

ARQUIVO TECNICO

5311
C338L(RCET)
011119



01836

011119

CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

DTD

SUPERINTENDÊNCIA DE PESQUISA



CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

PESQUISA PARA O ESTABELECIMENTO DE CRITÉ
RIOS DE PROJETO DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO.

LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS NAS
LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO DE MARINGÁ

H. 1K4W41

CONTRATO CTS-0057/77

CETESB - ~~Empresa~~ Ambiental
do Estado de São Paulo

Biblioteca Prof^o Dr^o Lucas Nogueira Garcez
Av. Prof^o Frederico Hermann Jr., 345 Pinheiro
05459-900 - São Paulo - Brasil
e-mail: biblioteca@cetesbnet.sp.gov.br

DEZEMBRO, 1979

Í N D I C E

	pág.
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	01
2. <u>CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO DE MARINGÁ</u>	02
2.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DAS LAGOAS....	02
2.2. CONSIDERAÇÕES SOBRE O SISTEMA EXPERIMENTAL	05
3. <u>ESTUDO EXPERIMENTAL NAS LAGOAS</u>	07
4. <u>CONDIÇÕES CLIMATOLÓGICAS NA REGIÃO DE MARINGÁ E SUA INFLUÊNCIA NO FUNCIONAMENTO DA LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO EM ESTUDO</u>	11
5. <u>CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE ÀS LAGOAS</u> ...	16
5.1. VAZÃO DOS ESGOTOS AFLUENTES	16
5.2. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - DBO	24
5.3. COLIFORMES FECAIS	32
6. <u>EFICIÊNCIA DE FUNCIONAMENTO DAS LAGOAS</u>	33
6.1. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO	33
6.1.1. Lagoa Anaeróbia	33
6.1.2. Lagoa Facultativa	33
6.2. COLIFORMES FECAIS	38
6.3. REMOÇÃO DA DBO PELA SEDIMENTAÇÃO	40

7.	<u>VARIAÇÃO VERTICAL DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD) NA LAGOA FACULTATIVA</u>	42
8.	<u>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</u>	58

1. INTRODUÇÃO

Em prosseguimento a pesquisa relativa a lagoas de estabilização, de acordo com contrato firmado entre o BNH e a CETESB, foram realizadas experiências na lagoa situada no município de Maringá, (Estado do Paraná) no período de maio de 1978 a julho de 1979.

O objetivo do estudo foi relacionar a eficiência do funcionamento da lagoa, a diferentes níveis de cargas aplicadas, em função de vários fatores ambientais. Estes elementos se constituem nos dados básicos para o estabelecimento de critérios de projeto para o sistema de lagoa de estabilização.

Analogamente, deverão ser efetuados, a partir de janeiro de 1980, estudos na lagoa existente no município de Tatuí, após a conclusão de algumas obras de adaptação.

A lagoa de Maringá, foi escolhida devido à flexibilidade no sistema em permitir a avaliação de seu funcionamento em vários níveis e carga, sem que houvesse necessidade de modificação na estrutura da lagoa. Além disso, as condições climáticas de Maringá são semelhantes as da região centro oeste do Estado de São Paulo.

O presente relatório contém apreciações sobre alguns resultados obtidos durante o estudo. Somente no Relatório Final , a ser elaborado, após o término da investigação experimental na lagoa de Tatuí, será possível a apresentação completa do estudo com interpretações e conclusões relacionadas ao estabelecimento de critério de projeto de lagoas de estabilização.

2. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO DE MARINGÁ

2.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DAS LAGOAS

A lagoa de Maringá localiza-se a 23º25' latitude sul e 51º 57' de longitude oeste, com altitude aproximada de 560m.

A estação encontra-se em funcionamento desde 1975, sendo constituída de dois sistemas australianos com ligação em paralelo; está situada junto ao perímetro urbano, próxima a habitações.

