	25,5	7,6	159	475	223	5,5	32	3,79x10 ⁷
DEC-1	JUNHO	26,4	7,4	212	498	213	3,6	30	3,10x10 ⁷
	JULHO	24,7	7,6	129	330	167	3,4	33	2,15x10 ⁷
	AGOSTO	25,1	7,5	217	470	172	3,4	39	2,69x10 ⁷
	MÉDIA	25,4	7,5	186	433	184	3,5	34	2,65x10 ⁷
ATD	JUNHO	24,9	7,4	69	188	60	0,2	17	5,58x10 ⁶
	JULHO	22,9	7,4	47	158	65	0,5	17	3,45x10 ⁶
	AGOSTO	23,8	7,5	54	163	60	0,2	18	4,26x10 ⁶
	MÉDIA	23,9	7,4	57	170	62	0,3	17	4,43x10 ⁶

	JUNHO	JULHO	AGOSTO	MÉDIA
RADIAÇÃO SOLAR TOTAL (cal/cm ² x dia ⁻¹)	412	412	572	465
TEMPERATURA AMBIENTE - (°C)		20,9	22,0	
TEMPERATURA MÉDIA DE LAGOA EM 24h (°C)	-	22,9	24,0	23,4

OBS: * - Temperatura e pH das amostras na hora da coleta.

** - Amostras semanais compostas diariamente.

*** - Amostras diárias, duas vezes na semana.

A seguir apresentaremos resultados experimentais relativos a segunda fase das experiências e, salvo observação em contrário, aquela primeira fase não será mencionada, ficando desde já claro que, os dados apresentados a partir deste ponto são os de real valor para este trabalho.

5.1 DADOS METEOROLÓGICOS E SOLARIMÉTRICOS

- No anexo 2 são reproduzidos boletins da estação meteorológica mais próxima do local da pesquisa.

- RADIAÇÃO SOLAR TOTAL

Médias mensais

MESES	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV
MÉDIAS	613	666	691	619	696	563

Valores em: cal. cm⁻². dia⁻¹

Instrumento de medição: GUNN BELLANI

Local de instalação do instrumento: junto a lagoa

5.2 RESULTADOS DE DETERMINAÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS

5.2.1 TEMPERATURA

A tabela 5.2 mostra dados de temperatura da lagoa e das amostras na hora da coleta, em valores médios mensais.

Em relação a todo o período analisado, o esgoto bruto "EB", o do decantador "DEC" e o efluente da lagoa "ATD", tiveram respectivamente temperaturas médias de 27,2°C, 26,5°C e 24,9°C, na hora da coleta. A lagoa apresentou temperatura média, a meia profundidade, de 25,7°C.

5.2.2 pH

A tabela 5.3 mostra os valores médios mensais de pH. Estes valores são as médias aritméticas dos dados diários do pH das amostras na hora da coleta.

Durante o período pesquisado, o esgoto bruto "EB", o do decantador "DEC" e o efluente da lagoa "ATD" tiveram um pH médio de 7,4; 7,3 e 7,3, respectivamente.

5.2.3 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)

Na tabela 5.4 temos as médias mensais da DQO, em mg de oxigênio por litro, obtidas de determinações em amostras na hora da coleta.

5.2.4 NITROGÊNIO AMONÍACAL (N-AMÔNIA)

A tabela 5.4 dá as médias mensais de nitrogênio

nio amoniacal, em mg de nitrogênio por litro, em amostras compostas semanais, do esgoto bruto "EB", do decantador "DEC" e do efluente da lagoa de alta taxa "ATD".

De setembro de 77 a fevereiro de 78 temos valores médios de 48, 36 e 21 mg (N)/l, para respectivamente EB, DEC e ATD.

5.2.5 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (D.B.O.)

Na tabela 5.5 temos as médias mensais da DBO_5^{20} em amostras compostas semanais do esgoto bruto "EB", do decantador "DEC", do efluente da lagoa sem remoção de algas "ATD-NORMAL" e do efluente da lagoa filtrado "ATD-FILTRADO".

As percentagens de remoção "%Red" na DBO, apresentadas na tabela 5.5, foram calculadas com base no efluente filtrado da lagoa.

A DBO_5^{20} do efluente filtrado alcançou valores tão baixos como 14 mg/l na 1ª semana de novembro/77 ou 17mg/l na 2ª semana de janeiro de 78.

5.2.6 SÓLIDOS

A tabela 5.6 apresenta valores médios mensais, da concentração de sólidos totais, fixos e voláteis, filtráveis e não filtráveis, em mg/l, e, sólidos sedimentáveis em ml/l, logo após a coleta, para: esgoto bruto "EB", decantador

"DEC" e efluente da lagoa "ATD".

Na tabela 5.7 temos as porcentagens de remoção, calculadas a partir da tabela 5.6. Entenda-se por "DEC" a remoção de sólidos, no decantador, sobre o esgoto bruto. "ATD" indica a remoção na lagoa, calculada com base em seu efluente, em relação ao seu afluente que é efluente do decantador. A remoção no sistema é calculada pela diferença na concentração de sólidos do esgoto bruto e do efluente da lagoa.

5.2.7 QUADRO RESUMO

Na tabela 5.8 temos um quadro resumo dos valores médios mensais dos principais parâmetros físicos e químicos e respectivas eficiências na remoção (%Red.) na lagoa e no sistema decantador-lagoa.

"EB", "DEC" e "ATD" significam respectivamente, amostras do esgoto bruto do decantador e do efluente da lagoa de alta taxa de degradação.

Os dados de temperatura e pH são médias das medições diárias nas respectivas amostras na hora da coleta. As médias da "DQO" foram calculadas a partir de dados diários obtidos duas vezes cada semana. Os valores médios mensais dos demais parâmetros foram determinados em amostras semanais com postas diariamente.

As porcentagens de redução na DBO_5^{20} foram calculadas com base no efluente da lagoa sem remoção de algas e

podem ser comparadas com os valores apresentados na tabela 5.5, calculados com base no efluente filtrado, para avaliação da influência de algas na DBO efluente.

TABELA 5.2: TEMPERATURAS MÉDIAS MENS AIS - (°C)

AMOSTRAS MESES	EB	DEC	A T D			
			EFLUENTE	R E A T O R		
				MÁXIMA	MÍNIMA	MÉDIA
SETEMBRO	25,8	25,3	24,0	26,2	22,4	24,3
OUTUBRO	26,5	26,2	24,8	27,4	23,3	25,4
NOVEMBRO	27,1	26,4	25,1	28,0	23,8	25,9
DEZEMBRO	27,7	26,9	25,2	27,8	24,0	25,9
JANEIRO	28,1	27,0	25,0	28,6	24,0	26,3
FEVEREIRO	28,1	27,3	25,2	28,8	24,2	26,5
MÉDIAS	27,2	26,5	24,9	27,8	23,6	25,7

TABELA 5.3: VALORES MÉDIOS MENS AIS DE pH

MESES AMOSTRAS	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	JANEIRO	FEVEREIRO
EB	7,55	7,46	7,44	7,40	7,24	7,32
DEC	7,37	7,37	7,38	7,25	7,10	7,20
ATD	7,57	7,42	7,35	7,20	7,10	7,21

TABELA 5.4 - RESULTADOS MÉDIOS MENSAIS DE D.Q.O (mg/l) E N-AMÔNIA (mg/l)

PARÂMETRO AMOSTRAS MESES	D. Q. O *			N-AMÔNIA **		
	EB	DEC	ATD	EB	DEC	ATD
SETEMBRO	505	343	181	46	35	17
OUTUBRO	679	394	246	47	40	19
NOVEMBRO	904	396	300	50	38	20
DEZEMBRO	779	345	327	50	36	25
JANEIRO	784	373	260	49	35	22
FEVEREIRO	-	-	-	45	30	22

* MÉDIAS SOBRE MEDIÇÕES DIÁRIAS

** MÉDIAS SOBRE AMOSTRAS COMPOSTAS SEMANAIS

TABELA 5.5 - DBO_5^{20} MÉDIAS MENSAIS - (mg/l)

AMOSTRAS MESES	EB	DEC	A T D		% REMOÇÃO *	
			NORMAL	FILTRADO	LAGOA	SISTEMA
SETEMBRO	209	128	52	-		
OUTUBRO	237	154	61	-		
NOVEMBRO	305	149	66	23	84,6	92,5
DEZEMBRO	304	138	90	33	76,1	89,1
JANEIRO	308	130	67	25	80,8	91,9
FEVEREIRO	228	113	80	37	67,3	83,8

OBS: - Valores médios sobre amostras compostas semanais

- * sobre efluente filtrado

TABELA 5.6 - SÓLIDOS, MÉDIAS MENSAIS (*)

MESES	AMOSTRA	SÓLIDOS TOTAIS	SÓLIDOS TOTAIS		SÓLIDOS FILTRÁ- VEIS	SÓLIDOS NÃO FIL- TRÁVEIS	SÓLIDOS SEDIMEN- TÁVEIS
			VOLÁTEIS	FLXOS			
SETEMBRO	EB	1.112,9	695,7	417,2	877,4	235,5	6,35
	DEC	983,3	656,7	326,6	852,7	130,6	1,37
	ATD	864,4	666,6	197,8	812,4	52,0	0,38
OUTUBRO	EB	1.221,4	714,3	507,1	893,7	327,7	7,78
	DEC	975,7	665,7	310,0	834,0	141,7	0,99
	ATD	917,1	645,7	271,4	832,5	84,6	0,50
NOVEMBRO	EB	1.287,5	691,3	596,2	945,3	342,2	10,25
	DEC	972,5	630,0	342,5	813,5	159,0	1,14
	ATD	923,7	625,0	298,7	821,7	102,0	0,41
DEZEMBRO	EB	1.225,7	714,3	511,4	822,9	402,8	8,87
	DEC	918,6	654,3	264,3	796,3	122,3	0,74
	ATD	912,8	657,1	255,7	795,7	117,1	0,32
JANEIRO	EB	1.343,7	781,2	562,5	923,7	420,0	10,13
	DEC	930,0	622,5	307,5	762,0	168,0	1,58
	ATD	862,5	618,7	243,8	777,0	85,5	0,25

OBS: MÉDIAS SOBRE AMOSTRAS DIÁRIAS

(*) DADOS EM mg/l EXCETO SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS EM ml/l

TABELA - 5.7 - PORCENTAGEM DE REDUÇÃO NOS SÓLIDOS DE ACOR
DO COM A TABELA - 5.6 - (%).

MESES	REATOR	SÓLIDOS TOTALS	SÓLIDOS TOTAIS		SÓLIDOS FILTRÁ- VEIS	SÓLIDOS NÃO FIL- TRÁVEIS	SÓLIDOS SEDIMEN- TÁVEIS
			VOLÁVEIS	FIXOS			
SETEMBRO	DEC	11,6	5,6	21,7	2,8	44,5	78,4
	ATD	12,1	-1,5	39,4	4,7	60,2	72,3
	SISTEMA	22,3	4,2	52,6	7,4	77,9	94,0
OUTUBRO	DEC	20,1	6,8	38,9	6,7	56,8	87,3
	ATD	6,0	3,0	12,4	0,2	40,3	49,5
	SISTEMA	24,9	9,6	46,5	6,8	74,2	93,6
NOVEMBRO	DEC	24,5	8,9	42,6	13,9	53,5	88,9
	ATD	5,0	0,8	12,8	-1,0	35,8	64,0
	SISTEMA	28,3	9,6	49,9	13,1	70,2	96,0
DEZEMBRO	DEC	25,0	8,4	48,3	3,2	69,6	91,7
	ATD	0,6	-0,4	3,2	0,1	4,2	56,8
	SISTEMA	25,5	8,0	50,0	3,3	70,9	96,4
JANEIRO	DEC	30,8	20,3	45,3	17,5	60,0	84,4
	ATD	7,3	0,6	20,7	-2,0	49,1	84,2
	SISTEMA	35,8	20,8	56,7	15,9	79,6	97,5
MÉDIAS	DEC	22,4	10,0	39,4	8,8	56,9	86,1
	ATD	6,2	0,5	17,7	0,4	37,9	65,4
	SISTEMA	27,4	10,4	51,1	9,3	74,6	95,5

O SINAL "-", PRECEDENDO ALGUNS VALORES, SIGNIFICA AUMENTO NA CONCENTRAÇÃO, OU SEJA, REDUÇÃO NEGATIVA.

TABELA 5.8 - QUADRO RESUMO DOS VALORES MÉDIOS MENSIS E PORCENTAGEM DE REDUÇÃO (% RED.) DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS.

		SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	JANEIRO	FEVEREIRO	MÉDIA
TEMPERATURA (°C)	EB	25,8	26,5	27,1	27,7	28,1	28,1	27,2
	DEC	25,3	26,2	26,4	26,9	27,0	27,3	26,5
	ATD	24,0	24,8	25,1	25,2	25,0	25,2	24,9
pH	EB	7,55	7,46	7,44	7,40	7,24	7,32	7,4
	DEC	7,37	7,37	7,38	7,25	7,10	7,20	7,3
	ATD	7,57	7,42	7,35	7,20	7,10	7,21	7,3
20 DBOS (mg/l)	EB	209	237	305	304	308	228	265
	DEC	128	154	149	138	130	113	135
	ATD	52	61	66	90	67	80	69
DQO (mg/l)	EB	505	679	904	779	784	-	730
	DEC	343	394	396	357	373	-	373
	ATD	181	246	300	309	260	-	259
N-AMÔNIA (mg/l)	EB	46	47	50	50	49	45	48
	DEC	35	40	38	36	35	30	36
	ATD	17	19	20	25	22	22	21
S.S. (mg/l)	EB	268,4	316,5	398,0	360,0	357,5	322,5	337
	DEC	118,3	150,0	164,1	157,0	162,0	136,0	148
	ATD	56,0	71,0	93,6	115,0	83,0	81,0	83
S.SED (ml/l)	EB	6,87	7,12	9,20	7,25	5,68	-	7,22
	DEC	1,08	0,93	1,04	0,80	1,13	-	1,00
	ATD	0,53	0,50	0,40	0,10	0,23	-	0,35
% RED. 20 DBOS	LACOA	59,4	60,4	55,7	34,8	48,5	29,2	48,9
	SISTEMA	75,1	74,3	78,4	70,4	78,2	64,9	74,0
% RED. DQO	LACOA	47,2	37,6	24,2	13,4	30,3	-	30,6
	SISTEMA	64,1	63,8	66,8	60,3	66,8	-	64,5
% RED. N-AMÔNIA	LACOA	51,4	52,5	47,4	30,5	37,1	26,7	41,7
	SISTEMA	63,0	59,6	60,0	50,0	55,1	51,1	56,5
% RED. S.S.	LACOA	52,7	52,7	42,9	26,8	48,8	40,4	44,0
	SISTEMA	79,2	77,6	76,5	68,0	76,8	74,9	75,5
% RED. S.SED	LACOA	50,9	46,2	61,5	87,5	79,6	-	65,0
	SISTEMA	92,3	93,0	95,6	98,6	95,9	-	95,1

- OBS - COMPOSTAS SIMILARES

EXCETO - D.Q.O., pH E TEMPERATURA

5.3 RESULTADO DE ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS

A tabela 5.9 mostra médias mensais do número de coliformes fecais (CF) e estreptococos fecais (EF) em 100 ml de amostras de esgoto bruto (EB), decantador (DEC) e efluente da lagoa (ATD). A eficiência na redução é mostrada em dados percentuais (% RED): para o decantador (DEC); para a lagoa (ATD), como que atuando isoladamente ou seja, em relação ao efluente do decantador, e, para o sistema, decantador - lagoa, (SISTEMA) em relação ao esgoto bruto.

Os valores médios para o período pesquisado também apresentam-se nesta tabela.

No mês de novembro de 77, o efluente da lagoa apresentou o valor médio de $3,36 \times 10^7$ CF/100 ml, notadamente incompatível com todos os outros resultados, razão pela qual foi excluído para não prejudicar as médias calculadas.

TABELA 5.9 - DADOS MÉDIOS MENSAIS DE C.F. E E.F. E PORCENTAGEM DE REDUÇÃO

(% RED)

		SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	JANEIRO	MÉDIA
CF/100ml	EB	$3,37 \times 10^7$	$5,23 \times 10^7$	$6,60 \times 10^7$	$8,40 \times 10^7$	$5,90 \times 10^7$	$5,90 \times 10^7$
	DEC	$2,46 \times 10^7$	$2,65 \times 10^7$	$4,70 \times 10^7$	$5,57 \times 10^7$	$4,20 \times 10^7$	$3,92 \times 10^7$
	ATD	$3,42 \times 10^6$	$5,87 \times 10^6$	-	$14,12 \times 10^6$	$11,30 \times 10^6$	$8,68 \times 10^6$
EF/100ml	EB	$4,30 \times 10^6$	$8,13 \times 10^6$	$9,08 \times 10^6$	$8,94 \times 10^6$	$9,30 \times 10^6$	$7,95 \times 10^6$
	DEC	$3,20 \times 10^6$	$4,32 \times 10^6$	$4,52 \times 10^6$	$3,67 \times 10^6$	$4,00 \times 10^6$	$3,94 \times 10^6$
	ATD	$1,84 \times 10^5$	$5,04 \times 10^5$	$3,64 \times 10^5$	$4,91 \times 10^5$	$4,60 \times 10^5$	$4,00 \times 10^5$
% RED CF	DEC	27,11	49,33	28,79	33,69	28,80	33,56
	ATD	87,10	77,85	-	74,65	73,09	77,86
	SISTEMA	89,85	88,78	-	83,20	92,37	85,29
% RED EF	DEC	25,58	46,86	50,22	58,95	56,99	50,44
	ATD	94,25	88,33	91,95	86,62	88,50	89,85
	SISTEMA	95,72	93,80	95,99	94,51	95,05	95,00

5.4 RESULTADOS DE DETERMINAÇÕES ALGOLÓGICAS

5.4.1 INVESTIGAÇÕES QUALITATIVAS

Foram identificados em amostras da lagoa de alta taxa de degradação os seguintes gêneros de algas: "Euglena", "Pyrobotrys", "Chlamydomonas", "Oscillatoria", "Pandorina", "Chlorella", "Eudorina" e "Phacus".

5.4.2 CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA

A tabela 5.10 mostra concentrações de clorofila "a" em amostras do efluente da lagoa e amostras compostas de volumes iguais (200 ml) da superfície e das profundidades: 4,25 cm; 8,5 cm; 12,75 cm e 17,0 cm. Amostras coletadas as 9 horas nos dias indicados.

5.4.3 OXIGÊNIO FOTOSSINTÉTICO

Na tabela 5.11 temos valores da produção fotossintética de oxigênio e do consumo de oxigênio, por hora, em mg/l, determinados pela "técnica dos vidros claro e escuro", sendo indicadas na tabela, as horas de início de cada teste.

TABELA 5.10 - CONCENTRAÇÃO DE CLOROFI
LA "a" ($\mu\text{g/l}$)

AMOSTRA DATA	EFLUENTE	COMPOSTA
01/02/78	438	731
08/02/78	646	823
15/02/78	1.194	492
22/02/78	854	444
01/03/78	3.361	517
09/03/78	478	534

TABELA 5.11 - OXIGÊNIO FOTOSSINTÉTICO (mg/l/hora)

DIA	HORA	TEMPERATURA	pH	OXIGÊNIO CONSUMIDO	OXIGÊNIO PRODUZIDO	PRODUÇÃO LÍQUIDA
20/01/78	8:45	26	7,2	1,15	4,35	3,2
	10:20	27	7,9	4,95	12,65	7,7
	11:35	30	8,0	8,00	11,00	3,0
	12:35	31,5	8,25	8,00	12,20	4,2
	14:15	32	8,2	>11,20	>11,20	?
	15:30	31,5	7,9	14,20	21,20	7,0
15/02/78	10:00	27,0	7,6	2,4	3,0	0,6
	12:00	30,0	7,9	5,0	7,4	2,4
	14:00	30	8,1	5,4	8,2	2,8
	16:00	30	8,1	5,9	6,8	0,9

5.5 PERFIS E VARIAÇÕES DIÁRIAS

Determinações de parâmetros durante 24 horas consecutivas, possibilitaram o traçado de gráficos caracterizando as variações diárias destes parâmetros na lagoa de alta taxa de degradação. Denominamos de perfis, os gráficos que mostram estas variações diárias em vários níveis de profundidade da lagoa.

A seguir, apresentamos os gráficos de perfis e variações diárias resultantes destes trabalhos:

GRÁFICOS 5.1 e 5.2

Perfis de temperatura. Medições a cada meia hora durante 24 horas consecutivas. Profundidades indicadas.

GRÁFICOS 5.3 e 5.4

Nos gráficos 5.1 e 5.2 estão sublinhadas as horas mais representativas (horas críticas) da variação de temperatura com a profundidade. Os gráficos 5.3 e 5.4 mostram, particularmente para aquelas horas, a variação de temperatura em função da profundidade da lagoa.

GRÁFICOS 5.5 e 5.6

UPPB / BIBLIOTECA / PRAI

Perfis de pH. Medições a cada hora durante 24 horas consecutivas. Profundidades indicadas.

GRÁFICOS 5.7 e 5.8

Perfis de oxigênio dissolvido. Medições a cada hora durante 24 horas consecutivas. Profundidades indicadas.

GRÁFICO 5.9

Perfil da penetração de luz solar em porcentagem da luz incidente. Medições a cada hora, consecutivamente das 6 às 17 horas, inclusive. Profundidades indicadas.

GRÁFICO 5.10

Perfil da penetração de luz solar em porcentagem médias calculadas com base nas medições do gráfico 5.9.

GRÁFICOS 5.11 e 5.12

Variações diárias da DBO_5^{20} do esgoto bruto "EB", do decantador "DEC" e do efluente da lagoa de alta taxa de degradação "ATD", segundo indicações. Medições em amostras compostas a cada duas ou seis horas consecutivas, com amostras coletadas a cada hora durante 24 horas consecutivas.

Para o levantamento do gráfico 5.11 não foi efetuada a descarga diária do decantador. Para o levantamento do gráfico 5.12 efetuou-se a descarga do decantador às 8 horas e 30 minutos.

GRÁFICOS 5.13 e 5.14

Variação diária da concentração de clorofila "a" no efluente e na superfície da lagoa. Medições em amostras coletadas a cada duas horas das 6 às 18 horas, inclusive.

GRÁFICO 5.15

Variação diária na atividade fotossintética. Avaliação, em contagem por minuto cpm, da fixação de ^{14}C . Medições a cada duas horas das 6 às 18 horas, inclusive.

GRÁFICO 5.16

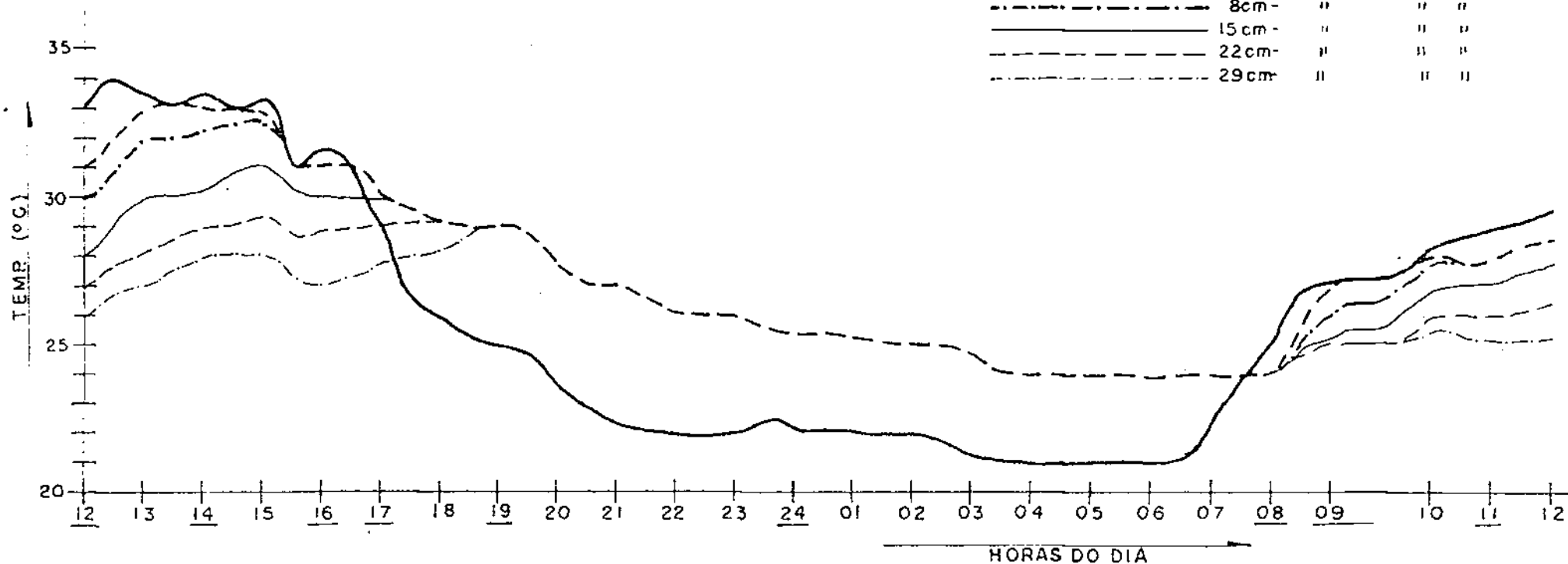
Variações diárias de O.D., pH, temperatura, e intensidade luminosa, na superfície da lagoa, para correlação com a atividade fotossintética.