A população contribuinte ao sistema estimada com base no número de ligações prediais de esgotos fornecida pela Prefeitura local é da ordem de 4500 habitantes. O sistema recebe esgotos essencialmente domésticos e possui as seguintes características de projeto:

SISTEMA 1

- lagoa anaeróbia

. forma	irregular
. área	3000 m ²
. profundidade	2,5 m ²
. volume	7500 m ³

- lagoa facultativa

. forma	irregular
. área	19000 m ²
. profundidade	2,0 m
. volume	38000 m ³

SISTEMA 2 (SISTEMA EXPERIMENTAL)

- lagoa anaeróbia

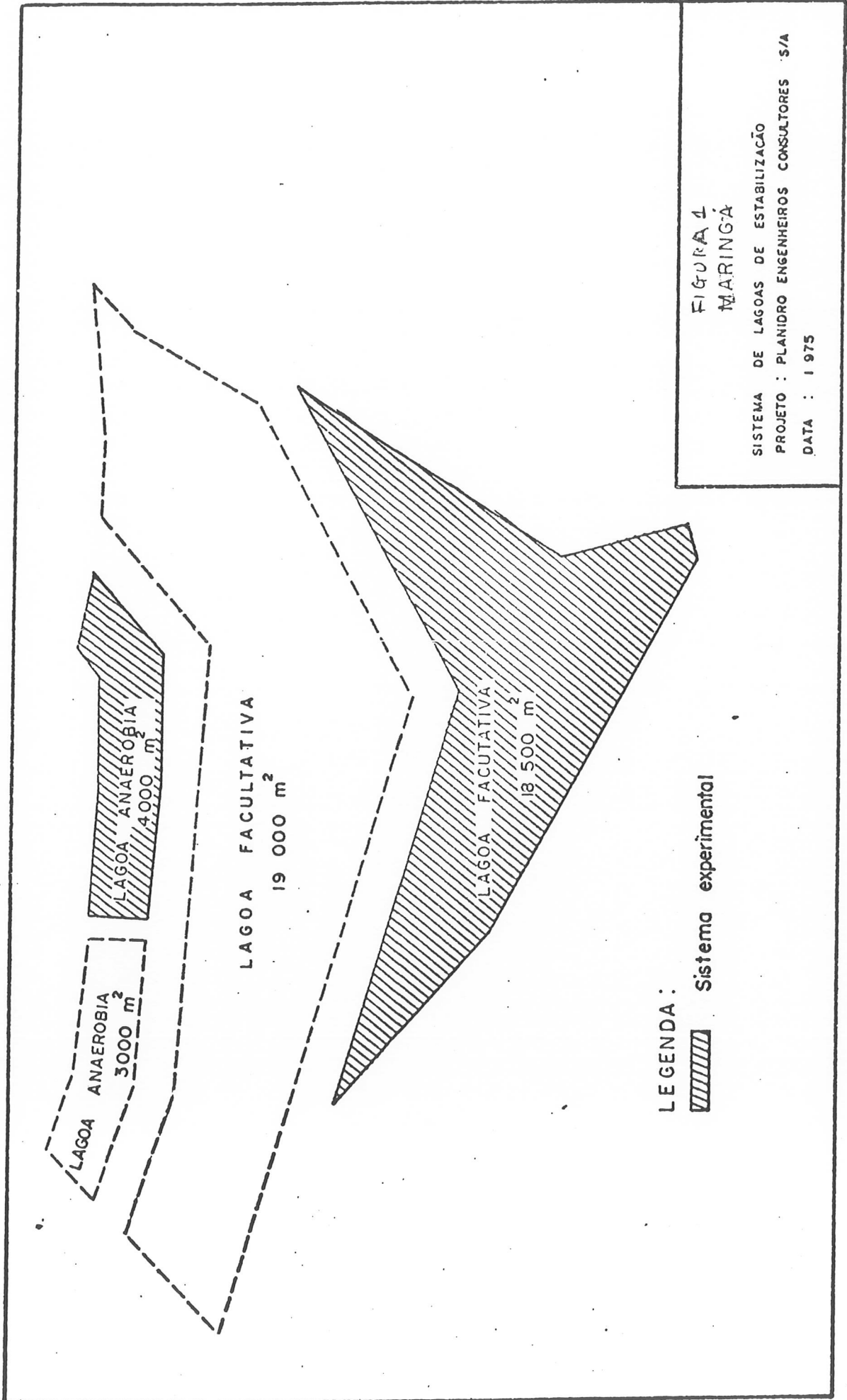
. forma	irregular
. área	4000 m ²
. profundidade	2,5 m
. volume	10000 m ³

- lagoa facultativa

. forma	irregular
. área	18500 m ²
. profundidade	2,0 m
. volume	37000 m ³

Os esgotos são encaminhados às lagoas por gravidade, existindo, no fim do emissário, uma caixa de distribuição que divide a vazão total dos esgotos afluentes em duas partes. A caixa de distribuição é provida de grade retentora e medidores de vazão (vertedores triangulares de 45° e 90°). A entrada de esgotos, nas lagoas anaeróbias, é feita afastada das margens, por tubulação submersa, assentada em pilaretes de concreto.

A saída dos efluentes das lagoas anaeróbias é efetuada através de vertedores reguláveis, localizados em caixas de saída; a partir dessas caixas, os efluentes são encaminhados, através de canalizações enterradas, às lagoas facultativas. Nessas lagoas, a entrada do esgoto é realizada através de tubulações superficiais equidistantes e apoiadas em pilaretes de concreto. A lagoa facultativa do sistema 1 possui cinco entradas e, a do sistema 2, quatro entradas.



LEGENDA :  Sistema experimental

FIGURA 4
MARINGÁ

SISTEMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO
PROJETO : PLANIDRO ENGENHEIROS CONSULTORES S/A
DATA : 1975

A saída dos efluentes tratados, das lagoas facultativas, é feita por vertedores reguláveis localizados também em caixas de saída. Esses vertedores são em número de 5, na lagoa facultativa do sistema 1, e 4 na lagoa facultativa do sistema 2. O efluente final é lançado no córrego Cleópatra.

Apresenta-se, ^{na figura 1} ~~em~~ anexo, o esquema do sistema de lagoas de estabilização de Maringá.

2.2. CONSIDERAÇÕES SOBRE O SISTEMA EXPERIMENTAL

Para a realização dos experimentos, foi utilizado o sistema 2, pois a lagoa anaeróbia do sistema 1 está sendo usada, já há algum tempo, como digestor do lodo, proveniente das fossas séplicas locais.

O sistema escolhido para o estudo mantém uma relação de área anaeróbia: facultativa, da ordem de 1:⁶~~46~~, sendo que a relação entre os volumes é de 1:⁵~~37~~.

Com o intuito de facilitar os trabalhos de amostragem, foram utilizadas somente duas entradas na lagoa facultativa e uma à saída da mesma.

Dada a dificuldade de condução do esgoto afluente diretamente à lagoa facultativa, e à insuficiência da vazão do esgoto para aplicação da carga experimental, utilizou-se a lagoa anaeróbia para a experiência, transformando-a em lagoa facultativa unicelular.

Para atender tal objetivo, a profundidade da água da lagoa anaeróbia foi reduzida de 2,5 m para 1,5 m.

O estado de conservação das lagoas manteve-se sempre satisfatório, sendo realizada, com frequência, a limpeza das margens, a fim de evitar o desenvolvimento de vegetação e impedir a proliferação de mosquitos.

Não foi constatado mau odor durante o período de estudo.

3. ESTUDO EXPERIMENTAL NAS LAGOAS

O levantamento de parâmetros relativos ao funcionamento da lagoa experimental de Maringã, sob diferentes cargas aplicadas, foi efetuado durante 14 meses, no período de maio de 1978 a julho de 1979.