GRÁF.- 5.1 — PERFIL DE TEMPERATURA

— 26-27/10/77 —

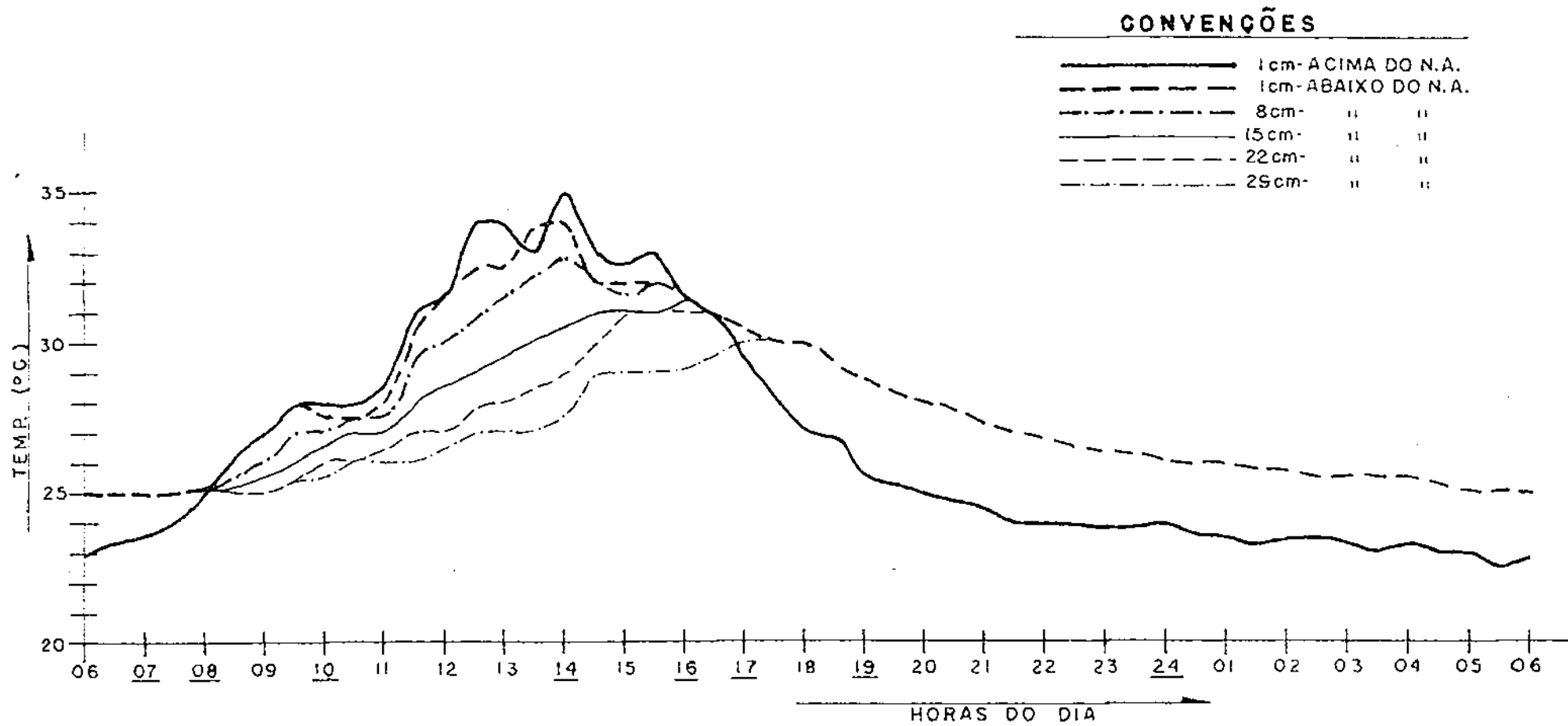
CONVENÇÕES

—————	1cm-ACIMA	DO N.A.
-----	1cm-ABAIX	O DO N.A
-.-.-.-.-	8cm-	" "
—————	15cm-	" "
-----	22cm-	" "
-.-.-.-.-	29cm-	" "

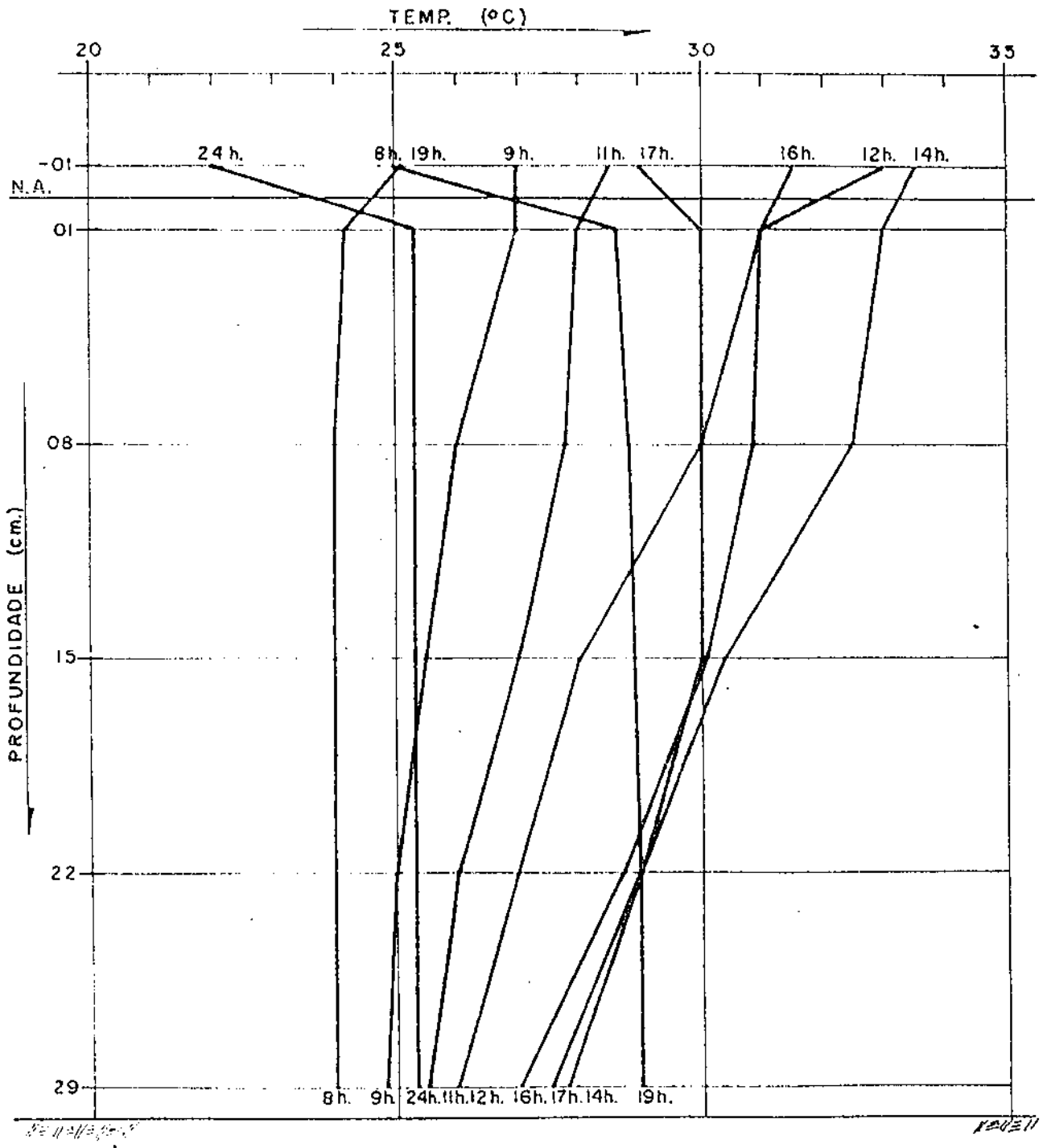


OBS: NA SUPERPOSIÇÃO DE TRAÇOS PREVALECE O DA MENOR PROFUNDIDADE EM ORDEM DECRESCENTE.

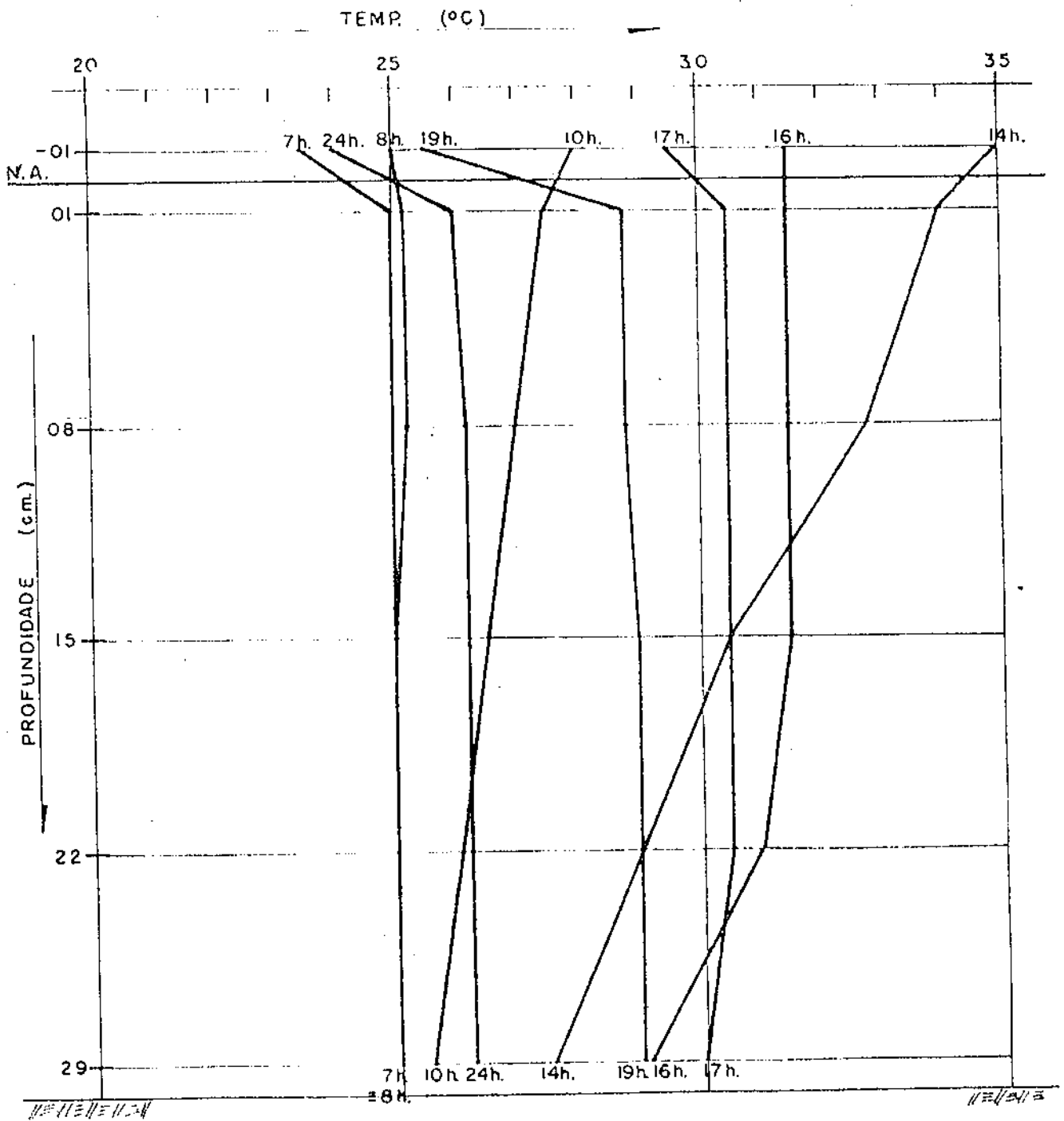
GRÁF.-5.2 — PERFIL DE TEMPERATURA
— 20-21/01/78 —



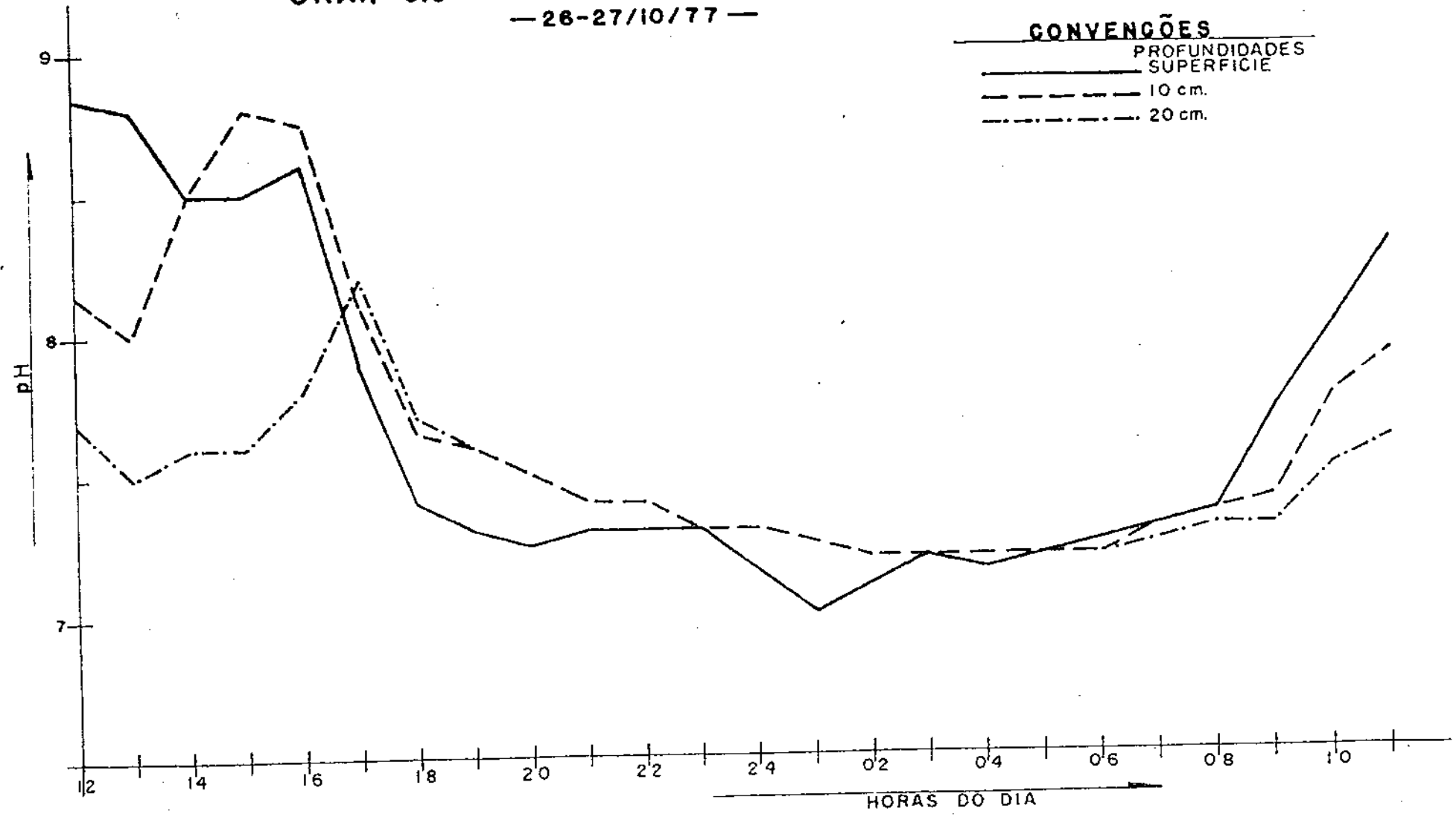
GRÁF.-5.3 — PERFIL DE TEMPERATURA (HORAS REPRESENT.)
— 26-27/10/77 —



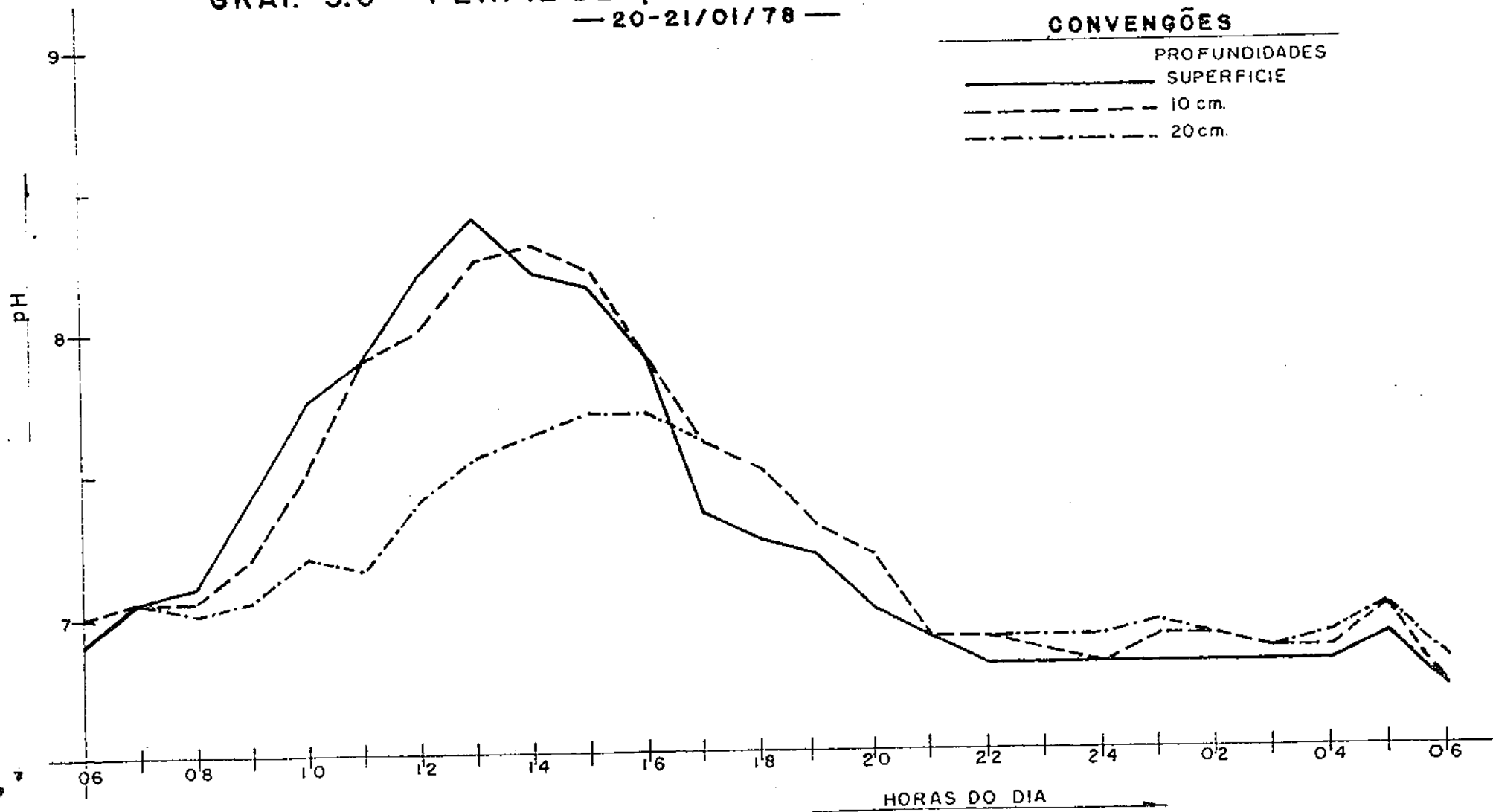
GRÁF. - 5.4 — PERFIL DE TEMPERATURA
(HORAS REPRESENTATIVAS)
— 20-21/01/78 —



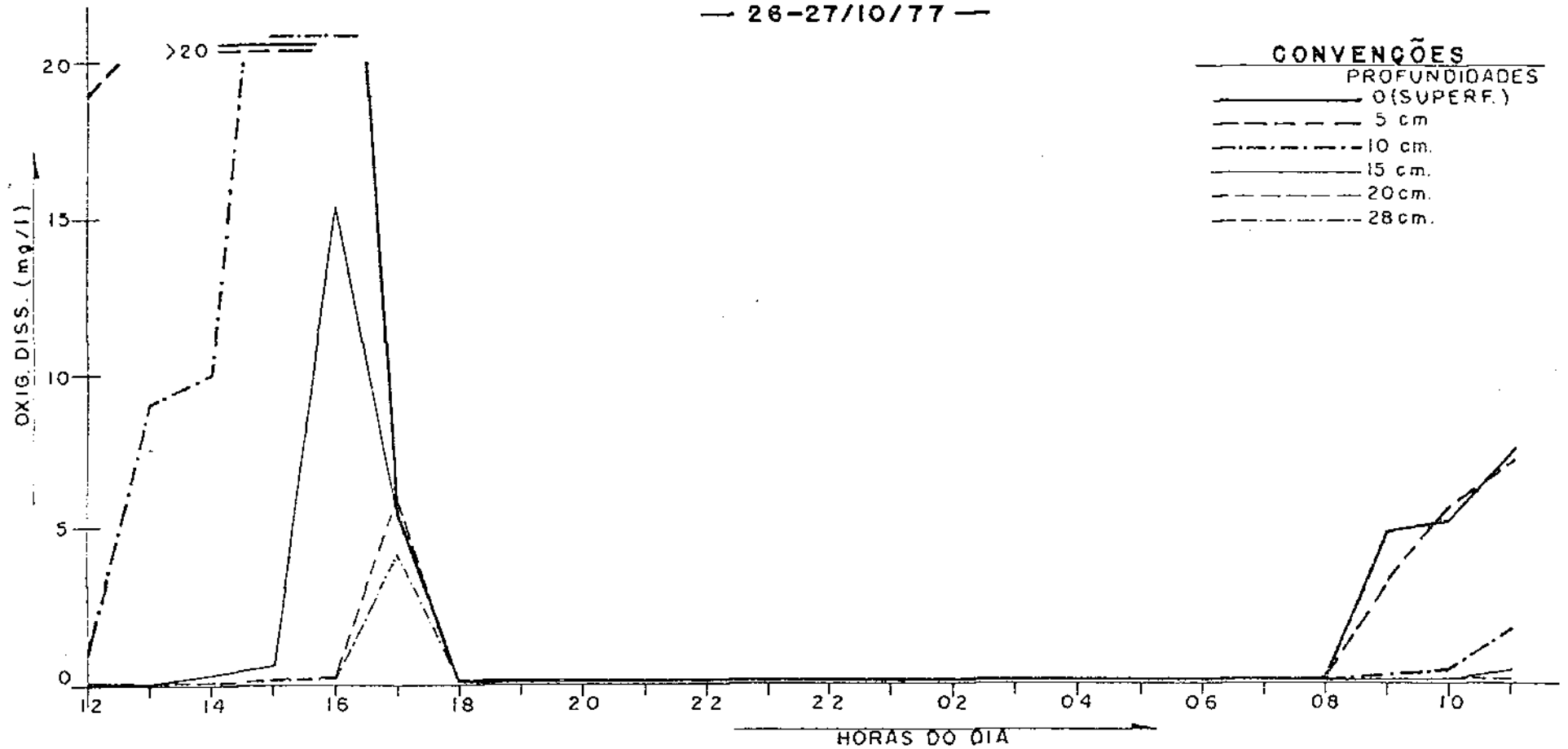
GRÁF.-5.5 — PERFIL DE pH.
— 26-27/10/77 —



GRÁF.-5.6 — PERFIL DE pH
— 20-21/01/78 —

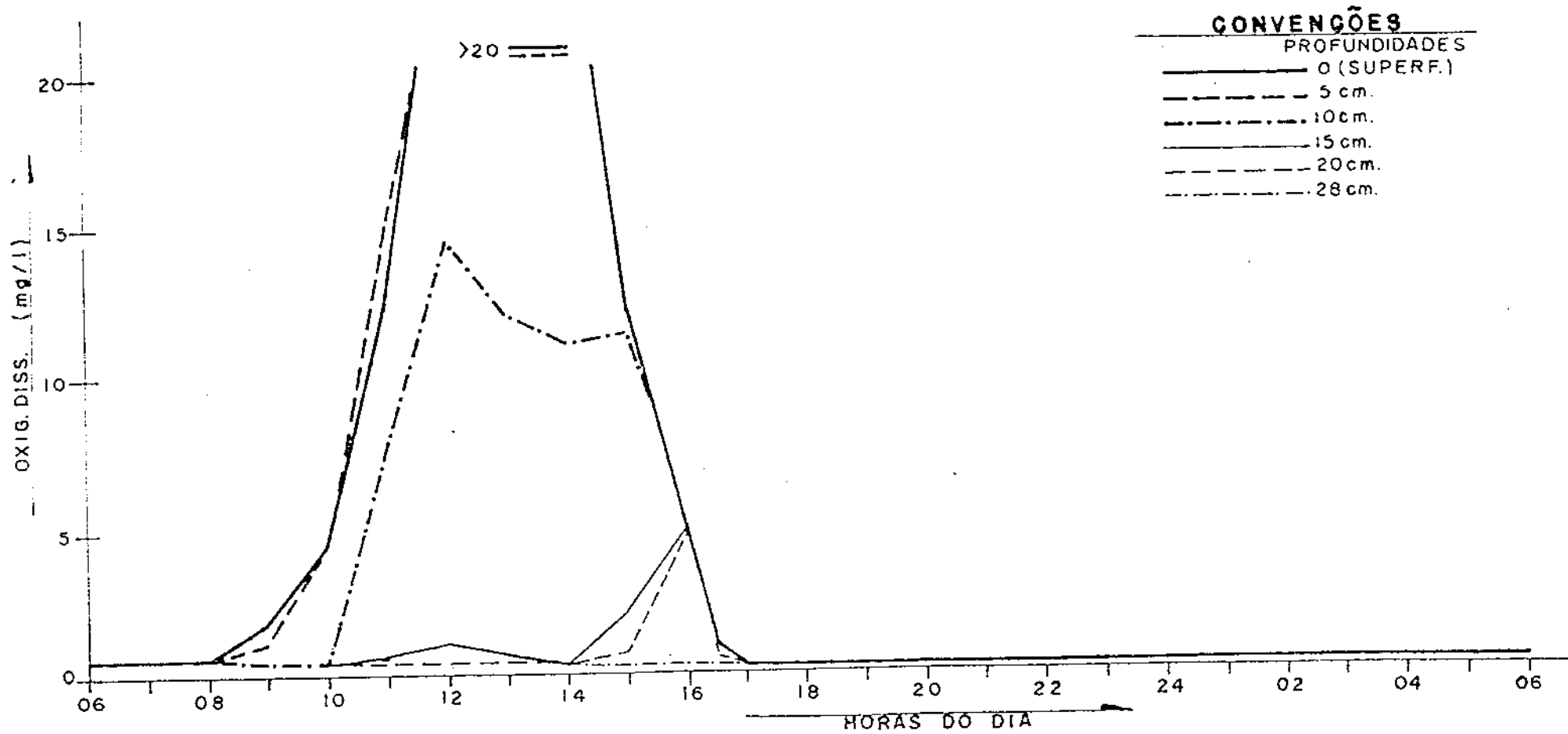


GRÁF.-5.7 — PERFIL DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO
— 26-27/10/77 —

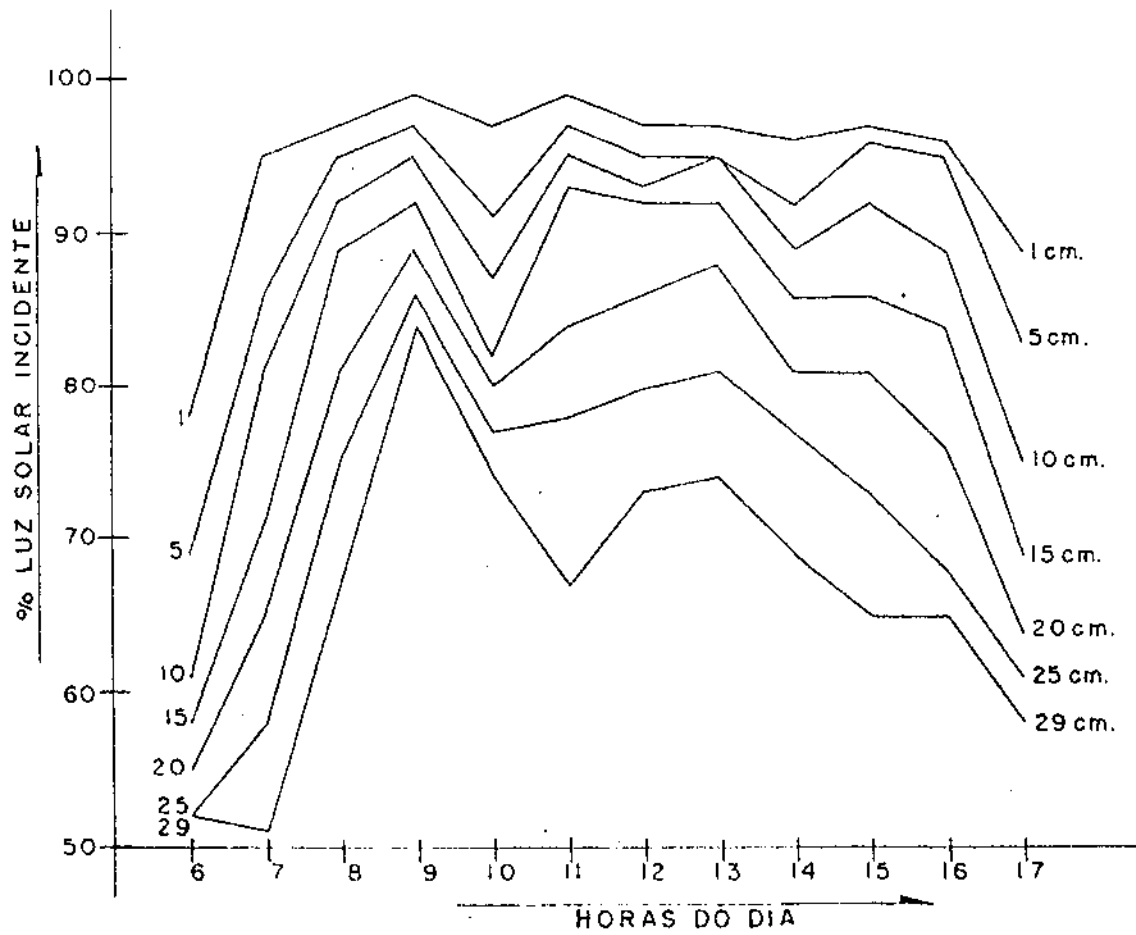


UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
Pró-Reitoria Para Assuntos do Interior
Coordenação Setorial de Pós-Graduação
Rua Príncipe Veloso, 882 - Tel (083) 321-7222-R 355
58.100 - Campina Grande - Paraíba

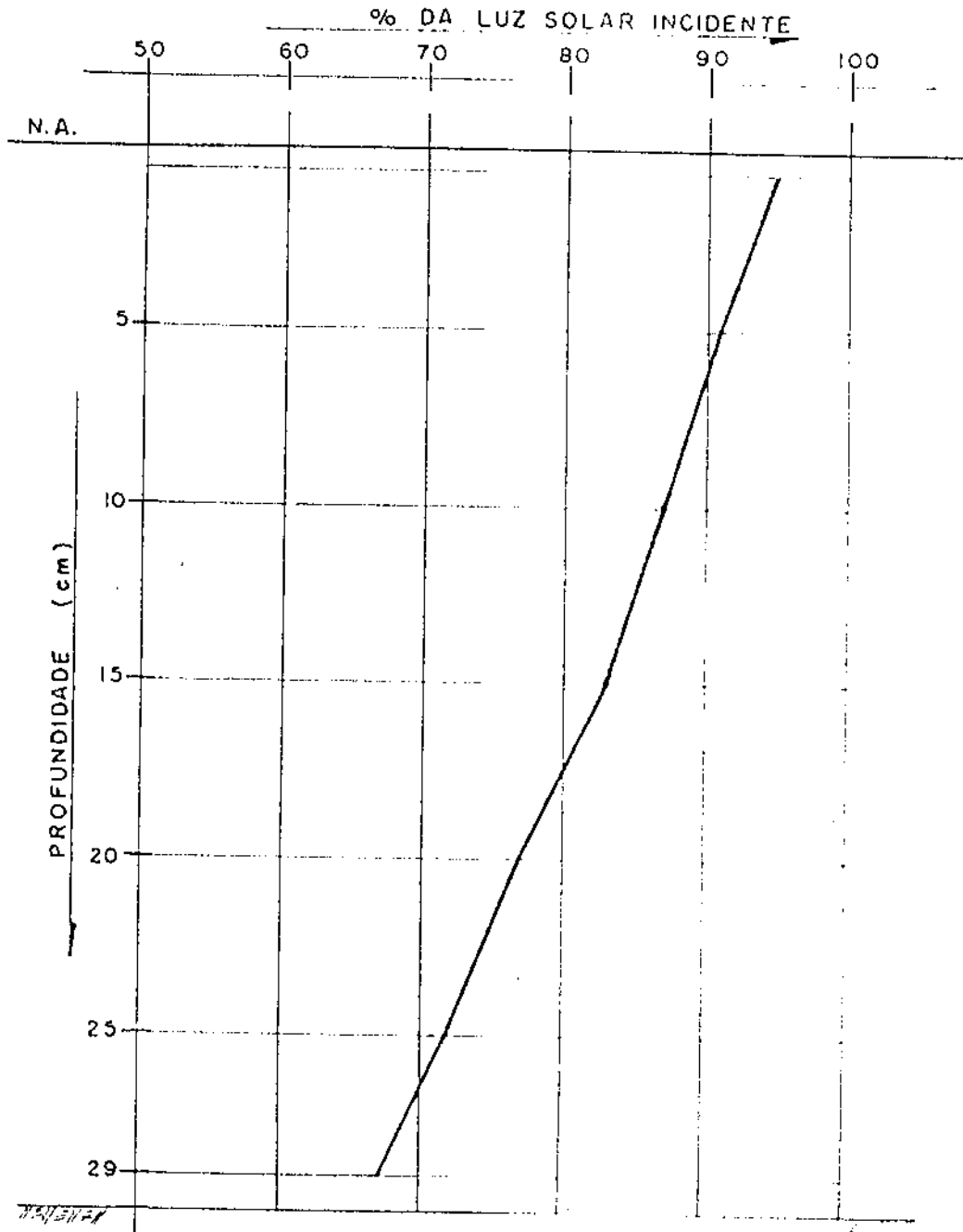
GRÁF. - 5.8 - PERFIL DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO
 — 20-21/01/78 —



GRÁF.-5.9 — PERFIL DE PENETRAÇÃO DE LUZ SOLAR. — 20/01/78 —

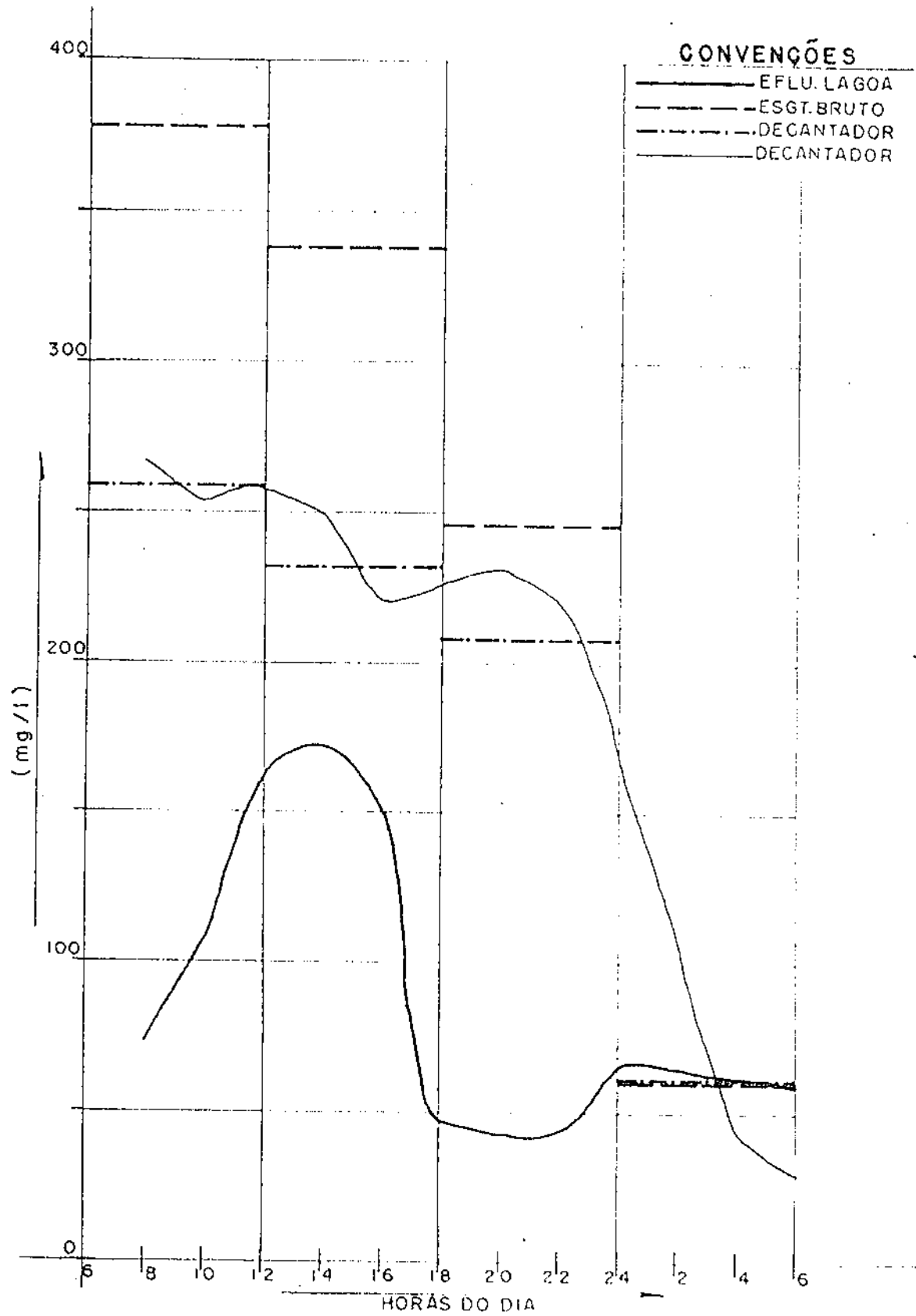


GRÁF.-5.10 — PERFIL DE PENETRAÇÃO
DE LUZ SOLAR.
— 20/01/78 —

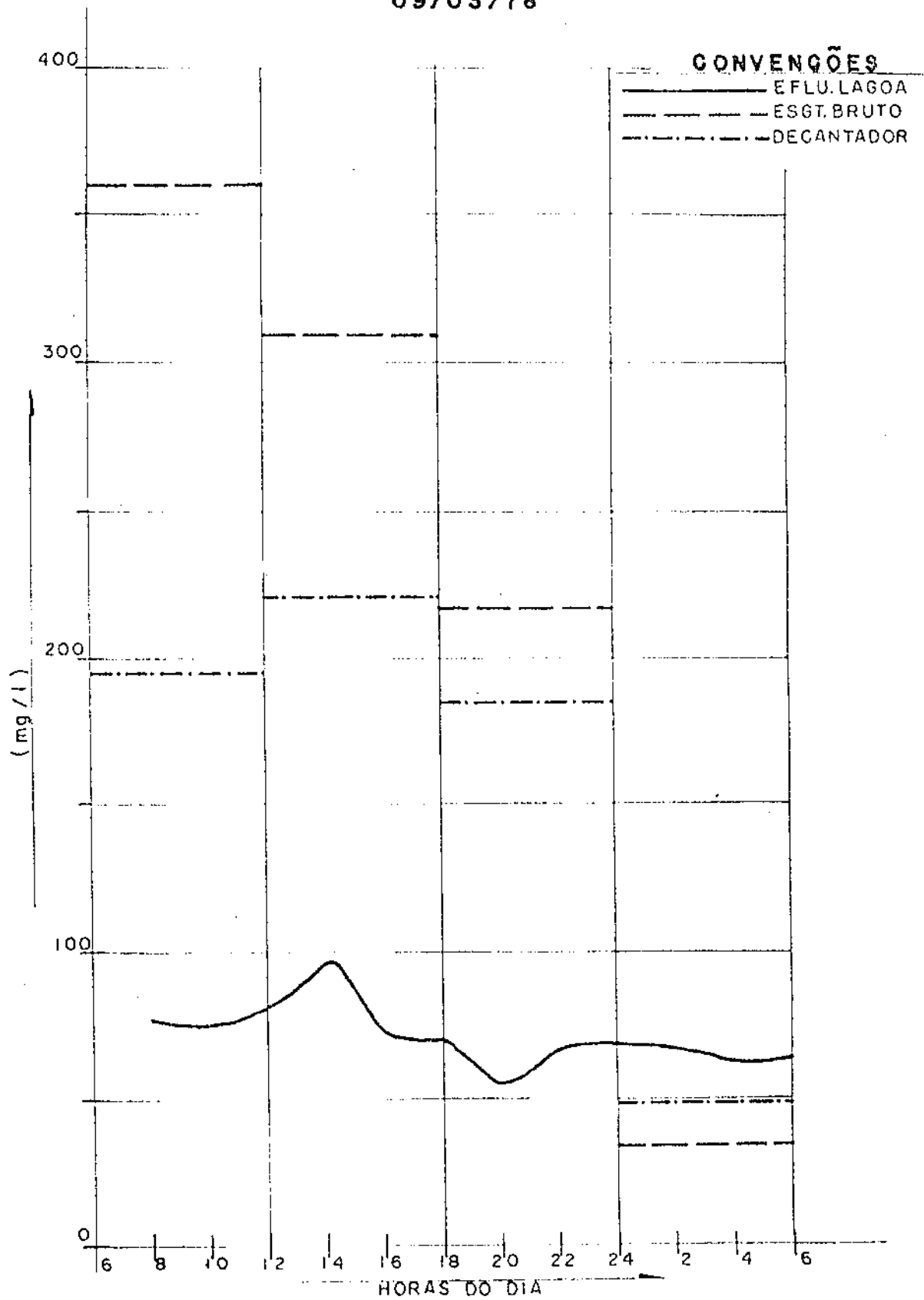


VALORE MEDIOS DIARIOS DE MEDICÖES A CADA
HORA DAS 6:0 AS 17:0, INCLUSIVE.

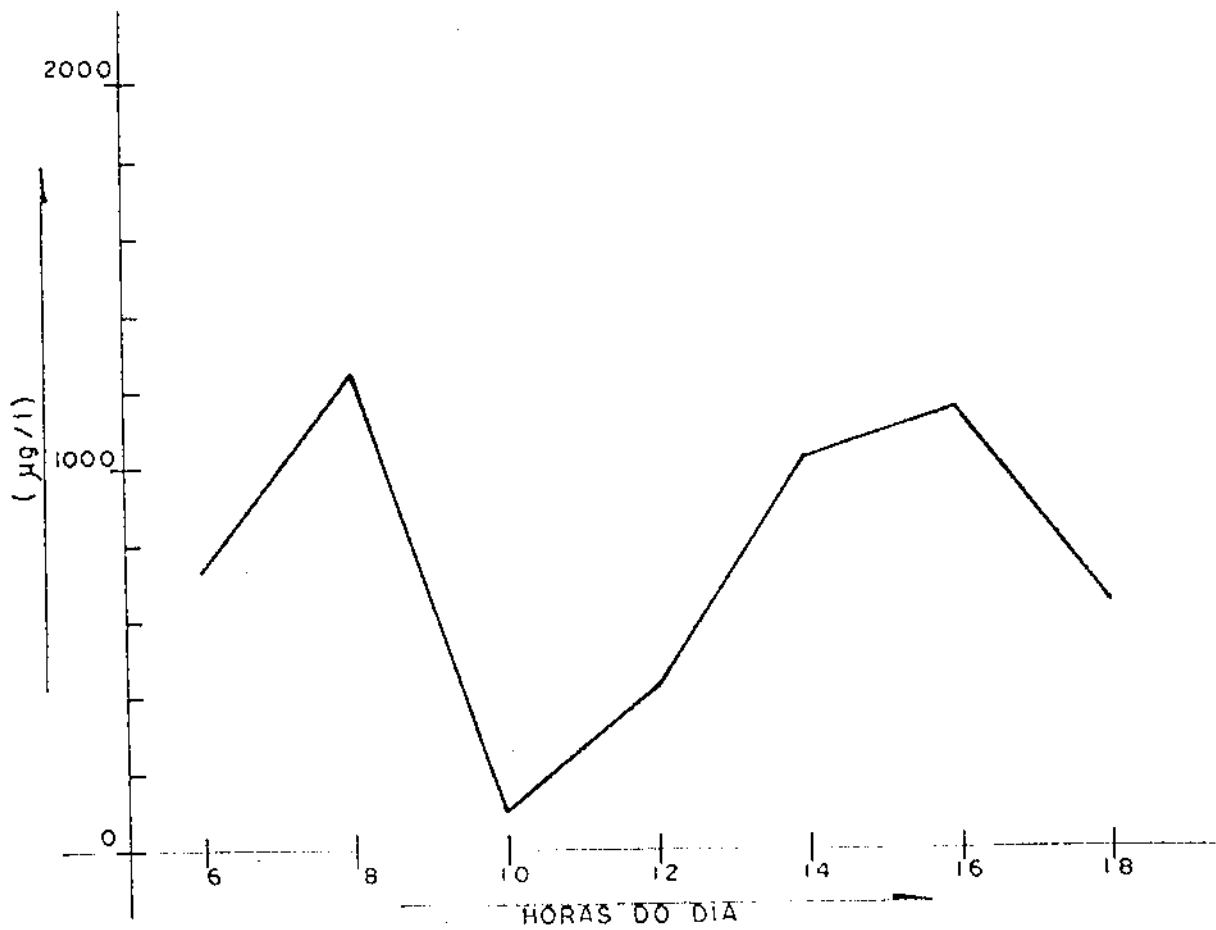
GRÁF. - 5. II - VARIÇÃO DIÁRIA DA DBO_{5}^{20}
— 23/02/78 —