Na programação inicial da pesquisa, foi previsto o prazo de 8 meses para a execução do presente trabalho. Entretanto, devido a alguns imprevistos ocorridos no sistema de lagoas tais como rompimento do emissário e conseqüente diminuição dos efluentes afluentes às lagoas, avarias nas bombas de recalque, etc., este prazo foi prolongado para 14 meses.

Durante esse período, o funcionamento das lagoas foi testado em cinco diferentes cargas aplicadas, nas lagoas anaeróbia e facultativa em série, e uma carga aplicada na lagoa facultativa unicelular.

A investigação na lagoa facultativa unicelular foi motivada pelo resultado obtido no estudo anterior (1), onde se observou notável diferença nas características funcionais entre a lagoa facultativa em série e a unicelular, a qual recebe diretamente esgoto bruto. Utilizou-se, para essa investigação, a lagoa anaeróbia, transformando-a em facultativa, a fim de possibilitar o levantamento de dados na faixa de carga aplicada, próxima à máxima permissível.

As coletas de amostras, para cada carga experimental, foram efetuadas durante aproximadamente 15 dias, intercalando-se 10 coletas em regime de 12 horas, no período diurno, e 3 coletas em regime de 24 horas.

No regime de 12 horas, que abrange o período das 6 às 18 horas, as amostras foram coletadas de hora em hora, obtendo-se 1 amostra composta a cada 3 horas, totalizando 4 amostras compostas por ponto de coleta. No regime de 24 horas, as coletas também foram realizadas de hora em hora, compondo-se 1 amostra para cada 2 horas, isto é, 12 amostras por ponto.

Antes do início das coletas, esperou-se, normalmente, um período de 1 mês, até que se estabilizasse a fase biológica das lagoas para cada carga aplicada.

A transformação da lagoa anaeróbia em lagoa facultativa unicelular, foi efetuada através do bombeamento das águas da lagoa facultativa do sistema 1 para lagoa anaeróbia em estudo, após o que se esperou cerca de dois meses até que as algas proliferassem a um nível satisfatório para realização do levantamento de parâmetros experimentais.

As amostras foram coletadas na entrada e saída da lagoa facultativa, para lagoas em série, e na entrada e saída da lagoa facultativa unicelular.

Os parâmetros das análises realizadas para as amostras foram: DBO, DQO, pH coliforme fecal e sólidos total e volátil.

O controle da vazão de esgotos afluentes à lagoa anaeróbia, para cada carga aplicada, foi efetuado através do vertedouro instalado junto à caixa da entrada, desviando o excesso de esgoto para a outra lagoa anaeróbia, localizada em paralelo à lagoa experimental.

A variação horária da vazão foi medida a cada meia hora, pelo vertedouro já citado.

Para o cálculo da vazão total diária do efluente, utilizou-se a integração das áreas limitadas pelas curvas de vazão em função do tempo.

Essas áreas representativas das contribuições de vazão, nos períodos diurno e noturno, determinaram as relações ocorridas nesses períodos. O mesmo tratamento foi procedido aos dados de DBO, coliformes, etc, a fim de se determinar as contribuições ocorridas em cada período, possibilitando, as

sim, as estimativas dos fluxos diários desses parâmetros.

Paralelamente às amostragens já mencionadas, foram realizadas, na lagoa facultativa, investigações sobre as variações verticais de oxigênio dissolvido, associadas aos parâmetros de temperatura, clorofila, vento e radiação solar. Foram selecionadas profundidades de 0,-0,15,-0,30,-0,50;0,75, 1,00,-1,20 e 1,40 metros, no local correspondente ao centro da lagoa facultativa, onde foram realizadas as coletas de amostras de duas em duas horas. Em cada amostragem, foram determinados os parâmetros, oxigênio dissolvido, temperatura, clorofila-a, fitoplâncton e pH em todas as profundidades relacionadas, acompanhadas da medição de penetração da luz na água através de iluminômetro do tipo Rigosha e disco de Secchi. As coletas foram realizadas 5 vezes, em regime de doze horas, e uma vez em regime de 24 horas para cada carga experimental.