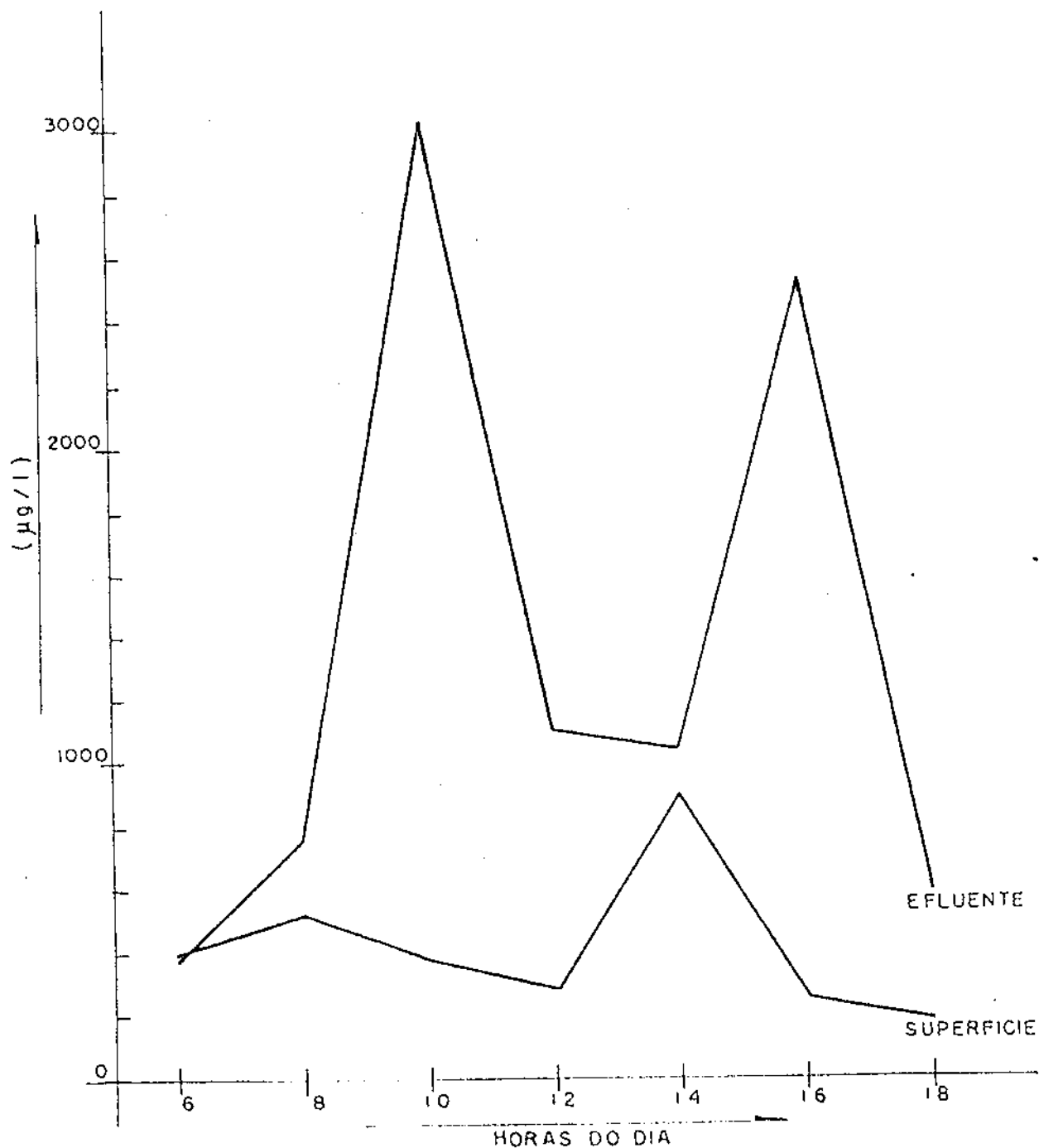
GRÁF.-5.12 - VARIACÃO DIÁRIA DA DBO_{5}^{20}
— 09/03/78 —



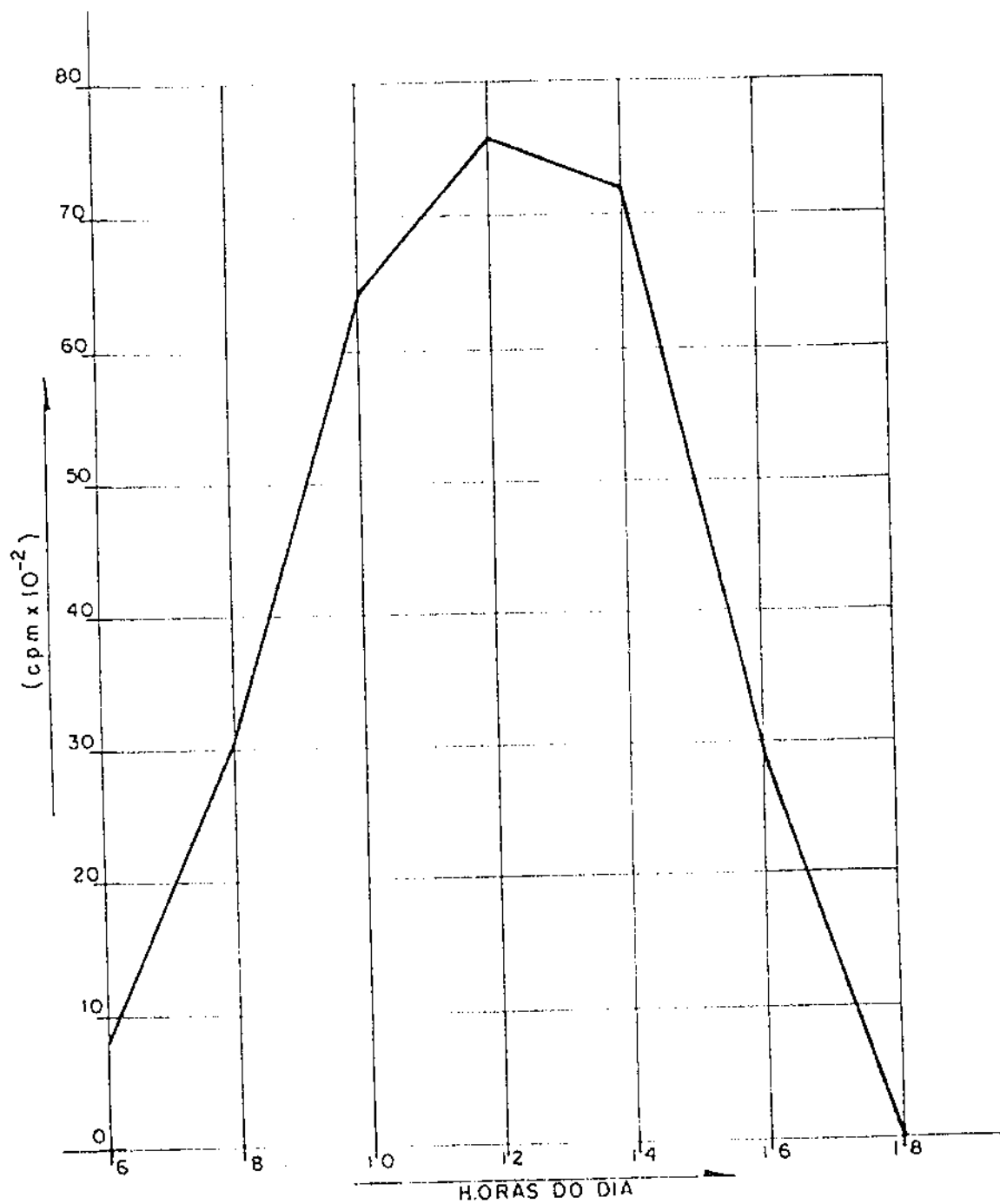
GRÁF.-5.13 — VARIACÃO DIÁRIA DA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA NA SUPERFÍCIE DA LAGOA. — 26/01/78 —



GRÁF-5.14 — VARIACÃO DIÁRIA DA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA NA LAGOA. — 15/02/78 —

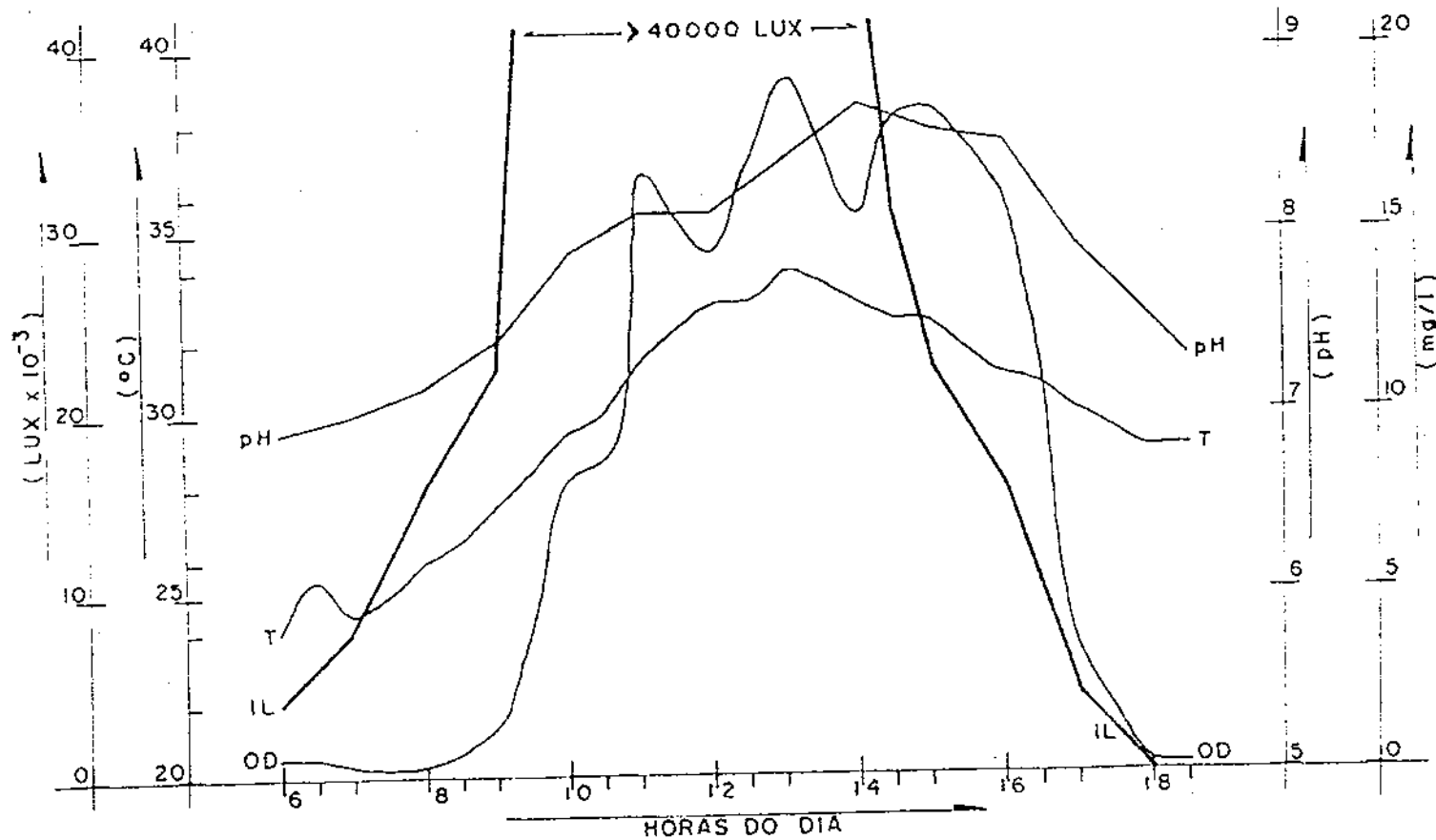


GRÁF-5.15 — ATIVIDADE FOTOSSINTÉTICA
— VARIAÇÃO DIÁRIA —
— 26/01/78 —



OBS — ¹⁴C FIXADO EM FRASCO CLARO, MENOS, ¹⁴C FIXADO
EM FRASCO ESCURO — (cpm) —

GRÁF. - 5.16 — VARIACÃO DIÁRIA DE: INTENSIDADE LUMI-
 NOSA (IL), OXIG. DISSOLV. (OD), TEMPERATURA
 (T) E pH, NA SUPERFÍCIE DA LAGOA.
 — 26/01/78 —



CAPÍTULO VI

DISCUSSÃO

A temperatura é um dos fatores mais importantes no funcionamento de lagoas de estabilização. Na nossa pesquisa tivemos valores moderados de temperaturas máximas e mínimas e a temperatura média da lagoa manteve-se propícia ao desenvolvimento de algas e bactérias.

Podemos observar na tabela 5.2 que a temperatura do efluente da lagoa na hora da coleta de rotina é mais baixa que a temperatura do esgoto efluente do decantador, que por sua vez é mais baixa que a temperatura do esgoto bruto, na mesma hora. Os dados de temperatura referentes ao efluente da lagoa na hora da coleta de rotina podem ser considerados como dados da temperatura de toda massa líquida da lagoa na mesma

hora pois, de acordo com os gráficos 5.1 e 5.2, das 18 horas às 8 horas do dia seguinte a temperatura não varia com a profundidade. Por outro lado, entre 8 e 18 horas temos temperaturas diferentes a cada profundidade.

Podemos explicar este comportamento com o raciocínio seguinte. Nas horas em que a temperatura do ar é inferior à temperatura das camadas inferiores da massa líquida, há resfriamento das camadas superiores e a densidade do líquido aumenta ao ponto de se formarem correntes de convecção térmica que propiciam mistura completa. Nas horas em que a temperatura do ar é maior que a temperatura da massa líquida as camadas inferiores têm maior densidade e a transmissão de calor se dá por condução, transmissão lenta, que permite a formação de um gradiente de temperatura crescente a partir do fundo da lagoa.

Nos gráficos 5.3 e 5.4 podemos ver que as variações de temperatura que ocorrem durante o dia são mais pronunciadas nas camadas superiores da massa líquida.

Nos gráficos de perfis de oxigênio podemos notar que nas horas bem iluminadas há supersaturação nas camadas superiores e que no fim da tarde a concentração de O.D. cai bruscamente em todas as camadas.

Com o auxílio dos gráficos de temperatura (5.1 a 5.4) e de atividade fotossintética (5.15) e da tabela 5.11 (produção fotossintética de oxigênio) podemos justificar este

comportamento. A produção de oxigênio por fotossíntese de algas é realmente alta, nas horas de boa luminosidade registramos produção de até mais de 20 mg/l em 1 hora, contudo, esta alta eficiência é verificada apenas nas camadas superiores. O consumo de oxigênio é relacionado com a produção, porém para altas concentrações de oxigênio dissolvido o consumo é percentualmente menor. As concentrações máximas de oxigênio dissolvido para as camadas inferiores não acontecem nas horas de radiação solar mais intensa e sim quando o oxigênio produzido nas camadas superiores alcançam aquelas por difusão ou mistura. A ação do vento em lagoas de pequena área é desprezível, como fator de mistura, e já discutimos que em grande parte do dia forma-se um gradiente de temperatura e não há mistura proveniente de efeitos térmicos.

Por estes motivos temos, para estas horas, nas zonas de alta produção fotossintética de oxigênio, altas concentrações de oxigênio dissolvido e nas camadas inferiores, de menor atividade fotossintética, o oxigênio produzido quase que totalmente consumido por bactérias. Nas últimas horas da tarde, por volta das 17 horas, a temperatura ambiente cai, há inversão do gradiente de temperatura na massa líquida e acontece mistura. Nesta hora pode ser observado que a concentração de O.D. cai nas camadas superiores e aumenta nas camadas inferiores, de maneira que em todas as profundidades temos oxigênio dissolvido em concentrações entre 4 mg/l e 6 mg/l. Infelizmente quando acontece a mistura, a luminosidade já é in-

suficiente, a atividade fotossintética para e, consequentemente, cessa a produção de oxigênio. O oxigênio dissolvido presente nesta hora é consumido rapidamente por uma grande população de bactérias desenvolvida em ótimas condições metabólicas, nas horas anteriores e como não há compensação por produção fotossintética a concentração de oxigênio dissolvido cai rapidamente em todos os níveis.

Torna-se evidente que apesar das razoáveis condições de penetração de luz que se mostram nos gráficos 5.9 e 5.10 e da alta intensidade luminosa incidente (gráfico 5.16) a produção de oxigênio por fotossíntese nas camadas inferiores não foi capaz de atender à demanda, no entanto, com a simples mistura da massa líquida podemos compensar este problema com melhor aproveitamento do oxigênio dissolvido das camadas superiores supersaturadas.

Os dados de pH representados por médias mensais nas tabelas 5.3 e 5.8 mostram variações relativamente pequenas. Na hora da coleta de rotina o pH do esgoto bruto foi geralmente maior que o pH do efluente da lagoa e ambos sempre maiores que o pH do decantador, porém todos no intervalo entre 7,0 e 7,5.

As variações mensais no pH do esgoto bruto têm como causa principal a precipitação pluviométrica e consequente diluição dos esgotos. Já as variações de pH na lagoa de alta taxa de degradação sofrem grande influência da insolação, através da atividade fotossintética de algas como responsável

pelo consumo de CO_2 . Quando os esgotos se encontram no decantador há decomposição parcial da matéria orgânica com liberação de CO_2 , e conseqüentemente baixa o pH. Na lagoa o pH aumenta como conseqüência do consumo de CO_2 na fotossíntese de algas, atingindo, inclusive, valores bem mais elevados que no esgoto bruto.

Podemos observar nos gráficos 5.5 e 5.6 que as maiores variações do pH, ocorrem na superfície da lagoa ; ali se verificam os valores máximos e mínimos que o pH alcança no decorrer de 24 horas.

Durante as horas bem iluminadas forma-se um gradiente de pH, crescente a partir do fundo da lagoa. Nas horas não iluminadas cessa a atividade fotossintética e o pH cai em todas as profundidades, excepcionalmente na superfície, com tendências a inversão do gradiente. A noite o pH é mais estável com o tempo e mais uniforme com relação a profundidade. Estável porque não há a influência altamente variável da atividade fotossintética e uniforme devido a mistura provocada por correntes de convecção térmica.

Quanto a remoção de DBO, tanto a lagoa, isoladamente, quanto o sistema, apresentaram resultados satisfatórios, observando-se no entanto a necessidade de remoção de algas do efluente final para se alcançar os objetivos almeados: DBO_5^{20} média menor que 30 mg/l e remoção média próxima a 90%.

Os resultados de DBO, representadas por médias mensais nas tabelas 5.5 e 5.8, referem-se a amostras das cole

tas de rotina efetuadas às 8 horas. Segundo os resultados a apresentados nos gráficos 5.11 e 5.12 temos DBO_5^{20} média em 24 horas, de 243 mg/l, 176 mg/l e 75 mg/l, para respectivamente, esgoto bruto, decantador e efluente da lagoa de alta taxa de degradação, porém muitos levantamentos e medições devem ser feitos para que se possa ter uma correlação confiável entre a DBO_5^{20} em amostras de um certo horário e a DBO_5^{20} média para 24 horas.

Podemos notar nos gráficos 5.11 e 5.12 valores baixos de DBO_5^{20} para amostras de esgoto bruto nas primeiras horas do dia. Para o efluente da lagoa a DBO_5^{20} é mais alta em amostras coletadas nas horas de forte iluminação devido a alta concentração de algas nestas horas.

A tabela 6.1 apresenta dados de DBO, extraídos das tabelas 5.5 e 5.8 em comparação com dados de lagoas facultativas do mesmo centro de pesquisas, portanto, sob as mesmas condições meteorológicas, recebendo esgotos da mesma fonte. Os dados das lagoas facultativas foram fornecidos gentilmente pelo Prof. Wilson A. Auerswald (21) e representam as médias para o período de setembro de 77 a fevereiro de 78.

No gráfico 6.1 podemos constatar a forte influência da radiação solar na eficiência em remoção da DBO_5^{20} para a lagoa de alta taxa de degradação e para o sistema, sendo que este último, logicamente, sofre influência menos marcante. Este gráfico foi traçado com os valores médios mensais da radição solar total incidente e porcentagens médias mensais da

20
remoção da DBO_5 . Logicamente a relação não é perfeita haja visto a interferência de outros fatores como temperatura e precipitação pluviométrica.

A lagoa de alta taxa de degradação mostrou-se realmente muito pouco eficiente quanto a remoção de sólidos totais, principalmente, devido a alta proliferação de algas, haja visto as porcentagens de remoção insignificantes em sólidos totais voláteis, por vezes, inclusive, até aumentando a concentração afluyente (tabelas 5.6 e 5.7).

Malgrado o comportamento da lagoa as porcentagens de remoção de sólidos no sistema foram, em média maiores que em qualquer das lagoas facultativas referidas acima, F_3 , F_4 e F_5 . Durante o período pesquisado o sistema efetuou reduções em sólidos totais, em média, de 27,4% enquanto que F_3 , F_4 e F_5 efetuaram, em média reduções de 23,7%, 23,5% e 23,6%, respectivamente. Quanto a sólidos suspensos as médias de remoção foram de 74,6% para o sistema e 70,2%, 65,2% e 72,5% para F_3 , F_4 e F_5 , respectivamente. Em sólidos dissolvidos tivemos 9,3% para o sistema e 5,7%, 7,4% e 4,6% para respectivamente F_3 , F_4 e F_5 . Enfim, em amostras do efluente final da lagoa de alta taxa de degradação, encontramos, para qualquer tipo de sólidos, concentrações menores que as encontradas nos efluentes das lagoas facultativas comparadas.

As concentrações médias de algas na lagoa foram menores do que se esperava. Em algumas horas do dia registamos concentrações realmente muito elevadas, principalmente

para o efluente, porém, como podemos observar nos gráficos 5.13 e 5.14 e na tabela 5.10 o comportamento do reator quanto a proliferação de algas é extremamente variável. Se faz necessária uma pesquisa prolongada, com maior número de amostras para que se possa ter conclusões precisas. De qualquer modo, os resultados obtidos nos dão uma boa idéia da variação diária e de estimativa da concentração média.

Devido ao curto período de detenção as lagoas de alta taxa de degradação têm realmente baixa eficiência na remoção de coliformes fecais. Na nossa experiência a remoção foi mais alta do que se esperava, contudo, sua eficiência neste aspecto deixa muito a desejar em comparações com outros tipos de lagoas de estabilização.

No gráfico 6.2, plotamos os valores médios mensais de radiação solar total diária, temperatura, pH e porcentagens de redução de DBO_5^{20} , de sólidos suspensos e de nitrogênio amoniacal, na lagoa de alta taxa de degradação, a partir dos dados da tabela 5.8. Nosso intuito é mostrar a inter-relação e influências mútuas entre radiação solar, temperatura, pH e a eficiência da lagoa, representada pelas reduções percentuais da DBO_5^{20} , de sólidos suspensos e nitrogênio amoniacal.

Note-se que a eficiência da lagoa é tanto maior quanto maior seja a radiação solar incidente e, conjuntamente, quanto menor seja a temperatura dentro dos limites observados, no entanto tudo indica que a radiação solar é mais influ

ente do que a temperatura desde que esta se mantenha entre valores que não prejudiquem fortemente o metabolismo de algas e/ou bactérias. Dentro destes limites a influência da temperatura é principalmente devida a interferência na solubilidade do oxigênio no meio líquido, enquanto que a radiação solar influi diretamente na atividade fotossintética de algas.

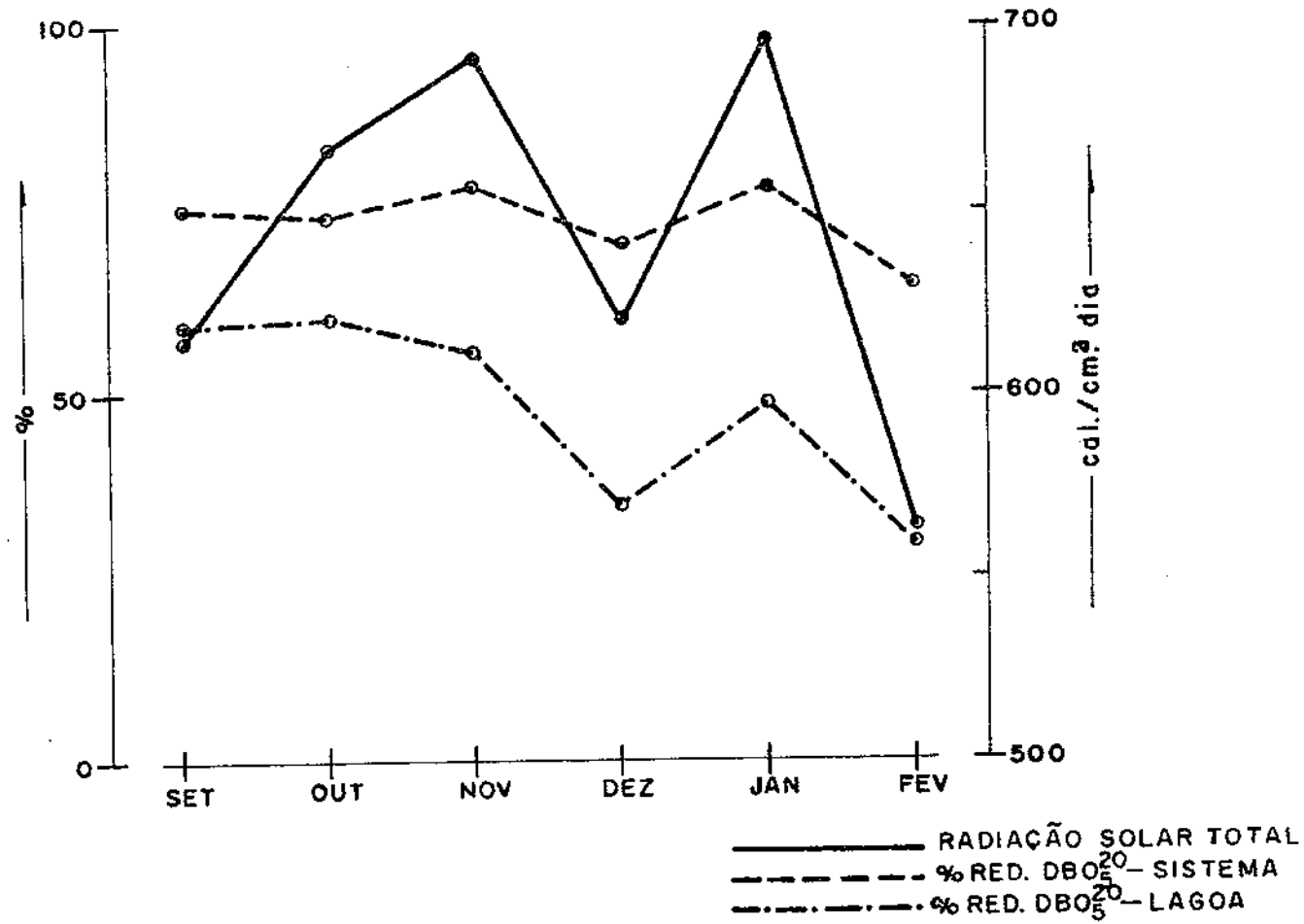
Quanto ao pH, não se observa nenhuma relação marcante com a radiação solar ou temperatura. Logicamente as variações mensais do pH dependem muito mais, da precipitação pluviométrica como fator de diluição do esgoto afluente.

Com o auxílio do gráfico 6.2 podemos justificar parcialmente a eficiência da lagoa. Na realidade o gráfico mostra grande relação entre radiação solar e temperatura, conjuntamente, e a eficiência de lagoas de alta taxa de degradação, no entanto, devemos nos precaver em tentar traçar relações diretas e concretas antes que outros fatores ambientais e da natureza do esgoto afluente sejam analisados. Na verdade não nos propomos a uma análise completa e minuciosamente detalhada, dos resultados, experimentais obtidos e suas interrelações, que extrapole as limitações da natureza deste trabalho que, acima de tudo, é constituído de resultados de observações experimentais nos quais possam se basear os estudos futuros sobre lagoas de alta taxa de degradação.

TABELA 6.1 - COMPARAÇÃO DE LAGOAS FACULTATIVAS COM O SISTEMA PESQUISADO

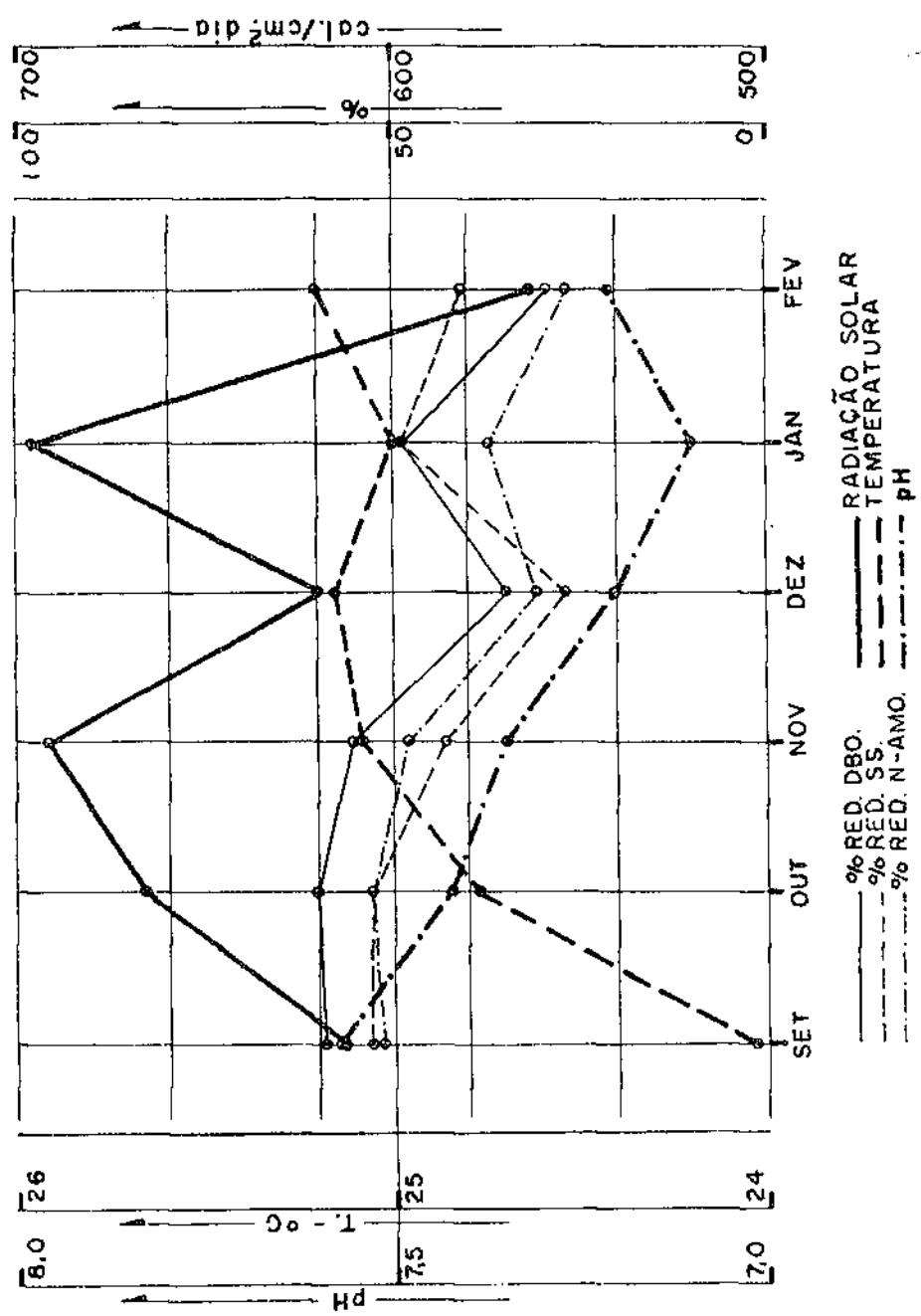
	FACULTATIVAS			SEM REMOÇÃO DE ALGAS		EFLUENTE FILTRADO	
	F ₃	F ₄	F ₅	ATD	DEC + ATD	ATD	DEC+ATD
ÁREA (m ²)	195	190	188	8	8	8	8
TEMPO DE DETENÇÃO (dias)	12	9,5	19	1	1,04	1	1,04
CARGA ORG. SUPERF. (Kg ^{DBO} /ha.dia)	276	349	174	450	764	450	764
CARGA ORG. VOLUM. (gDBO/m ³ .dia)	22	28	14	135	255	135	255
DBO ₅ ²⁰ EFLUENTE (mg/l)	49	56	40	69	69	29	29
REMOÇÃO DBO ₅ ²⁰ (%)	82	79	85	49	74	77	89

— GRAFICO - 6.1 —



— INFLUENCIA DA RADIAÇÃO SOLAR NA REMOÇÃO DA DBO —

— GRAFICO — 6.2 —



— INFLUENCIA DA RADIAÇÃO SOLAR, DA TEMPERATURA E DO PH. NA EFICIENCIA DA LAGOA. —

CAPÍTULO VII

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho não tem a pretensão de concluir um estudo completo sobre lagoas de alta taxa de degradação e sim, de contribuir para este estudo, reunindo informações disponíveis e fornecendo resultados de uma pesquisa prática de onde possam ser tiradas conclusões e recomendações como base de orientação para pesquisas futuras, a partir da confirmação de que sejam viáveis e proveitosas estas futuras pesquisas.

Com base nos resultados obtidos na lagoa piloto, concluímos e recomendamos

- 1 - As lagoas de alta taxa de degradação mostram-se viáveis como forma de tratamento de esgotos sanitários em regi

ões bem ensolaradas e será bastante proveitosa a intensificação dos estudos deste tipo de lagoa de estabilização.

- 2 - Somente com a separação das algas do efluente final da lagoa de alta taxa de degradação é que se pode esperar um alto rendimento em termos de remoção da DBO.
- 3 - Pode-se aumentar a eficiência da lagoa utilizando-se misturador mecânico capaz de provocar a constante mistura das camadas da massa líquida.
- 4 - Em se utilizando misturador mecânico, seu funcionamento só é necessário durante o dia, ou seja, nas horas em que a temperatura ambiente for mais alta que a temperatura das camadas inferiores da massa líquida. Durante a noite a mistura acontece normalmente, por efeitos térmicos.
- 5 - A lagoa de alta taxa de degradação isoladamente não mostrou boa eficiência na remoção de sólidos porém com uma prévia decantação rápida logrou-se obter ótimos resultados.
- 6 - O pH cai consideravelmente quando cessa a atividade fotossintética de algas, devido ao aumento da concentração relativa de CO_2 na massa líquida.

- 7 - A noite o pH é mais estável com o tempo e mais uniforme com relação a profundidade. Estável porque não há a influência altamente variável da fotossíntese de algas e uniforme devido a mistura provocada por correntes de convecção térmica.
- 8 - A porcentagem de luz que penetra na lagoa não é constande para uma mesma profundidade pois, varia com o ângulo de incidência dos raios solares e com a distribuição de algas na massa líquida.
- 9 - Quanto a remoção de coliformes fecais, a lagoa de alta taxa de degradação deixa muito a desejar em comparação com outros tipos de lagoas de estabilização.
- 10 - Recomendamos estudos sobre separação de algas do efluente e investigações quantitativas e qualitativas no material celular das algas separadas.
- 11 - O comportamento da lagoa quanto a variação na concentração de algas é extremamente variável. Faz-se necessária uma pesquisa prolongada, com maior número de amostragens, para que se possa ter conclusões precisas.
- 12 - Sugerimos para pesquisas futuras: variar a carga orgânica afluente e iluminar a lagoa artificialmente durante as

noites, a fim de se determinar o incremento de sua efici
ência.

- 13 - Recomendamos estudar a importância da influência de protozoários no funcionamento de lagoas de alta taxa de degra
dação.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - Gloyna, D. Eng. Earnest F. - "Estanques de Estabilizacion de Águas Residuales" - Organizacion Mundial de La Salud. - Ginebra 1973.
- 2 - Branco, Samuel M. - "Poluição" - Ao Livro Técnico S.A. - Rio de Janeiro 1972.
- 3 - Victorette, Benoit Almeida - "Contribuição ao emprego de lagoas de estabilização como processo para depuração de esgotos domésticos" - CETESB - São Paulo 1973.
- 4 - Vários - "Lagoas de estabilização" - CETESB - São Paulo 1975.
- 5 - Jordão, E.P. e Pessôa, C.A. - "Tratamento de esgotos domésticos" - CETESB - São Paulo 1975.
- 6 - Mara, D.D. - "Sewage Treatment in Hot Climates" - John Wiley & Sons - 1976.
- 7 - Oswald, William J. e Gotaas, Harold B. - "Photosynthesis in Sewage Treatment" - Proceedings, American Society of Civil Engineers - 1955.
- 8 - Jordão, E.P., Guimarães, A.S.P. e Lozinsky, R. - "Custos de Lagoas anaeróbias, facultativas, aeradas e em série" - Engenharia Sanitária - ABES - Rio de Janeiro - 1975.

- 9 - Mc Garry, M.G. - "Water Reclamation and Protein Production Through Sewage Treatment" - Proceedings of a Seminar on Water Supply and Wastewater Disposal in Developing Countries - Instituto Asiático de Tecnologia - Bangkok 1971.
- 10- Bokil, S.D. e Agrawal, G.D. - "Performance of High Rate Shallow Stabilization Ponds" - Indian J. Environ. HLTH. Vol. 18, Nº 2, 1976.
- 11- Gloyna, E.F. e Eckenfelder Jr, W.W. - "Advances in Water Quality Improvement", "Water Resources Symposium Nº 1" - University of Texas Press - 1968, segunda impressão 1971.
- 12- De Fina, L.A. e Ravelo, C.A. - "Climatologia y Fenologia Agrícolas" - Editora Universitária de Buenos Aires - 1973.
- 13- Kondratyev, K. - "Radiation in the Atmosphere" - Academic Press - New York 1969.
- 14- Standard Methods For The Examination of Water And Wastewater - 14^a. Edição - 1975 . APHA-AWWA-WPCF.
- 15- Sawyer, Clair N. e McCarty, Perry L. "Chemistry for Sanitary Engineers" - Mc Graw-Hill 1967.
- 16- Biological Analysis of Water and Wastewater Application" - Manual AM 302., Millipore Corporation - 1973.

- 17 - The Bacteriological Examination of Water Supplies" - "Reports on Public Health and Medical Subjects n^o 71 - 1969.
- 18 - Mara, D.D. - "Bacteriology for Sanitary Engineers" Churchill Livingstone - 1974.
- 19 - Branco, Samuel M. - "Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária" - CETESB - São Paulo 1971
- 20 - Vários - "Água: qualidade, padrões de potabilidade e poluição" - CETESB - São Paulo 1974.
- 21 - Auerswald, Wilson A. - "Estudo de Lagoas Facultativas para a região Nordeste do Brasil. - Tese de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba - Inédita.

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

ANEXO 1

Valores de Radiação Solar

FONTE: Referência bibliográfica nº 3

INSOLAÇÃO⁽¹⁾

VALORES MÉDIOS PROVÁVEIS, DIRETOS E DIFUSOS, SOBRE UMA SUPERFÍCIE HORIZONTAL
AO NÍVEL DO MAR, EM LANGLEY POR DIA⁽²⁾, EM FUNÇÃO DA LATITUDE E DO MÊS

LATITUDE NORTE		M E S E S											
GRAUS	AMBITOS	JANEIRO		FEVEREIRO		MARÇO		ABRIL		MAIO		JUNHO	
		VISIV. ³	TOT. ⁴	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL
0	MAX. (5)	255	685	266	700	271	708	266	690	249	645	236	626
	MIN. (6)	210	580	219	583	206	536	188	462	182	480	103	274
1	MÁXIMO	252	680	265	696	271	707	267	693	252	650	238	633
	MÍNIMO	208	570	216	570	205	535	188	463	183	482	105	281
2	MÁXIMO	250	670	263	693	271	706	267	697	253	655	241	642
	MÍNIMO	206	560	213	560	204	534	188	464	184	424	106	288
3	MÁXIMO	246	660	261	690	270	705	268	700	256	660	244	648
	MÍNIMO	203	550	210	550	203	533	187	465	186	437	110	296
4	MÁXIMO	244	650	259	688	270	704	266	701	258	665	247	656
	MÍNIMO	200	540	206	543	202	532	187	466	187	492	113	300
5	MÁXIMO	240	640	256	665	269	703	269	703	260	670	250	662
	MÍNIMO	197	530	203	535	201	531	186	466	188	498	116	305
6	MÁXIMO	238	630	254	678	268	702	270	705	262	676	252	669
	MÍNIMO	193	520	199	530	200	530	186	467	189	500	118	310
7	MÁXIMO	234	620	252	670	268	701	270	707	264	680	255	673
	MÍNIMO	190	505	196	520	198	528	195	467	190	502	122	315

LATITUDE NORTE		M E S E S											
GRAUS	AMBITOS	JANEIRO		FEVEREIRO		MARÇO		ABRIL		MAIO		JUNHO	
		VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL
8	MÁXIMO	230	610	249	605	267	700	270	709	266	685	258	676
	MÍNIMO	187	495	192	510	196	153	185	467	191	506	124	320
9	MÁXIMO	226	600	247	660	266	698	270	710	268	690	260	683
	MÍNIMO	184	485	188	500	195	519	184	465	192	509	126	325
10	MÁXIMO	223	595	244	655	264	694	271	711	270	694	262	688
	MÍNIMO	179	475	184	490	193	513	183	464	192	512	129	330
11	MÁXIMO	220	585	241	650	263	692	271	711	271	698	265	696
	MÍNIMO	175	465	181	480	191	507	182	463	193	515	131	335
12	MÁXIMO	216	572	239	645	262	690	271	710	273	702	267	700
	MÍNIMO	172	455	176	470	189	500	181	462	193	518	133	343
13	MÁXIMO	212	565	238	640	260	685	271	710	274	706	270	705
	MÍNIMO	168	445	172	460	187	492	180	461	194	520	136	350
14	MÁXIMO	208	555	233	630	258	680	271	709	276	710	272	710
	MÍNIMO	163	430	167	450	184	487	179	460	194	524	137	354
15	MÁXIMO	204	545	230	620	256	675	272	708	276	714	274	715
	MÍNIMO	159	420	163	440	182	480	179	458	194	526	140	360
16	MÁXIMO	200	530	226	610	255	670	272	707	279	718	276	720
	MÍNIMO	154	400	159	430	180	473	177	456	194	528	141	363

Continuação

LATITUDE NORIE		M E S E S											
GRAUS	AMBITOS	JANEIRO		FEVEREIRO		MARÇO		ABRIL		MAIO		JUNHO	
		VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL
17	MÁXIMO	196	525	224	600	253	668	272	706	280	720	278	724
	MÍNIMO	149	390	155	420	177	466	175	454	194	529	143	369
18	MÁXIMO	192	515	220	590	250	664	272	705	282	723	280	728
	MÍNIMO	144	380	150	410	174	459	174	452	194	530	145	375
19	MÁXIMO	188	505	216	580	248	656	271	704	283	727	282	732
	MÍNIMO	139	370	145	400	171	453	172	450	194	532	146	380
20	MÁXIMO	183	500	213	575	246	652	271	703	284	730	284	738
	MÍNIMO	134	360	140	390	168	440	170	447	194	532	148	383
21	MÁXIMO	178	490	210	570	224	648	270	702	285	732	285	742
	MÍNIMO	129	350	136	380	165	430	169	443	194	532	150	388
22	MÁXIMO	174	480	206	560	241	644	270	701	286	734	286	747
	MÍNIMO	123	335	132	370	162	426	167	440	193	530	152	392
23	MÁXIMO	170	470	203	555	239	630	269	700	287	736	288	750
	MÍNIMO	118	320	128	355	159	418	166	438	192	528	153	398
24	MÁXIMO	166	460	200	545	236	625	268	697	288	738	290	753
	MÍNIMO	111	310	123	340	156	410	164	433	191	525	155	403
25	MÁXIMO	160	450	196	540	234	620	267	693	288	740	291	757
	MÍNIMO	105	295	119	325	153	400	162	429	190	522	156	406

LATITUDE NORTE		M E S E S											
GRAUS	AMBITOS	JANEIRO		FEVEREIRO		MARÇO		ABRIL		MAIO		JUNHO	
		VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL
26	MÁXIMO	156	440	192	530	230	615	266	690	288	741	292	760
	MÍNIMO	99	280	114	310	149	390	160	425	189	518	158	409
27	MÁXIMO	150	430	188	520	228	608	265	687	289	742	293	762
	MÍNIMO	93	265	110	300	146	380	158	420	188	512	159	412
28	MÁXIMO	146	420	184	510	224	603	264	683	289	743	294	764
	MÍNIMO	87	250	106	290	142	373	156	415	187	506	161	416
29	MÁXIMO	141	410	180	500	222	595	262	680	290	744	295	766
	MÍNIMO	81	230	100	280	138	368	153	410	186	498	162	422
30	MÁXIMO	136	400	176	490	218	587	261	675	290	744	296	768
	MÍNIMO	76	220	96	260	134	362	151	405	184	490	163	425
31	MÁXIMO	130	390	173	480	215	580	260	669	290	744	296	770
	MÍNIMO	68	200	92	250	130	350	149	400	183	482	164	428
32	MÁXIMO	126	380	169	470	212	570	258	663	290	744	296	772
	MÍNIMO	63	180	87	240	126	340	146	395	181	476	166	431

(1) Calculada dos dados do: US Weater Bureau

(3) "Visível" para radiações de 4.000 Å a 7.000 Å que penetram uma superfície de água em repouso

(5) Os "máximos" são valores que não se excedem normalmente

(2) Langleys = uma caloria grama por cm^2

(4) "Total" para radiações de todo comprimento de onda do espectro solar

(6) Os "mínimos" se baseam nos valores mais baixos, ou extrapolados, para o mês e latitude indicados, em 10 anos de observações

INSOLAÇÃO⁽¹⁾

VALORES MÉDIOS PROVÁVEIS, DIRETOS E DIFUSOS, SOBRE UMA SUPERFÍCIE HORIZONTAL
AO NÍVEL DO MAR, EM LANGLEY POR DIA⁽²⁾, EM FUNÇÃO DA LATITUDE E DO MÊS

LATITUDE NORIE		M E S E S											
GRAUS	AMBITOS	JULHO		AGOSTO		SETEMBRO		OUTUBRO		NOVEMBRO		DEZEMBRO	
		VISIV. ³	TOP. ⁴	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL
0	MAX. (5)	238	630	252	666	269	690	265	694	256	683	253	667
	MIN. (6)	137	369	167	432	207	533	203	530	202	543	195	527
1	MÁXIMO	241	638	254	670	269	692	264	691	254	675	251	656
	MÍNIMO	139	370	168	438	207	532	202	527	200	534	193	516
2	MÁXIMO	244	646	255	673	269	693	262	688	251	666	249	646
	MÍNIMO	141	375	169	442	206	531	200	523	198	525	189	505
3	MÁXIMO	247	652	256	676	269	694	261	684	248	658	246	636
	MÍNIMO	144	360	170	444	205	530	198	519	196	518	186	493
4	MÁXIMO	250	657	258	678	269	695	260	680	246	650	244	628
	MÍNIMO	146	385	171	448	204	529	196	513	194	510	163	480
5	MÁXIMO	252	663	260	680	269	696	258	675	243	642	240	620
	MÍNIMO	148	390	172	450	203	527	194	507	190	502	180	470
6	MÁXIMO	255	669	261	683	269	697	256	670	240	634	238	610
	MÍNIMO	150	395	172	452	202	524	191	500	188	494	176	480
7	MÁXIMO	258	676	262	685	268	697	254	665	237	624	235	600
	MÍNIMO	152	400	173	454	201	521	189	494	185	486	173	450

Continuação

LATITUDE NORIE		M E S E S											
GRAUS	AMBITOS	JULHO		AGOSTO		SETEMBRO		OUTUBRO		NOVEMBRO		DEZEMBRO	
		VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL
8	MÁXIMO	260	680	263	686	267	695	252	660	234	616	231	590
	MÍNIMO	154	205	174	456	200	518	186	486	182	473	169	440
9	MÁXIMO	262	685	264	690	267	694	250	655	231	608	228	580
	MÍNIMO	156	410	175	458	198	514	184	480	179	470	166	430
10	MÁXIMO	265	690	266	693	266	693	248	650	228	600	225	570
	MÍNIMO	158	414	176	460	196	510	181	474	176	462	162	420
11	MÁXIMO	267	695	266	695	265	692	246	645	224	594	221	560
	MÍNIMO	160	416	178	462	195	508	179	468	172	454	158	410
12	MÁXIMO	269	700	267	697	264	691	244	640	221	585	217	550
	MÍNIMO	161	421	176	464	193	502	178	462	169	446	154	400
13	MÁXIMO	271	704	268	299	263	690	242	634	218	575	213	544
	MÍNIMO	163	424	176	466	191	499	173	457	166	438	150	390
14	MÁXIMO	273	708	269	700	282	688	240	627	214	567	209	536
	MÍNIMO	164	429	177	467	189	496	170	449	162	430	146	380
15	MÁXIMO	275	712	270	702	260	686	237	620	210	560	205	528
	MÍNIMO	166	432	177	468	187	492	167	442	158	420	142	370
16	MÁXIMO	277	715	270	703	259	684	234	615	206	554	200	520
	MÍNIMO	167	435	177	469	185	489	164	434	154	410	138	360