Na coleta em regime de 24 horas, foi efetuada também a determinação da produtividade de OD pelo processo fotossintético. Frascos transparentes com volume de 1 litro foram preenchidos com conteúdos provenientes do local de amostragem e, fechados hermeticamente, foram incubados numa das margens da lagoa em estudo. Durante 24 horas, com intervalo de cada 2 horas no período de 6 a 6 horas do dia seguinte, mediu-se a produção da OD pelas algas, através do medidor de oxigênio YSI, modelo 54 acoplado ao frasco experimental.

Por outro lado, foi incubado outro frasco escuro, coberto com papel de alumínio, contendo a amostra coletada na lagoa, aproximadamente às 10 horas, quando a concentração da OD superou o nível da saturação. Neste frasco, foi medido o consumo de oxigênio, pela respiração de bactéria e algas nas

águas do período de 10 às 20 horas, utilizando-se o mesmo procedimento mencionado no frasco transparente.

Para se verificar a taxa de eliminação de DBO pela sedimentação, foram incubados três frascos com diâmetro de 26 cm e volume de 10 litros, em local próximo à entrada do esgoto afluente, no centro e na saída, respectivamente na lagoa anaeróbia e três frascos na lagoa facultativa. O tempo de incubação foi de 24 horas. Esta incubação foi repetida dez vezes, durante o período de março e abril de 1979.

Com relação aos parâmetros climatológicos, foram instalados junto à lagoa experimental, um anemógrafo Lambrecht, modelo 1482 e um actinógrafo Fuess, Robtzh type, para medição de direção e velocidade do vento e radiação solar, respectivamente. Os dados gerais sobre a climatologia da região em estudo foram obtidos na estação meteorológica de Maringá.

A temperatura da água na lagoa foi medida pelo termógrafo de Rigosha.

4. CONDIÇÕES CLIMATOLÓGICAS DA REGIÃO DE MARINGÁ E SUA INFLUÊNCIA NO FUNCIONAMENTO DA LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO EM ESTUDO

A condição climatológica da região de Maringá, onde se localiza a lagoa estabilizadora em estudo, segundo o critério estabelecido por Köppen (2), é seca e fria no inverno e calor úmido no verão.

De acordo com os dados coletados nos últimos 5 anos, na Estação Meteorológica de Maringá (Quadro 1), a temperatura média mensal mais baixa, de $17,9^{\circ}\text{C}$ verificou-se no mês de junho; a temperatura média mensal mais elevada, de $24,7^{\circ}\text{C}$, verificou-se no mês de fevereiro sendo a média anual da ordem de $21,8^{\circ}\text{C}$.

O valor médio das mínimas temperaturas foi de $13,3^{\circ}\text{C}$ e o valor médio das máximas temperaturas foi de $31,1^{\circ}\text{C}$ obtidas nos meses mencionados.

Através da faixa de variação das temperaturas citadas, verifica-se que essa pode ser considerada ótima sob o ponto de vista das atividades de microorganismos clorofilados e bactérias mesófilas, para a remoção de matéria orgânica na lagoa de estabilização. A interferência da temperatura, nos aspectos físicos de funcionamento da lagoa, será discutida no item seguinte.

Analogamente, de acordo com dados obtidos naquela estação meteorológica, referente ao período de seis meses (abril a setembro), os valores de evaporação foram, de modo geral, superiores aos dados de precipitação, enquanto que tal fato ocorreu de modo inverso nos seis meses seguintes.