Continuação

LATITUDE NORTE		M E S E S											
GRAUS	AMBITOS	JANEIRO		FEVEREIRO		MARÇO		ABRIL		MAIO		JUNHO	
		VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL
17	MÁXIMO	196	525	224	600	253	668	272	706	280	720	278	724
	MÍNIMO	149	390	155	420	177	466	175	454	194	529	143	369
18	MÁXIMO	192	515	220	590	250	664	272	705	282	723	280	728
	MÍNIMO	144	380	150	410	174	459	174	452	194	530	145	375
19	MÁXIMO	188	505	216	580	248	656	271	704	283	727	282	732
	MÍNIMO	139	370	145	400	171	453	172	450	194	532	146	380
20	MÁXIMO	183	500	213	575	246	652	271	703	284	730	284	738
	MÍNIMO	134	360	140	390	168	440	170	447	194	532	148	383
21	MÁXIMO	178	490	210	570	224	648	270	702	285	732	285	742
	MÍNIMO	129	350	136	380	165	430	169	443	194	532	150	388
22	MÁXIMO	174	480	206	560	241	644	270	701	286	734	286	747
	MÍNIMO	123	335	132	370	162	426	167	440	193	530	152	392
23	MÁXIMO	170	470	203	555	239	630	269	700	287	736	288	750
	MÍNIMO	118	320	128	355	159	418	166	438	192	528	153	398
24	MÁXIMO	166	460	200	545	236	625	268	697	288	738	290	753
	MÍNIMO	111	310	123	340	156	410	164	433	191	525	155	403
25	MÁXIMO	160	450	196	540	234	620	267	693	288	740	291	757
	MÍNIMO	105	295	119	325	153	400	162	429	190	522	156	406

LATITUDE NORTE		M E S E S											
GRAUS	AMBITOS	JANEIRO		FEVEREIRO		MARÇO		ABRIL		MAIO		JUNHO	
		VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL
26	MÁXIMO	156	440	192	530	230	615	266	690	288	741	292	760
	MÍNIMO	99	280	114	310	149	390	160	425	189	518	158	409
27	MÁXIMO	150	430	188	520	228	608	265	687	289	742	293	762
	MÍNIMO	93	265	110	300	146	380	158	420	188	512	159	412
28	MÁXIMO	146	420	184	510	224	603	264	683	289	743	294	764
	MÍNIMO	87	250	106	290	142	373	156	415	187	506	161	416
29	MÁXIMO	141	410	180	500	222	595	262	680	290	744	295	766
	MÍNIMO	81	230	100	280	138	368	153	410	186	498	162	422
30	MÁXIMO	136	400	176	490	218	587	261	675	290	744	296	768
	MÍNIMO	76	220	96	260	134	362	151	405	184	490	163	425
31	MÁXIMO	130	390	173	480	215	580	260	669	290	744	296	770
	MÍNIMO	68	200	92	250	130	350	149	400	183	482	164	428
32	MÁXIMO	126	380	169	470	212	570	258	663	290	744	296	772
	MÍNIMO	63	180	87	240	126	340	146	395	181	476	166	431

(1) Calculada dos dados do: US Weater Bureau

(3) "Visível" para radiações de 4.000 Å a 7.000 Å que penetram uma superfície de água em repouso

(5) Os "máximos" são valores que não se excedem normalmente

(2) Langleys = uma caloria grama por cm²

(4) "Total" para radiações de todo comprimento de onda do espectro solar

(6) Os "mínimos" se baseam nos valores mais baixos, ou extrapolados, para o mês e latitude indicados, em 10 anos de observações

INSOLAÇÃO⁽¹⁾

VALORES MÉDIOS PROVÁVEIS, DIRETOS E DIFUSOS, SOBRE UMA SUPERFÍCIE HORIZONTAL
AO NÍVEL DO MAR, EM LANGLEY POR DIA⁽²⁾, EM FUNÇÃO DA LATITUDE E DO MÊS

LATITUDE NORTE		M E S E S											
GRAUS	AMBITOS	JULHO		AGOSTO		SETEMBRO		OUTUBRO		NOVEMBRO		DEZEMBRO	
		VISIV. ³	TOT. ⁴	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL
0	MAX. (5)	238	630	252	666	269	690	265	694	256	683	253	667
	MIN. (6)	137	369	567	432	207	533	203	530	202	543	595	527
1	MÁXIMO	241	638	254	670	269	692	264	691	254	675	251	656
	MÍNIMO	139	370	168	438	207	532	202	527	200	534	193	516
2	MÁXIMO	244	646	255	673	269	693	262	688	251	666	249	646
	MÍNIMO	141	375	169	442	206	531	200	523	198	525	189	505
3	MÁXIMO	247	652	256	676	269	694	261	684	248	658	246	636
	MÍNIMO	144	360	170	444	205	530	198	519	196	518	186	493
4	MÁXIMO	250	657	258	678	269	695	260	680	246	650	244	626
	MÍNIMO	146	285	171	448	204	529	196	513	194	510	163	480
5	MÁXIMO	252	663	260	680	269	696	258	675	243	642	240	620
	MÍNIMO	148	390	172	450	203	527	194	507	190	502	180	470
6	MÁXIMO	255	669	261	683	269	697	256	670	240	634	238	610
	MÍNIMO	150	395	172	452	202	524	191	500	188	494	176	480
7	MÁXIMO	258	676	262	685	268	697	254	665	237	624	236	600
	MÍNIMO	152	400	173	454	201	521	189	494	185	486	173	450

Continuação

LATTITUDE NORIE		M E S E S											
GRAUS	AMBITOS	JULHO		AGOSTO		SETEMBRO		OUTUBRO		NOVEMBRO		DEZEMBRO	
		VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL
8	MÁXIMO	260	680	263	696	267	695	252	600	234	616	231	590
	MÍNIMO	154	205	174	456	200	518	186	486	182	473	169	440
9	MÁXIMO	262	685	264	690	267	694	250	655	231	608	228	580
	MÍNIMO	156	410	175	458	198	514	184	480	179	470	166	430
10	MÁXIMO	265	690	266	693	266	693	248	650	228	600	225	570
	MÍNIMO	158	414	176	460	196	510	181	474	176	462	162	420
11	MÁXIMO	267	695	266	695	265	692	246	645	224	594	221	560
	MÍNIMO	160	416	178	462	195	508	179	468	172	454	158	410
12	MÁXIMO	269	700	267	697	264	691	244	640	221	585	217	550
	MÍNIMO	161	421	176	464	193	502	178	462	169	446	154	400
13	MÁXIMO	271	704	268	299	263	690	242	634	218	575	213	544
	MÍNIMO	163	424	176	466	191	499	173	457	166	438	150	390
14	MÁXIMO	273	708	269	700	282	688	240	627	214	567	209	536
	MÍNIMO	164	429	177	467	189	496	170	449	162	430	146	380
15	MÁXIMO	275	712	270	702	260	686	237	620	210	560	205	528
	MÍNIMO	166	432	177	468	187	492	167	442	158	420	142	370
16	MÁXIMO	277	715	270	703	259	684	234	615	206	554	200	520
	MÍNIMO	167	435	177	469	185	489	164	434	154	410	138	360

LATITUDE NORTE		M E S E S											
GRAUS	AMBITOS	JULHO		AGOSTO		SETEMBRO		OUTUBRO		NOVEMBRO		DEZEMBRO	
		VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL
17	MÁXIMO	278	718	271	704	257	682	232	610	202	546	196	510
	MÍNIMO	168	437	177	470	183	484	161	426	150	400	134	350
18	MÁXIMO	280	723	272	705	256	680	229	605	198	538	192	500
	MÍNIMO	170	442	177	471	180	479	157	418	146	390	129	340
19	MÁXIMO	281	726	272	706	254	678	226	600	194	530	187	490
	MÍNIMO	171	447	177	471	178	473	154	410	142	380	125	330
20	MÁXIMO	282	729	272	706	252	674	224	596	190	520	182	480
	MÍNIMO	172	450	177	472	176	467	150	400	138	370	120	320
21	MÁXIMO	284	732	272	707	250	671	221	589	186	510	177	470
	MÍNIMO	172	452	176	472	173	461	147	390	133	360	115	310
22	MÁXIMO	285	736	273	707	248	688	218	282	163	500	172	460
	MÍNIMO	173	454	176	472	170	455	143	380	128	350	110	300
23	MÁXIMO	286	739	273	708	246	663	215	576	179	490	161	450
	MÍNIMO	175	456	175	472	168	449	140	370	124	339	106	290
24	MÁXIMO	287	742	273	708	244	659	212	568	175	480	161	440
	MÍNIMO	176	459	174	471	165	443	136	360	119	326	101	228
25	MÁXIMO	287	746	273	707	243	656	208	560	171	470	156	430
	MÍNIMO	177	461	173	470	163	436	132	344	114	513	96	270

LATITUDE NORTE		M E S E S											
GRAUS	AMBITOS	JULHO		AGOSTO		SETEMBRO		OUTUBRO		NOVEMBRO		DEZEMBRO	
		VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL	VISÍVEL	TOTAL
26	MÁXIMO	288	749	273	706	240	652	205	552	166	460	149	420
	MÍNIMO	177	463	172	469	160	429	128	332	109	300	90	260
27	MÁXIMO	288	752	272	705	238	646	202	543	162	450	144	410
	MÍNIMO	177	465	170	468	157	423	124	320	104	269	86	247
28	MÁXIMO	288	155	272	704	236	635	199	537	157	440	138	400
	MÍNIMO	178	467	169	466	154	415	120	310	99	276	80	236
29	MÁXIMO	289	757	272	703	234	630	196	531	153	430	132	390
	MÍNIMO	178	468	168	464	150	407	116	300	95	267	76	223
30	MÁXIMO	289	759	271	702	231	625	192	524	148	420	126	380
	MÍNIMO	178	469	166	462	147	399	113	290	90	256	70	210
31	MÁXIMO	289	760	270	701	228	620	189	217	143	410	120	370
	MÍNIMO	179	471	164	462	144	393	108	280	84	246	65	192
32	MÁXIMO	289	771	269	700	226	613	185	510	138	400	114	360
	MÍNIMO	178	472	163	458	140	386	104	270	80	224	60	184
33	MÁXIMO	289	762	262	699	224	607	182	500	173	390	107	350
	MÍNIMO	178	472	161	452	137	371	100	260	76	213	54	169

Correções: Correções aproximadas para altitudes até 3.048 m.

a) Radiação total - Total (1+0,0607 EI m)

b) Radiação visível - Visível (1+0,0303 EI m)

Correção para nuvens - $\text{Min} + [(\text{Max} - \text{Min}) \text{CI}]$

Símbolos: EI m = altitude em mil metros

CI = fração do tempo decorrido

ANEXO 2

Dados Meteorológicos da Estação do CNP-Algodão -
EMBRAPA - Em Campina Grande - Paraíba.

Março de 1977 a Março de 1978.

EMBRAPA

DADOS METEOROLÓGICOS DA ESTAÇÃO DO CNP-ALGODÃO EM CAMPINA GRANDE - PB

.32

MES DE MARÇO/1977

DIAS	PRESSÃO MÉDIA A 100 M/A	TEMPERATURA DO AR °C			UMIDADE RELAT. MÉDIA DO AR %	EVAP. (mm)	INSOLAÇÃO HORAS	VENTO A 10m		NEBLU SIDADE MÉDIA	PRECIPITA ÇÃO PLU VIOMÉT.
		MAX	MIN	MÉDIA				DIREÇÃO PRDOMI.	VELOC. (m/s)		
1	949,8	30,6	20,0	25,3	68,7	8,0	11,1	SE	2,8	5,3	0,0
2	949,8	30,5	20,0	25,2	69,0	8,9	10,4	E	3,7	6,1	0,0
3	949,2	30,6	22,1	26,1	69,0	8,7	9,1	E	3,0	9,3	0,0
4	951,3	28,6	21,8	23,7	83,7	0,2	4,7	E	3,2	8,7	7,8
5	951,2	28,6	21,8	24,5	72,0	5,3	6,9	E	3,7	4,3	0,0
6	952,5	29,7	22,8	25,2	70,3	7,3	9,7	E	3,2	8,3	0,0
7	952,7	30,7	22,9	25,6	70,3	8,5	8,5	E	3,5	5,7	0,2
8	952,5	29,8	22,1	25,3	71,0	8,5	8,7	E	4,6	7,7	0,0
9	952,1	30,5	22,2	24,9	74,3	8,2	6,4	E	3,4	7,0	0,0
10	951,1	30,2	22,1	25,3	74,7	8,7	8,3	E	4,3	7,0	0,0
1ª DEC.	951,2	29,9	21,8	25,2	72,3	8,0	-	E	3,5	-	8,0
11	950,6	30,3	22,7	25,8	66,7	9,7	9,0	E	4,7	7,3	0,2
12	949,8	29,8	21,6	25,5	60,0	9,7	7,5	E	4,6	4,7	0,0
13	949,6	30,0	21,3	25,7	67,0	9,5	7,6	NE	4,3	6,3	0,0
14	950,2	27,5	20,7	24,6	74,0	-	5,5	E	2,8	8,7	7,5
15	951,2	27,6	22,9	25,7	69,7	6,1	3,5	E	4,0	8,7	0,0
16	950,0	31,3	21,4	26,2	69,3	8,7	10,3	E	3,4	7,3	0,0
17	949,8	30,4	21,2	25,0	72,0	8,9	7,1	E	4,7	8,0	0,0
18	947,9	30,6	23,5	25,9	72,7	5,3	9,0	E	2,8	6,3	1,3
19	947,9	31,2	21,8	26,8	68,3	7,2	8,8	E	3,6	6,7	0,0
20	949,1	28,5	22,4	25,0	75,4	9,2	4,8	E	3,1	8,7	0,0
2ª DEC.	949,5	29,7	21,9	25,7	70,8	8,3	-	E	3,8	-	9,0
21	948,4	29,6	21,2	25,4	75,7	4,9	9,1	E	3,4	7,3	13,2
22	948,8	31,1	21,4	26,1	68,3	6,1	9,0	E	2,8	8,0	0,1
23	948,2	30,6	21,9	25,8	65,3	7,9	9,2	E	3,9	4,1	0,0
24	950,1	30,9	20,6	25,7	67,3	10,0	10,4	E	3,3	5,1	0,0
25	950,6	30,9	20,7	25,7	66,3	10,0	8,9	SE	3,0	5,1	0,0
26	950,2	25,1	21,2	23,8	84,7	9,7	0,0	E	2,5	9,3	0,0
27	949,5	29,6	21,2	25,1	72,3	2,6	6,7	E	3,0	6,3	2,3
28	949,2	29,8	21,2	25,0	77,0	5,6	6,1	E	5,8	9,1	0,4
29	948,1	30,6	21,2	24,9	78,0	4,8	6,3	E	4,7	9,3	0,3
30	947,9	27,6	21,5	24,2	82,7	5,4	6,7	NE	3,0	6,0	1,6
31	947,3	29,8	19,9	25,6	70,0	4,6	9,5	E	3,0	6,0	0,1
3ª DEC.	948,9	29,6	21,1	25,3	73,2	6,5	-	E	3,5	-	18,0
TOT.	-	-	-	-	-	234,5	244,4	-	-	-	35
MED.	950,0	29,7	21,0	25,4	72,1	7,6	7,9	-	3,6	-	-
MAX.	952,7	31,3	22,9	26,8	83,7	10,0	11,1	-	5,8	9,3	-
MIN.	947,3	25,1	19,9	23,7	63,3	2,6	0,6	-	2,8	4,3	-

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

EMBRAPIA

.29

DADOS METEOROLÓGICOS DA ESTAÇÃO DO CNP-ALGODÃO EM CAMPINA GRANDE - PB

MES DE ABRIL DE 1977

DIAS	PRESSÃO MÉDIA A 9C M/B	TEMPERATURA DO AR °C			UMIDADE RELAT. MÉDIA DO AR %	EVAP. (mm)	INSOLAÇÃO HORAS	VENTO A 10m		NEBULO SIDADE MÉDIA	PRECIPITA ÇÃO PLU VIOMÉT.
		MAX	MIN	MÉDIA				DIREÇÃO DIR. (gr)	VELOC. (m/s)		
1	949,8	27,7	21,5	22,8	79,3	2,3	4,7	E	7,0	9,3	2,3
2	950,0	26,7	23,7	25,3	72,3	2,6	5,5	NE	7,7	9,0	26,2
3	948,5	24,5	21,1	22,6	81,0	3,4	1,2	E	10,0	9,0	2,0
4	948,0	24,5	22,3	24,9	76,0	3,2	5,4	E	9,3	2,0	0,2
5	950,3	29,9	23,8	25,7	71,7	3,3	6,9	SE	5,7	9,3	0,0
6	952,7	29,7	21,5	23,2	79,9	3,5	8,3	E	5,3	8,0	5,3
7	951,5	27,7	22,3	24,5	76,7	2,9	4,6	E	6,0	6,6	74,3
8	950,1	27,7	23,3	25,1	72,0	2,9	9,0	SE	5,7	5,0	0,1
9	950,7	28,1	22,9	25,2	75,7	4,7	7,7	E	6,7	3,6	0,0
10	951,9	28,3	23,0	25,3	75,3	4,3	8,6	E	6,0	6,7	12,9
1ª DEC.	950,3	27,6	22,4	24,7	78,1	33,1	62,1	E	7,2	7,8	121,3
11	951,6	27,7	22,6	25,1	80,0	3,8	6,7	E	8,3	8,0	0,1
12	950,7	26,7	22,0	24,3	82,0	2,8	3,5	E	5,3	9,0	8,4
13	950,7	27,0	22,6	24,9	79,7	1,9	6,4	E	5,7	6,0	2,4
14	951,0	26,1	22,3	24,1	85,7	3,5	3,0	E	7,3	9,0	1,1
15	951,1	28,3	21,2	24,5	81,7	2,4	7,0	E	7,3	9,0	4,8
16	950,3	26,8	22,3	24,1	78,7	2,2	8,6	E	9,0	6,0	3,2
17	948,9	21,5	22,1	21,7	83,7	6,2	3,9	E	9,7	8,6	0,2
18	947,7	27,7	22,5	24,6	81,0	3,4	9,7	E	4,7	8,3	0,2
19	948,2	28,1	22,0	25,4	72,0	4,6	9,6	E	4,7	7,6	0,1
20	948,9	26,7	22,3	23,7	86,3	5,2	3,8	E	8,7	9,3	2,3
2ª DEC.	949,9	26,6	22,5	24,3	81,5	36,0	62,2	E	7,0	7,9	22,8
21	949,0	27,0	22,9	24,9	75,7	2,1	9,8	E	8,3	7,7	0,1
22	949,0	28,0	22,6	25,1	89,0	5,9	9,8	E	5,0	8,3	0,1
23	949,3	27,9	22,7	25,0	73,3	8,5	9,0	E	8,7	5,0	0,0
24	948,4	26,3	25,0	26,0	75,3	2,8	9,1	E	5,7	8,3	0,0
25	949,2	27,3	22,9	24,9	89,3	3,4	8,4	E	6,3	8,0	22,5
26	949,1	28,2	22,7	25,3	70,0	4,1	7,6	E	4,0	9,3	8,9
27	949,2	28,0	22,5	23,6	82,7	2,9	3,0	E	9,0	9,7	5,9
28	949,6	28,0	23,2	24,1	89,0	1,2	2,8	S	5,3	9,7	41,2
29	949,4	27,7	22,9	24,3	87,3	0,3	3,0	E	7,0	9,0	2,0
30	950,1	26,1	20,0	21,0	88,7	2,3	3,3	E	5,7	9,0	9,3
3ª DEC.	949,4	27,4	22,5	24,6	81,7	33,6	64,8	E	6,5	8,4	90,5
TOT.	-	-	-	-	-	102,7	189,0	-	-	-	234,6
MED.	949,9	27,7	22,5	24,5	80,4	3,4	6,3	E	6,9	8,0	7,82
MAX.	952,7	29,7	23,4	25,4	89,3	8,5	9,8	-	10,0	9,7	74,3
MIN.	948,4	23,5	21,0	22,6	72,0	0,3	1,2	-	4,7	3,6	0,0

EMBRAPA

.30

DADOS METEOROLÓGICOS DA ESTAÇÃO DO CNP-ALGODÃO EM CAMPINA GRANDE - PB

MES DE MAIO DE 1977

DIAS	PRESSÃO MÉDIA A 90 M/D	TEMPERATURA DO AR °C			UMIDADE RELATIVA MÉDIA DO AR %	EVAP. (mm)	IRRADIÇÃO HORAS	VENTO A 10m		DIREÇÃO PREV. (S)	VELOC. (m/s)	DIREÇÃO SÍMB. MÉDIA	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉT.
		MAX	MIN	MÉDIA									
1	951,1	25,6	20,3	22,7	89,0	1,1	6,2	S	3,0	8,7	12,0		
2	950,9	26,1	21,9	24,2	86,7	1,8	3,9	E	8,3	8,0	5,6		
3	952,0	23,1	21,9	22,5	94,3	2,0	1,9	SE	6,3	9,7	22,8		
4	951,1	26,3	22,3	24,0	82,0	0,9	5,6	S	6,0	8,7	5,1		
5	949,7	26,5	22,8	24,1	79,0	5,1	4,7	S	5,7	7,3	0,4		
6	951,2	26,1	22,2	24,1	75,0	7,0	4,6	S	4,7	6,7	0,0		
7	952,3	23,9	22,0	23,0	81,7	4,4	8,0	E	5,3	7,7	0,0		
8	951,7	25,3	22,3	23,6	85,3	2,7	5,1	SE	6,0	6,3	1,9		
9	951,4	23,1	21,6	22,3	91,0	2,0	3,5	S	6,3	9,0	0,2		
10	950,8	23,1	21,5	24,1	90,7	1,7	0,8	E	8,3	9,7	5,0		
10 DEC.	951,2	25,2	21,9	23,5	85,5	23,7	44,2	S	6,0	8,2	53,1		
11	951,0	26,5	22,4	24,0	84,0	0,6	7,8	E	8,7	7,7	19,0		
12	950,5	26,7	21,7	24,0	76,3	2,9	8,5	E	6,3	4,3	0,2		
13	950,0	26,4	22,5	24,0	80,3	3,4	7,8	E	4,3	8,3	0,0		
14	950,7	26,7	22,2	24,0	87,0	3,0	7,6	E	6,3	8,0	0,0		
15	950,9	22,4	21,3	21,9	94,0	3,8	2,4	E	5,3	9,7	1,8		
16	950,5	25,9	22,0	24,1	89,3	1,5	7,0	E	5,0	5,3	1,1		
17	949,8	23,8	22,0	22,7	91,7	3,6	2,0	E	4,3	7,0	0,1		
18	950,2	20,9	22,7	24,4	79,7	1,1	8,2	E	4,3	5,7	2,9		
19	951,4	26,1	22,2	24,0	80,0	3,5	7,4	E	2,7	5,7	0,0		
20	951,7	25,3	21,9	23,5	81,0	3,7	8,8	S	5,5	4,3	0,0		
20 DEC.	950,7	25,7	22,1	23,7	82,9	27,1	67,5	E	5,3	6,6	25,1		
21	951,1	25,2	21,8	23,3	82,7	2,0	5,8	S	8,0	7,3	3,6		
22	952,0	25,9	21,9	23,3	78,7	2,3	5,0	SE	5,3	5,7	0,0		
23	952,0	24,7	21,9	23,1	85,0	4,2	4,8	E	7,3	9,0	0,0		
24	953,0	27,1	21,8	24,1	76,7	3,4	9,2	E	7,0	4,3	0,0		
25	952,2	21,9	21,5	23,5	89,7	6,3	7,3	E	4,3	5,3	0,0		
26	951,5	26,4	22,0	23,9	77,0	3,2	7,0	E	7,0	6,7	0,0		
27	951,0	23,9	21,3	22,9	84,0	3,8	2,9	E	6,3	8,7	0,0		
28	951,5	24,7	21,2	22,1	77,7	3,3	6,4	E	5,3	7,7	4,1		
29	951,3	26,2	22,3	23,8	79,7	4,9	6,8	E	3,0	7,7	0,0		
30	949,2	27,0	22,1	23,9	78,7	2,9	8,8	S	5,7	7,0	3,6		
31	949,9	27,5	22,1	24,3	76,3	2,8	8,8	E	6,0	5,3	0,0		
31 DEC.	951,5	25,9	21,8	23,6	79,8	39,1	72,8	E	5,9	6,8	11,5		
TOT.	-	-	-	-	-	89,9	184,5	-	-	-	89,7		
MED.	951,1	25,6	21,9	23,6	82,7	2,9	6,0	E	5,7	7,2	2,9		
MAX.	953,0	27,5	22,8	24,3	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	0,0		

UFPA / BIBLIOTECA / PAI

EMBRAPA

.31

DADOS METEOROLÓGICOS DA ESTAÇÃO DO CNP-ALGODÃO TR. CAMPINA GRANDE - PB

MES DE JUNIO DE 1977

DIAS	PRESSÃO MÉDIA A 100 M/B	TEMPERATURA DO AR °C			UMIDADE RELAT. MÉDIA DO DIA	EVAP. (mm)	INSOLAÇÃO HORAS	VENTO A 10m		MÁXIMO SÓDIO MÉDIA	PRECIPITA ÇÃO EM MÍMET.
		MAX	MIN	MÉDIA				DIREÇÃO PRINCIPAL	VELOC. (m/s)		
1	951,6	25,7	21,5	21,4	83,0	3,5	4,5	E	10,0	7,7	0,0
2	951,8	24,6	22,1	21,3	83,3	2,4	8,6	NE	8,0	7,3	0,1
3	952,0	22,1	20,8	21,3	91,3	4,0	0,7	E	3,3	9,0	5,0
4	951,5	22,7	20,6	21,5	93,7	0,9	3,0	E	7,7	9,3	1,3
5	951,7	22,0	22,0	22,3	90,0	1,6	1,1	E	5,3	7,0	3,4
6	951,5	25,5	22,0	21,4	81,0	1,3	8,8	SE	3,7	7,3	2,3
7	950,9	25,5	22,1	23,7	81,7	3,3	5,5	E	9,3	7,3	0,0
8	951,8	23,3	21,5	22,4	80,7	2,0	2,9	E	6,0	9,0	1,1
9	951,8	23,0	20,0	22,3	88,7	1,3	4,8	E	5,3	9,0	4,5
10	951,4	25,1	20,5	22,2	87,0	1,4	4,1	SE	6,0	9,0	4,5
1 ^a DEC.	951,6	24,0	21,4	22,6	87,7	21,7	44,1	E	6,5	8,2	22,2
11	952,3	20,2	21,3	22,8	88,0	1,4	7,6	E	5,0	5,7	9,1
12	953,8	25,3	21,9	23,1	83,0	2,6	8,3	E	6,0	7,3	0,0
13	953,0	26,2	21,3	23,1	80,3	4,5	8,6	SE	6,3	6,3	0,0
14	952,4	21,9	21,9	22,8	81,3	3,7	4,9	S	6,7	8,0	0,3
15	952,3	23,7	21,7	22,9	82,7	2,8	3,9	NE	8,3	8,0	0,1
16	952,0	25,4	21,3	22,3	81,0	3,5	0,0	E	5,0	8,7	0,0
17	952,8	23,3	21,1	22,3	85,7	3,7	2,8	E	6,3	9,7	0,4
18	953,5	21,7	19,5	20,6	85,7	2,1	0,0	E	4,7	10,0	5,8
19	952,9	21,7	20,9	22,3	85,0	0,4	2,8	S	2,7	8,7	3,3
20	952,0	21,4	20,2	20,5	91,3	2,7	0,0	SE	4,0	10,0	0,7
20 ^a DEC.	952,7	24,0	21,0	22,4	85,1	27,4	38,9	E	5,5	8,2	19,7
21	952,0	21,3	20,7	22,0	87,7	0,8	4,6	E	4,0	6,3	8,9
22	953,5	22,3	20,9	21,6	92,3	2,5	3,1	E	4,3	8,3	6,9
23	953,4	22,1	19,0	21,0	95,3	1,7	1,1	S	6,7	10,0	4,9
24	953,9	25,2	20,3	22,4	82,0	1,1	3,9	S	8,3	7,0	25,3
25	952,6	21,5	21,0	22,0	81,3	4,5	1,5	E	3,0	8,7	0,2
26	953,0	26,4	20,9	22,0	82,0	1,7	7,7	S	6,3	6,7	0,0
27	952,7	23,5	20,6	22,0	88,7	2,8	6,2	SE	6,7	8,7	1,7
28	952,7	22,1	20,1	20,9	91,0	2,3	1,4	SE	6,3	10,0	13,5
29	952,3	25,1	19,7	21,6	87,3	1,3	1,0	S	5,3	9,3	13,2
30	952,8	21,6	20,3	20,7	93,3	2,9	0,5	S	4,7	10,0	2,9
30 ^a DEC.	952,9	23,5	20,5	21,7	88,1	21,6	31,0	S	5,6	8,7	78,5
TOT.	-	-	-	-	-	70,7	114,0	-	-	-	120,4
MED.	952,4	23,6	21,0	22,2	87,0	2,4	3,8	E	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	19,7	20,7	80,3	0,4	0,0	-	2,7	5,7	0,0

EMBRAPA

8.1 - DADOS METEOROLÓGICOS DA ESTAÇÃO DO CNP-ALGODÃO EM CAMPINA GRANDE - PB

32

MES DE JULHO/1977

DIAS	PRESSÃO MÉDIA A 0C X/H	TEMPERATURA DO AR OC			UMIDADE RELAT. MÉDIA DO AR %	EVAP. (mm)	INSOLAÇÃO HORAS	VENTO A 10m		NEBULO SIDADE MÉDIA	PRECIPITA ÇÃO PLU VIOMÉT.
		MAX	MIN	MÉDIA				DIREÇÃO PREVAIL.	VELOC. (m/s)		
1	953.7	22.7	16.9	20.3	89	1.0	2.6	E	3.3	9.0	1.1
2	953.0	23.8	17.4	21.0	86	1.8	5.1	SE	4.3	8.3	0.4
3	952.5	25.7	18.0	21.3	86	1.0	7.0	SE	6.7	8.3	5.7
4	952.9	21.1	16.5	20.9	86	2.8	0.0	E	8.7	10.0	7.4
5	953.2	22.5	16.6	21.0	90	0.6	2.0	S	8.0	9.7	17.6
6	952.7	22.3	18.7	20.5	91	2.0	0.3	SE	7.0	8.7	6.3
7	953.1	23.4	18.0	21.0	95	1.1	0.8	SE	8.3	9.0	5.2
8	953.2	24.6	18.4	21.2	90	0.6	4.0	E	3.3	6.3	9.9
9	953.3	25.4	18.0	22.3	87	3.5	6.6	E	7.3	7.7	0.5
10	953.5	23.2	19.2	20.4	93	2.1	1.8	E	6.3	9.7	17.9
1ª DEC.	953.1	23.6	18.5	21.0	91	1.9	3.1	E	6.3	8.7	7.2
11	953.1	24.5	18.0	21.2	82	1.2	3.6	S	7.0	5.7	16.4
12	952.1	24.0	16.8	21.4	84	4.0	9.2	SE	6.3	5.0	0.0
13	952.0	25.1	17.5	21.7	82	2.5	5.9	SE	6.0	6.0	0.0
14	951.2	23.4	17.9	21.2	81	4.6	2.5	S	4.7	9.7	0.0
15	951.7	20.9	17.8	19.9	96	1.2	0.0	S	6.3	10.0	10.9
16	953.9	22.7	18.4	19.8	96	0.5	0.5	E	7.0	8.3	11.6
17	954.0	23.1	17.3	20.9	95	1.3	1.2	E	6.3	7.3	10.0
18	952.8	25.0	18.5	20.5	96	0.5	5.7	E	5.7	10.0	10.8
19	953.6	26.0	18.9	22.5	79	2.8	9.8	S	3.7	4.3	0.4
20	954.0	24.6	18.8	21.0	87	4.3	7.7	S	5.0	8.0	0.0
2ª DEC.	952.8	23.9	18.0	21.0	89	2.3	4.7	S	5.8	7.4	6.0
21	950.5	24.5	17.4	21.4	77	4.3	9.3	E	5.7	4.0	0.0
22	953.6	24.2	17.0	20.9	79	3.4	3.8	SE	4.0	9.0	0.7
23	952.9	23.3	17.1	21.0	87	1.8	3.3	S	4.0	9.0	3.8
24	953.9	22.8	18.9	20.5	90	1.9	0.3	E	3.7	10.0	7.8
25	953.7	22.2	18.5	20.0	85	0.4	0.1	SE	6.7	9.0	10.3
26	952.6	24.3	17.8	21.4	89	0.7	5.5	SE	4.3	5.7	4.3
27	953.9	22.9	19.0	20.0	94	2.5	1.2	E	5.0	7.3	2.0
28	955.1	25.6	17.6	22.0	83	1.9	8.0	E	3.3	8.7	1.0
29	952.8	21.7	17.9	22.5	81	3.8	6.5	S	5.3	9.3	0.0
30	953.2	21.7	17.7	19.7	86	2.9	0.0	E	1.7	10.0	13.1
31	953.0	22.0	17.2	20.4	92	0.7	1.5	S	7.0	8.7	11.5
3ª DEC.	953.2	23.4	17.8	20.9	87	2.2	3.6	E	4.7	8.2	5.4
TOT.	-	-	-	-	-	6.6	116.8	-	-	-	191.4
MED.	953.0	23.7	18.2	20.9	91	2.2	3.0	E	5.6	8.1	6.2
MAX.	955.1	26.0	19.2	22.5	96	4.6	9.8	-	8.7	10.0	17.9
MIN.	950.5	21.1	16.8	19.7	77	0.4	0.0	-	1.7	4.0	0.0

EMBRAPA

8.1- DADOS METEOROLÓGICOS DA ESTAÇÃO DO CIP-ALGODOÃO EM CAMPINA GRANDE - PB (Cont.)

MES DE AGOSTO/1977

DIAS	PRESSÃO MÉDIA A. C.C. M/C	TEMPERATURA DO AR OC			UMIDADE RELAT. MÉDIA M/C	EVAP. (mm)	INSOLAÇÃO HORAS	VENTO A 10m		NEBULO SIT. DE MÉDIA	PRECIPITA ÇÃO PLU VIOMÉT.
		MAX	MIN	MÉDIA				DIREÇÃO	VELOC. MÉDIA (m/s)		
1	954.1	23.7	19.7	21.4	81.7	1.2	6.6	S	8.0	5.3	0.7
2	953.5	24.7	19.7	21.4	82.7	2.1	6.6	S	9.7	8.0	2.0
3	952.5	23.9	19.9	21.4	75.0	3.4	9.4	S	4.7	4.3	0.0
4	951.7	24.9	21.7	22.2	82.7	3.2	9.1	E	7.0	8.3	0.0
5	952.8	22.7	19.9	21.2	87.7	3.7	5.4	E	7.7	6.3	0.0
6	952.7	24.8	19.1	21.6	80.0	1.9	5.8	S	6.3	5.0	14.6
7	952.3	24.2	20.3	21.0	78.3	2.5	7.1	SE	7.3	7.6	0.2
8	951.9	25.0	19.0	21.9	79.3	4.9	9.6	E	6.0	5.3	0.0
9	952.1	25.4	20.7	22.5	80.0	3.8	9.1	E	7.0	7.3	0.0
10	953.3	26.6	20.5	23.3	75.7	3.6	9.1	E	8.0	4.0	0.0
1ª DEC.	952.7	24.6	19.9	21.9	80.5	3.00	7.80	E	7.0	6.1	1.80
11	953.8	24.9	19.3	21.6	79.3	4.9	7.8	S	9.0	4.7	0.0
12	952.9	25.3	20.1	21.9	79.0	4.6	6.7	E	6.7	8.3	0.0
13	951.4	25.1	20.3	22.2	80.7	5.1	9.3	E	8.0	5.6	0.0
14	952.7	23.8	20.9	21.8	81.3	4.6	10.2	E	5.0	6.7	0.0
15	951.3	25.0	19.7	22.0	73.3	4.2	10.3	S	7.3	5.5	0.0
16	953.1	25.5	19.0	22.2	79.0	5.4	8.1	E	10.0	4.3	0.2
17	952.4	26.2	19.0	22.4	75.0	5.1	10.0	S	4.7	4.6	0.0
18	952.8	22.1	20.1	21.2	82.0	6.6	3.0	E	6.7	9.3	0.0
19	951.1	25.0	20.3	22.7	80.3	4.7	9.0	E	8.0	4.7	1.1
20	954.7	26.4	20.4	22.7	78.0	5.5	7.2	E	7.3	7.7	0.0
2ª DEC.	953.1	25.0	20.0	22.1	79.3	5.10	8.20	E	7.37	6.1	1.1
21	953.8	26.9	20.9	23.5	70.0	5.5	8.4	E	6.3	6.7	0.0
22	952.8	23.9	20.0	21.9	86.3	5.0	5.8	E	7.3	7.0	0.8
23	953.9	25.5	19.7	22.5	77.7	3.6	9.9	SE	7.7	6.3	2.1
24	954.7	26.7	20.9	23.4	72.0	5.8	10.2	SE	6.7	2.7	0.0
25	954.2	24.9	20.1	22.1	86.0	6.2	9.8	E	6.3	9.0	0.0
26	952.7	25.5	20.1	22.3	85.0	3.0	6.3	E	6.7	5.6	3.0
27	953.2	25.6	20.7	22.7	84.3	3.4	7.6	E	3.7	8.5	0.0
28	953.2	25.3	19.7	22.3	80.7	4.8	7.9	S	3.3	8.3	0.0
29	952.1	25.5	19.9	21.8	84.7	4.6	4.8	SE	8.3	7.0	7.0
30	952.5	21.8	19.7	20.9	91.0	2.4	3.5	SE	6.7	9.7	0.0
31	953.1	24.6	19.9	20.1	86.7	1.1	0.0	S	7.3	10.0	25.0
3ª DEC.	953.3	24.8	20.2	22.1	83.0	4.5	6.4	C	6.4	7.3	3.0
TOT.	-	-	-	-	-	130.5	231.0	-	-	-	62.0
MED.	953.0	24.9	20.0	22.0	80.9	4.1	8.02	E	7.1	6.5	2.0
MAX.	954.7	25.9	20.9	23.5	96.7	6.2	10.3	-	10.0	10.0	25.0
MIN.	951.4	20.6	19.9	20.1	70.0	1.1	0.0	-	3.3	2.7	0.0

EMBRAPA

8.1 - DADOS METEOROLÓGICOS NA ESTAÇÃO DO CNP-ALGODÃO EM CAMPINA GRANDE - PE

MES DE SETEMBRO/1977

DIAS	PRESSÃO MÉDIA A VC M/R	TEMPERATURA DO AR SC			UNIDADE RELAT. MÉDIA DO AR %	EVAP. (mm)	INSOLAÇÃO HORAS	VENTO A 10m		MÉDIA SUADE MÉDIA	PRECIPITA ÇÃO PLU VIOMÉT.
		MAX	MIN	MÉDIA				DIREÇÃO PREVAIL.	VELOC. (m/s)		
1	953,5	26,3	18,7	22,4	85	1,3	5,7	S	4,0	4,0	3,4
2	954,8	26,5	18,4	22,6	77	4,1	8,4	S	6,7	4,7	0,0
3	953,9	26,9	19,1	22,7	82	4,9	10,6	E	7,0	3,7	0,0
4	954,3	26,1	18,1	22,3	81	6,6	7,8	E	7,3	4,3	0,0
5	955,0	26,7	17,6	22,4	80	5,5	8,1	E	5,0	4,0	0,0
6	955,4	27,1	17,5	22,7	76	5,4	9,6	E	7,7	4,3	0,0
7	955,7	26,7	18,9	22,3	81	5,6	6,3	E	5,7	4,6	0,0
8	954,8	27,2	18,2	23,3	71	6,0	10,1	SE	9,7	3,3	0,0
9	954,9	26,6	17,8	22,8	80	5,9	7,8	SE	4,7	4,7	0,0
10	954,5	27,2	19,0	23,3	74	4,5	8,4	SE	7,7	5,7	0,0
1ª DEC.	954,7	26,7	18,3	22,7	79	5,0	8,3	E	6,6	4,3	0,3
11	953,6	27,6	19,1	23,4	73	5,0	9,3	SE	8,7	5,7	0,0
12	954,7	26,9	19,0	22,9	73	7,8	6,9	S	6,0	4,7	1,4
13	954,8	26,7	19,0	22,0	85	6,1	3,7	S	7,0	6,3	0,0
14	952,6	26,0	18,8	21,9	87	4,2	4,9	SE	6,0	9,3	5,0
15	953,7	25,8	19,0	21,8	87	3,7	2,4	S	7,3	9,7	8,0
16	953,3	23,5	19,0	20,5	97	2,5	1,1	E	7,3	6,7	6,4
17	952,5	24,7	18,8	21,0	95	2,4	3,0	E	8,0	10,0	1,1
18	951,8	24,7	18,7	21,5	95	1,0	3,8	E	5,3	7,0	70,9
19	952,0	25,8	19,2	22,7	79	2,6	8,9	E	5,0	6,4	0,0
20	952,2	26,6	19,4	22,8	82	5,2	8,6	E	9,0	6,3	0,0
2ª DEC.	952,3	25,8	19,0	22,1	86	4,0	5,3	E	7,0	7,2	9,3
21	952,1	25,7	19,3	22,5	86	4,7	6,4	E	9,0	9,0	0,0
22	952,2	26,7	19,5	22,7	88	3,1	5,9	E	7,7	9,0	0,0
23	951,9	26,3	19,8	22,7	85	5,5	6,5	S	4,3	7,6	0,3
24	952,5	27,1	19,5	23,1	93	5,4	8,1	E	8,0	6,3	0,0
25	952,4	27,2	19,4	23,4	86	5,4	9,9	E	9,7	6,3	0,0
26	951,4	26,7	19,7	23,3	84	5,3	9,3	E	8,0	8,3	0,0
27	950,9	27,4	19,8	23,4	80	6,2	8,9	E	7,0	4,7	0,0
28	951,1	26,8	19,6	22,9	79	6,2	5,8	E	8,0	4,3	0,0
29	950,7	27,9	18,5	22,3	81	4,9	4,2	E	5,3	5,3	0,0
30	950,9	28,1	18,8	23,4	74	6,0	9,6	E	8,0	3,3	0,0
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3ª DEC.	951,6	27,0	19,4	23,0	84	5,3	8,0	E	7,5	6,4	0,0
TOT.	-	-	-	-	-	142,5	216,0	-	-	-	96,0
MED.	952,9	26,5	18,9	22,6	83	4,8	7,2	E	7,0	6,0	32,0
MAX.	955,7	27,6	19,8	23,4	97	6,6	10,6	-	9,7	10,0	70,9
MIN.	950,7	23,5	17,5	10,5	71	1,0	1,1	-	4,0	3,3	0,0

EMBRAPA

DADOS METEOROLÓGICOS DA ESTAÇÃO DO CNP-ALGODOÃO EM CAMPINA GRANDE - PB

39

MESES DE OUTUBRO DE 1977

DIAS	PRESSÃO MÉDIA A 90 M/A	TEMPERATURA DO AR °C			UNIDADE RELAT. MÉDIA DO AR %	EVAP. (mm)	INSOLAÇÃO HORAS	VENTO A 10m		NEBLA SIDADE MÉDIA	PRECIPITA ÇÃO PLU VIOMÉT.
		MAX	MIN	MÉDIA				DIREÇÃO PREV. (°)	VELOC. (m/s)		
1	950.9	25.3	19.3	21.6	80	7.6	3.6	E	5.0	5.3	0.0
2	950.9	23.2	18.0	23.7	73	2.5	0.7	E	5.0	6.7	0.3
3	950.3	27.2	19.5	23.4	86	4.1	7.0	E	4.5	8.0	0.0
4	951.6	26.9	19.4	23.2	80	4.2	3.9	E	6.0	7.7	0.0
5	951.6	22.2	19.7	23.8	79	5.3	9.2	E	4.8	7.0	0.0
6	950.4	28.7	19.7	25.2	79	6.5	9.6	E	5.0	5.3	0.0
7	949.7	23.2	18.5	21.0	80	6.0	8.7	F	4.8	6.0	0.0
8	951.2	28.2	19.6	24.1	77	5.9	8.0	E	5.6	6.3	0.0
9	951.9	28.0	19.4	23.7	80	6.1	8.4	E	5.8	5.7	0.0
10	953.1	27.7	20.3	23.3	82	7.8	8.3	E	5.0	5.3	4.0
1ª DEC.	951.2	27.8	19.5	23.6	81	5.6	8.1	E	5.3	6.6	0.4
11	953.0	26.2	19.1	21.9	89	5.7	6.9	E	7.1	5.3	9.0
12	951.8	27.6	18.6	23.6	80	3.6	9.8	SE	5.0	5.3	0.0
13	952.9	28.0	19.4	23.7	79	5.0	8.9	E	5.8	6.3	1.4
14	952.6	26.7	18.6	21.7	78	6.8	6.7	E	5.5	6.7	0.0
15	952.5	29.0	19.0	24.3	81	3.8	6.7	E	5.6	8.0	0.0
16	952.9	28.2	19.5	24.0	87	4.3	6.7	E	4.8	8.0	0.0
17	954.1	25.6	19.8	22.4	93	2.6	3.3	E	6.5	9.0	3.8
18	953.6	28.0	19.8	24.7	82	2.6	2.4	E	7.3	8.3	0.0
19	954.2	28.7	19.9	24.1	80	5.1	9.6	E	6.6	6.7	0.3
20	953.7	28.2	19.5	24.1	81	7.6	9.6	E	6.8	8.0	0.0
2ª DEC.	953.1	27.6	19.3	23.6	83	4.7	7.8	E	6.2	7.2	1.5
21	952.9	28.7	19.4	24.2	84	6.3	8.9	SE	6.5	3.0	0.0
22	952.5	25.8	19.2	23.0	86	7.9	6.7	E	5.8	5.3	0.0
23	952.3	29.0	19.3	24.4	75	3.9	6.7	E	5.6	6.0	0.0
24	951.7	28.6	20.0	23.8	86	8.4	9.3	F	5.3	9.3	0.0
25	951.7	24.6	19.4	22.6	90	4.9	1.3	E	5.5	8.3	0.1
26	950.3	28.2	19.8	23.7	81	1.1	9.9	E	5.5	5.3	8.6
27	951.0	29.1	19.4	23.5	83	6.5	9.4	E	5.5	4.3	0.0
28	951.6	27.7	19.3	23.4	78	2.5	8.5	E	7.0	7.0	2.0
29	952.6	31.1	19.0	25.3	74	5.1	10.2	E	4.6	4.3	0.0
30	952.0	29.1	18.9	24.7	83	7.4	9.7	S	5.6	6.0	0.0
31	951.6	28.5	19.3	24.4	79	7.0	8.8	E	6.6	6.3	0.0
3ª DEC.	951.8	28.2	19.4	23.7	82	6.2	8.1	E	5.8	5.9	0.9
TOT.	-	-	-	-	-	16.5	80.0	-	-	-	27.5
MED.	952.0	27.9	19.4	23.6	82	5.5	8.0	E	5.8	6.6	9.2
MAX.	954.2	31.1	20.4	24.7	93	8.5	10.2	-	8.0	9.0	8.6
MIN.	949.7	24.6	18.6	21.5	73	1.1	1.3	-	4.5	3.0	0.0

EMBRAPA

DADOS METEOROLÓGICOS DA ESTAÇÃO DO CNP-ALGODÃO EM CAMPINA GRANDE - PB

40

MES DE NOVEMBRO DE 1977.

DIAS	PRESSÃO MÉDIA A 9C M/B	TEMPERATURA DO AR 9C			UMIDADE RELAT. MÉDIA DO AR %	EVAP. (mm)	INSOLAÇÃO HORAS	VENTO A 10m		NEBLA SIDADE MÉDIA	PRECIPITA ÇÃO PLU VIOMÉT.
		MAX	MIN	MÉDIA				DIREÇÃO PREDOM.	VELOC. (m/s)		
1	951.0	28.5	19.3	24.7	81	6.5	7.2	E	6.1	6.7	0.0
2	951.2	28.9	20.0	24.6	84	5.7	9.2	E	6.6	6.0	0.0
3	951.6	28.2	20.0	25.0	78	5.3	8.3	E	5.0	6.7	0.0
4	951.4	28.7	20.0	25.1	77	7.2	9.2	SE	4.8	6.0	0.0
5	949.7	28.5	20.2	25.0	78	6.3	9.3	E	6.6	7.7	0.0
6	949.1	28.3	19.7	25.1	76	6.0	9.4	E	6.1	5.7	0.0
7	949.4	28.7	20.2	25.4	85	9.4	5.0	E	6.6	9.0	0.0
8	950.2	28.7	20.6	24.6	78	6.0	9.9	E	6.6	6.0	0.0
9	951.5	29.5	20.0	24.9	75	8.8	10.0	E	6.3	5.7	0.0
10	951.4	29.0	19.0	24.0	77	9.5	10.2	SE	6.6	6.7	0.0
14 DEC.	950.7	28.9	20.2	24.7	79	7.1	8.8	E	6.1	6.8	0.0
11	951.2	29.6	20.0	25.1	79	7.5	9.4	SE	8.1	7.3	0.0
12	951.7	29.4	20.2	25.0	79	6.9	10.0	E	7.6	4.3	0.0
13	951.9	27.7	20.0	23.3	88	11.0	10.0	E	7.0	7.3	0.0
14	950.9	27.6	19.0	23.2	90	8.9	7.2	E	4.0	8.0	3.3
15	953.0	29.0	20.0	25.2	79	4.1	10.2	SE	7.8	9.3	0.0
16	952.8	29.6	19.0	25.0	74	7.0	10.2	E	6.5	3.7	0.0
17	951.6	29.5	19.0	25.1	78	9.5	9.5	E	5.9	6.3	0.0
18	950.6	29.7	20.0	25.0	78	7.0	9.1	E	6.6	7.0	0.0
19	952.5	29.2	20.0	24.7	80	6.4	8.3	E	6.1	7.3	1.5
20	951.3	28.8	20.0	24.4	80	5.0	8.3	E	4.6	7.7	0.1
24 DEC.	951.7	29.1	20.1	24.8	81	6.8	9.2	E	6.3	7.1	0.4
21	950.1	30.4	20.0	25.2	73	5.0	9.7	E	4.8	6.3	0.0
22	949.1	30.1	19.9	25.0	77	7.8	10.7	E	5.5	4.7	0.0
23	949.4	30.0	20.0	25.0	76	7.1	9.2	E	5.1	6.0	0.0
24	949.5	29.6	20.3	25.3	76	8.9	10.3	E	4.8	7.0	0.0
25	949.1	29.6	20.0	25.1	77	6.5	10.4	E	6.6	7.7	0.0
26	948.4	30.2	19.8	25.4	73	6.0	10.5	E	7.1	5.3	0.0
27	948.5	29.5	20.1	25.0	75	8.0	7.1	E	6.6	6.3	0.0
28	948.5	29.4	20.2	24.7	83	4.7	7.4	E	5.5	7.7	0.0
29	949.6	29.7	20.0	24.9	81	5.0	8.1	E	5.8	6.7	0.0
30	950.1	30.0	19.9	24.8	73	4.5	10.5	E	4.6	3.7	0.0
31											
35 DEC.	949.0	29.8	20.2	25.1	76	6.4	9.4	E	5.7	6.1	0.0
TOT.	-	-	-	-	-	20.3	27.4	-	-	-	4.4
MED.	950.5	29.3	20.2	24.9	79	10.1	9.1	-	6.3	6.7	1.5
MAX.	953.0	30.4	20.9	25.0	90	11.0	10.7	E	8.1	9.0	3.3
MIN.	946.4	27.6	19.7	23.3	73	4.1	5.0	-	4.0	3.7	0.0

EMBRAPA

DADOS METEOROLÓGICOS DA ESTAÇÃO DO CNP-ALCOÇÃO EM CAMPINA GRANDE - PB

41

MES DE DEZEMBRO DE 1977

DIAS	PRESSÃO MÉDIA A 9C M/B	TEMPERATURA DO AR 9C			UMIDADE RELAT. MÉDIA DO AR %	EVAP. (mm)	INSOLAÇÃO HORAS	VENTO A 10m		NEBULO SIDADE MÉDIA	PRECIPITA ÇÃO PLU VIOMÉTR.
		MAX	MIN	MÉDIA				DIREÇÃO PREV. (m/s)	VELOC. (m/s)		
1	951.3	29.8	19.7	25.2	81	10.0	8.9	E	5.3	5.3	0.2
2	952.0	27.9	19.7	24.3	79	7.1	9.6	E	4.5	4.7	0.0
3	952.0	30.0	20.1	26.3	77	6.3	9.7	E	3.1	4.0	0.0
4	951.4	30.7	19.8	25.7	77	10.7	10.3	E	5.3	4.0	0.0
5	950.4	30.7	20.0	25.0	74	9.8	9.1	SE	5.1	4.7	0.0
6	949.4	30.1	20.3	25.2	83	10.3	10.0	SE	5.0	6.3	0.0
7	949.6	29.6	19.9	24.9	74	8.0	5.6	E	5.3	5.3	0.0
8	951.0	30.1	19.9	25.2	82	8.1	7.5	E	4.8	6.7	0.0
9	951.7	30.5	20.6	25.8	82	7.9	7.4	E	5.1	7.0	0.4
10	949.7	30.3	21.2	25.8	79	6.0	6.0	E	4.3	4.0	0.7
14 DEC.	950.8	29.8	20.2	25.2	80	8.3	8.5	E	5.0	5.2	0.1
11	949.6	29.7	21.0	25.0	78	6.3	6.9	E	4.5	5.7	0.0
12	949.4	30.3	20.9	26.0	76	4.6	9.2	E	5.1	4.7	0.0
13	949.7	31.1	20.9	26.2	84	7.19	8.2	E	5.3	7.0	0.0
14	949.0	30.2	20.9	25.4	86	6.9	5.1	E	4.8	7.7	0.0
15	948.3	29.6	21.2	24.1	78	6.8	5.2	E	5.3	5.2	0.0
16	949.4	29.8	21.1	24.3	84	10.5	9.8	E	5.6	9.0	0.0
17	950.5	29.6	20.8	25.1	81	3.1	7.9	E	4.5	7.7	0.0
18	949.8	29.9	20.1	25.5	85	6.1	9.4	E	6.8	7.0	0.3
19	949.5	30.7	20.6	25.6	85	9.6	8.5	E	4.1	5.0	0.4
20	950.0	25.6	20.8	27.6	85	8.3	7.2	E	5.3	9.0	2.6
24 DEC.	949.5	29.4	20.8	25.2	83	7.0	6.3	E	5.4	6.9	0.3
21	952.1	29.9	21.2	25.0	80	1.5	8.6	E	4.5	5.7	5.0
22	952.0	30.0	21.2	25.4	86	6.8	8.0	E	5.8	6.7	0.1
23	951.0	30.4	20.6	25.4	80	8.6	9.6	E	6.5	5.0	0.0
24	949.5	31.2	20.6	26.5	80	6.7	10.8	NE	5.3	5.3	0.0
25	949.2	30.5	21.2	26.3	80	7.2	9.5	NE	5.1	5.0	0.0
26	950.3	30.0	21.4	25.0	84	8.8	9.4	NE	5.0	6.7	0.0
27	950.1	30.0	21.2	25.9	79	7.6	9.2	E	5.5	7.2	0.0
28	949.1	30.8	20.2	26.9	79	7.9	9.7	E	6.6	4.7	0.0
29	949.0	30.0	20.7	25.4	80	9.2	9.0	E	5.1	4.7	0.0
30	950.0	29.8	20.4	24.7	86	7.8	1.2	SE	5.8	8.3	0.0
31	950.0	29.2	21.2	25.1	87	6.9	3.5	E	4.5	8.0	0.0
33 DEC.	950.1	30.0	20.9	25.6	83	7.1	7.2	E	5.5	6.3	0.5
TOT.	-	-	-	-	-	22.4	22.0	-	-	-	9.8
MED.	950.1	29.7	20.6	25.3	80	7.5	7.3	-	5.3	6.1	3.3
MAX.	952.1	31.2	21.4	26.5	95	10.7	10.2	E	6.8	9.0	2.6
MIN.	948.3	25.6	20.0	22.1	74	1.5	0.0	-	2.1	4.0	0.0

EMBRAPA

B.1 - ANÁLISE DE REGRESSÃO DA PRODUÇÃO DE OVOS ALGODÃO EM CAMÉDIA UPLAND - 62

MESES DE JANEIRO DE 1978

ORDEN	MATERIAL APLICADO	ANÁLISE DE REGRESSÃO			R ² (%)	R _{ADJ} (%)	R _{ADJ} (ms)	R _{ADJ} (NORM)	R _{ADJ} (SE)	R _{ADJ} (E)	R _{ADJ} (S)	R _{ADJ} (V)
		MAX	MIN	AV								
1	950.4	29.6	21.0	25.5	65	8.0	9.1	E	5.3	6.3	0.0	
2	951.1	30.5	21.1	25.7	66	8.9	9.2	E	5.1	4.3	0.0	
3	952.9	29.1	20.2	24.5	63	9.4	10.0	E	5.3	4.7	0.0	
4	951.0	30.5	19.7	25.6	67	10.3	9.2	SE	5.0	5.0	0.0	
5	950.8	30.0	19.2	25.1	62	8.7	9.2	E	5.3	5.0	0.0	
6	950.4	31.6	20.6	26.2	67	7.5	8.4	E	5.0	5.7	0.0	
7	950.8	30.6	21.6	26.0	69	9.4	7.6	E	5.3	7.0	0.0	
8	950.5	31.1	21.3	26.0	74	7.4	9.6	E	6.1	5.0	0.0	
9	950.4	32.6	21.0	26.8	78	8.5	10.4	E	5.3	6.7	0.0	
10	949.4	30.6	21.4	25.9	73	9.4	8.6	E	5.6	6.7	0.0	
12	950.8	30.7	20.7	25.8	63	8.6	9.2	E	5.4	5.6	0.0	
11	950.5	30.8	20.8	25.8	69	7.5	8.9	NE	5.6	5.3	0.0	
12	949.5	31.6	21.1	26.2	70	7.4	4.0	E	5.7	7.7	0.1	
13	949.9	30.6	21.0	25.4	71	7.6	8.3	E	6.1	5.0	0.0	
14	949.9	30.1	20.5	25.9	62	8.8	8.2	E	5.0	5.7	0.0	
15	950.1	31.9	19.8	26.0	68	7.0	9.8	SE	4.0	7.7	0.0	
16	950.0	28.0	20.0	24.8	67	9.3	5.9	E	5.1	8.0	0.0	
17	951.4	30.4	20.5	25.7	60	6.7	9.9	E	6.8	4.3	1.4	
18	951.2	31.2	20.9	26.3	66	9.6	9.8	E	5.5	4.3	0.0	
19	952.9	29.1	20.9	25.7	70	9.6	8.2	E	7.6	6.0	0.0	
20	952.0	30.9	20.0	26.1	68	7.0	9.8	E	5.8	7.0	0.0	
22	950.9	30.5	20.4	25.6	69	8.1	8.2	E	5.7	6.1	1.5	
21	957.5	31.3	20.6	25.9	67	7.0	10.9	E	5.6	7.0	0.0	
22	952.6	30.8	20.4	25.9	68	9.6	9.3	E	5.0	4.0	0.0	
23	951.5	30.7	20.6	26.1	67	8.5	10.4	E	5.6	7.3	0.0	
24	950.4	30.7	20.8	25.4	72	9.1	8.6	E	6.6	8.3	0.0	
25	950.4	30.4	20.1	25.5	69	8.6	9.9	SE	5.1	4.3	0.0	
26	950.9	30.0	20.3	25.6	64	8.7	11.0	SE	5.3	7.3	0.0	
27	951.4	30.6	19.7	25.7	66	7.1	10.2	E	6.1	6.0	0.0	
28	951.1	29.5	20.8	26.2	78	10.8	8.6	E	6.1	7.0	0.0	
29	951.9	31.3	20.9	25.8	63	9.2	8.1	E	5.5	9.0	0.0	
30	951.1	30.8	21.3	26.0	69	9.1	8.6	E	6.1	8.7	0.0	
31	950.6	31.3	20.1	26.1	66	10.4	10.7	E	5.6	7.0	0.0	
32	951.1	30.5	20.4	25.8	62	9.7	9.7	E	5.7	6.7	0.0	
TOT.	-	-	-	-	-	26.4	27.1	-	-	-	1.5	
SEC.	950.9	30.6	20.5	25.7	71	8.8	9.0	-	5.6	6.1	0.5	
MAX.	952.9	32.6	21.1	26.8	68	10.8	11.0	-	7.6	9.0	1.4	
MIN.	949.4	28.0	19.7	24.7	62	6.7	4.0	-	5.0	4.0	0.0	

EMBRAPA

DADOS METEOROLÓGICOS DA ESTAÇÃO DO CAP-ALGODÃO EM CAMPINA GRANDE - PB

48

MES DE FEVEREIRO DE 1978

DIAS	PRECIPIT. QUANT. A 24 HRS	TEMPERATURA DO AR °C			UMIDADE RELAT. MÉDIA DO AR %	NEVAD. (mm)	INSOLAÇÃO HORAS	VENTO A 10m		NEBULOS. ESTIMAD. MÉDIA	PRECIPITA. DO DIA VARIÉT.
		MAX	MIN	MÉDIA				DIREÇÃO PRINCIPAL	VELOC. (m/s)		
1	949.7	30.7	20.4	26.1	65	9.0	9.1	E	5.3	7.3	0.0
2	949.6	31.3	20.9	26.0	65	8.6	9.9	E	5.8	6.3	0.0
3	949.7	30.7	20.7	25.6	67	11.4	0.8	E	7.6	7.7	0.0
4	948.5	30.5	20.3	25.3	65	9.5	7.0	E	5.0	5.0	0.0
5	948.8	30.3	20.7	25.4	71	10.7	2.9	E	5.0	6.3	0.0
6	948.8	29.2	21.0	25.5	70	6.7	3.6	E	4.6	6.0	0.0
7	949.4	31.0	21.7	25.5	78	5.3	5.2	E	5.3	8.3	0.5
8	948.4	28.1	20.2	25.1	87	6.7	2.4	E	4.1	8.7	11.2
9	947.4	27.8	20.3	26.1	77	4.2	0.7	N	6.6	9.7	0.0
10	947.6	25.6	20.0	22.7	81	3.0	1.6	E	3.8	10.0	5.4
13 DEC.	948.8	29.5	20.6	24.8	72	7.5	4.3	E	5.3	7.5	17.1
11	949.6	25.1	19.6	22.7	81	2.8	0.0	E	3.1	6.7	6.0
12	950.4	25.1	20.6	22.9	85	2.7	0.1	N	4.0	9.7	1.5
14	950.5	31.6	19.4	23.7	83	3.1	6.0	E	5.1	6.7	1.5
15	951.3	28.7	19.9	23.9	75	5.9	4.1	E	6.3	0.7	0.5
16	951.8	29.7	21.0	25.7	69	6.3	0.9	E	6.5	8.0	0.0
17	952.3	29.7	21.3	25.3	78	8.2	8.5	E	6.8	6.0	0.0
18	951.4	29.5	20.7	25.2	82	8.2	6.6	E	5.8	8.0	0.0
19	950.8	30.6	20.8	26.4	80	5.5	9.2	E	4.8	7.0	0.0
20	951.3	30.3	21.8	26.4	76	6.4	9.4	E	5.6	7.3	0.0
21	952.0	29.5	21.5	26.0	78	9.2	8.2	E	5.3	8.0	0.0
23 DEC.	951.1	29.0	20.7	24.9	79	5.8	5.3	E	5.3	7.8	9.0
24	951.3	30.2	21.4	25.9	79	6.0	6.2	E	4.8	8.3	0.0
25	950.4	30.7	21.2	26.1	75	5.8	8.3	E	5.8	5.7	1.8
26	950.8	30.8	21.2	25.7	73	8.7	6.0	E	5.1	6.0	0.4
27	951.7	31.1	21.6	26.5	74	6.4	9.5	E	5.1	5.7	0.3
28	951.9	31.8	21.4	26.7	73	8.4	9.8	SE	5.1	4.3	0.0
29	951.2	30.1	21.0	25.9	73	9.1	6.7	NE	5.1	5.0	0.0
30	950.5	29.3	21.0	25.5	77	2.7	5.2	E	4.1	6.0	26.0
31	951.7	26.6	21.0	22.9	80	7.0	5.2	NE	5.3	9.3	0.6
32											
33	951.1	30.1	21.3	25.6	76	6.7	7.2	E	5.1	6.5	29.1
TOT.	-	-	-	-	-	20.0	16.8	-	-	-	55.2
MED.	950.3	29.5	20.9	25.1	76	6.7	5.6	-	5.2	7.3	18.4
MAX.	952.3	31.8	21.8	26.7	80	11.4	9.0	-	7.6	10.0	26.0
MIN.	947.4	25.1	19.4	22.7	63	2.7	0.0	-	3.1	4.3	0.0

CLIMATOLOGIA

DADOS METEOROLÓGICOS DA ESTAÇÃO DE CAMPINA GRANDE EM CAMPINA GRANDE - PB

49

MESES DE MARÇO de 1973

DIAS	TEMPERATURA MÁX. A NOITE	TEMPERATURA DO DIA			TEMPERATURA MÉDIA DO DIA	UMID. (G/G)	INSOLAÇÃO HORAS	VENTO A 10m		NÚMERO DE DIAS COM NEBLINA	PRECIPIT. (MM)
		MAX	MIN	MÉDIA				DIR.	VELOC. (KM/H)		
1	951.1	27.1	20.1	23.3	64	3.0	3.0	E	3.0	6.1	2.0
2	950.1	27.1	20.1	23.3	66	5.2	4.5	E	3.1	6.8	14.8
3	950.1	26.1	20.0	23.1	60	3.2	1.3	E	3.1	7.0	13.6
4	950.2	26.5	20.3	23.3	68	3.0	1.0	SE	3.0	6.7	0.7
5	951.0	26.2	20.2	23.2	75	0.3	2.7	E	3.8	6.8	14.6
6	951.2	27.8	20.5	23.4	73	5.9	2.7	SE	2.5	6.3	0.0
7	952.5	26.0	19.9	22.6	82	3.6	2.0	SE	4.1	6.3	20.3
8	950.7	25.7	22.2	23.7	83	3.0	3.0	E	4.1	6.2	0.1
9	953.0	26.1	19.1	22.5	76	2.8	10.1	S	3.1	3.7	0.0
10	951.4	29.1	19.5	25.1	72	5.5	10.7	SE	2.5	6.0	0.0
14 DEC.	950.9	27.3	20.1	23.3	64	3.5	4.1	E	3.5	6.8	71.5
11	951.7	29.2	20.9	23.5	78	3.8	8.5	E	4.8	6.0	0.0
12	951.1	26.4	21.0	23.6	81	4.7	9.5	F	4.2	6.0	0.0
13	950.4	27.6	20.5	22.2	91	3.7	2.7	SE	3.3	9.0	0.0
14	950.2	26.0	21.1	23.3	92	2.8	2.6	E	3.5	7.7	3.4
15	950.0	26.2	20.1	22.7	83	1.9	2.2	E	3.5	9.9	4.0
16	951.2	26.1	20.3	23.6	80	1.8	3.6	E	4.5	9.7	1.4
17	951.7	27.3	20.2	24.0	85	0.5	7.8	E	5.3	5.7	24.6
18	951.2	27.7	19.2	23.4	79	4.4	8.6	E	5.0	6.7	0.0
19	951.4	27.7	19.8	23.9	81	5.0	10.3	E	4.6	5.7	0.0
20	952.3	25.8	19.2	22.0	90	4.9	3.2	S	4.8	8.7	0.0
23 DEC.	951.2	27.2	20.3	23.6	86	3.5	5.9	E	4.3	7.4	32.8
1	952.5	27.6	20.2	23.8	75	3.2	7.5	S	5.1	7.3	2.8
2	951.5	27.6	20.5	23.2	74	4.2	5.0	SE	4.6	6.7	0.0
3	950.1	27.3	19.2	23.0	69	3.5	6.3	E	3.3	6.3	0.0
4	950.8	26.9	19.2	23.4	64	5.7	9.8	E	5.3	8.0	0.0
5	950.5	26.7	20.5	23.9	77	3.7	7.8	E	5.5	6.7	0.0
6	950.5	26.7	21.2	23.9	60	3.7	8.9	E	5.6	6.7	1.4
7	950.5	27.6	21.3	23.5	65	7.2	4.0	E	4.1	8.0	0.0
8	951.0	28.6	20.9	23.7	73	3.9	7.3	E	5.0	5.0	0.1
9	950.9	25.0	20.0	23.1	73	5.7	6.3	E	6.0	5.7	0.0
10	950.0	26.5	21.3	23.0	78	4.8	3.0	E	4.3	7.0	1.6
11	950.3	26.7	20.9	23.5	71	5.1	10.1	E	4.8	4.3	0.0
14 DEC.	950.5	26.4	20.4	23.6	77	4.4	7.0	E	5.0	6.5	5.3
TOT.	-	-	-	-	-	11.4	17.0	-	-	-	109.6
MED.	950.9	27.6	20.3	23.8	82	3.8	5.7	-	4.3	6.9	36.5
MDA.	952.5	29.2	21.2	23.5	92	9.5	10.7	-	6.0	9.7	26.3
MDM.	950.2	24.7	19.0	21.5	71	0.4	0.3	-	2.5	4.0	0.0

ANEXO 3

Estação Experimental de Tratamentos Biológicos
de Esgotos Sanitários - EXTRABES -

ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE TRATAMENTOS BIOLÓGICOS DE
ESGOTOS SANITÁRIOS - EXTRABES

- Endereço:

Rua 24 de maio, s/n (antiga Depuradora)

Caixa Postal, 306

Fone: (083) 321-4406

Telex: (083) 2211

End. Teleg. EXTRABES

58.100-Campina Grande - Paraíba - Brasil

- Órgãos 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

Canadian International Development Agency - CIDA

Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP

- Órgão Executor:

Núcleo de Treinamento e Pesquisas em Saneamento Ambiental

- NUTREISAM - CCT - UFPb.

- Histórico:

As antigas instalações da Estação Depuradora de

de Esgotos existentes nesta cidade e há vários anos fora do 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 aera

das, 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 de 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 conseqüentemente 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.

- 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: anaérobias facultativas e de maturação.

Durante o transcorrer da pesquisa, se procederão 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, DBO₅, 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 espectro fotômetro de absorção atômica, um espectrofotômetro de luz ultravioleta 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 afuente 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 DA EXTRABES NA ÉPOCA DA REALIZAÇÃO DESTE TRABAHO.

. Prof. Salomão Anselmo Silva - M.Sc.

Chefe de Pesquisa

. Prof. David Duncan Mara - Ph.D.

Consultor

. Prof. Howard W. Pearson - Ph.D.

Consultor

. Prof. Celso L. Piatti Neto - Mestrando

Engº Civil

. Celso L. Piatti Neto - Mestrando

Engº Civil

. Cícero Onofre A. Neto - Mestrando

Engº Civil

. Ernani Rodrigues de C. Filho - Mestrando

Químico

. Wilson A. Auerswald - Mestrando

Engº Civil

. Rui de Oliveira - Mestrando

Engº Civil

. Beatriz Suzana O. de Ceballos

Bioquímica

. Maria Auxiliadora A. Tenório

Química

. José Taveira Leite

Técnico Laboratorista

. Creusa Cordeiro de Castro

Técnica Laboratorista

. Maria Ilma C. de Castro

Técnica Laboratorista,