Em alguns casos particulares, como o ocorrido no mês de junho

QUADRO 1

VALORES MÉDIOS DE ALGUNS PARÂMETROS CLIMATOLÓGICOS MEDIDOS
NO MUNICÍPIO DE MARINGÁ - PERÍODO: 1974 - 1977

	TEMP. DO AR (°C)			PRECIP. (mm)	EVAP. (mm)	INSOL. (horas e décimos)
	MÉDIA DOS MÁX.	MÉDIA DOS MIN.	MÉDIA COMP.			
JAN	30,5	19,6	24,3	238,1	100,7	180,7
FEV	31,1	19,9	24,7	126,5	113,7	210,9
MAR	30,9	19,3	24,1	164,5	120,1	222,0
ABR	28,4	18,8	21,3	91,1	119,6	220,5
MAIO	26,7	14,7	19,8	82,4	114,6	203,9
JUN	24,3	13,3	17,9	106,9	102,9	149,1
JUL	24,5	13,5	18,1	59,4	121,1	214,3
AGO	26,5	14,4	19,5	62,5	136,6	211,4
SET	27,7	15,6	22,7	90,6	103,0	108,8
OUT	28,9	16,1	22,0	165,1	152,2	228,6
NOV	30,1	17,9	23,3	112,6	142,2	230,2
DEZ	30,4	18,5	23,4	175,0	116,6	205,8
MÉDIA	28,3	18,5	21,8	1474,7	1443,3	198,8

de 1978, obteve-se um valor de evaporação de 271 mm e um valor nulo de precipitação, o que corresponde a aproximadamente 20% da profundidade da coluna líquida na lagoa, ou seja, concentração de 20% de substâncias poluidoras neste sistema. Inversamente, verificou-se, no mês de janeiro de 1977, uma precipitação de 281 mm e 91,7 mm de evaporação, obtendo-se um saldo positivo de 189,3 mm. Este acúmulo de água corresponde a 14% da profundidade da água na lagoa, ou sejam 14% de diluição de substâncias poluidoras neste sistema.

Tais efeitos climatológicos poderiam afetar, de modo significativo, o funcionamento da lagoa, caso houvesse continuidade, durante alguns meses, da evaporação e precipitação na mesma grandeza das taxas mencionadas acima e, se o tempo de detenção hidráulica correspondesse ao mesmo período destes dois parâmetros físicos.

Entretanto, o tempo de detenção na lagoa facultativa, que se apresenta maior em relação à anaeróbia, é normalmente projetado na faixa de 10 a 20 dias, havendo, portanto, fornecimento constante de água à lagoa, em prazo relativamente curto. Assim, a influência da evaporação e precipitação, na concentração e diluição de substâncias poluidoras na lagoa é minimizada, não interferindo significativamente no funcionamento da lagoa em estudo.

Em relação aos ventos na região da lagoa de estabilização, são apresentadas, no quadro 2, a direção predominante e a velocidade média mensal deste parâmetro, medidas nos horários das 12 hs, 18 hs e 24 hs. Estes dados foram compilados com base nos boletins diários, obtidos junto à Estação Meteorológica de Maringá.

Através deste quadro, verifica-se que, no período noturno, a velocidade dos ventos é sempre inferior à do diurno. A velocidade

dade média mensal deste parâmetro, num espaço de dois anos e nos horários das 12 hs e 18 hs, variou de 0,75 a 2,2 m/s, enquanto que, o valor medido no horário das 24 hs. variou de 0,31 a 1,2 m/s. Esta tendência observada no comportamento dos ventos é favorável ao funcionamento da lagoa facultativa, pois é conveniente que haja maior ação do vento no período diurno, visando minimizar a estratificação térmica. Quanto ao período noturno, a queda natural da temperatura é suficiente para promover a circulação da massa líquida na região considerada.

De acordo com os dados medidos pelo anemógrafo instalado junto à lagoa, foram registradas várias vezes durante o período diurno, velocidades de vento da ordem de 5 a 6 m/s, proporcionando considerável movimento vertical das águas na lagoa facultativa (vide item 7).

Quanto à direção dos ventos, houve a seguinte predominância no período de 1977 e 1978: Leste e Sudeste ao meio dia; Norte no período da tarde e calmaria e Leste no período noturno.

Dentre os dados levantados não se verificou variação sazonal significativa, tanto em relação à velocidade quanto à direção dos ventos.

QUADRO 2
 MÉDIA MENSAL DE DIREÇÃO PREDOMINANTE E VELOCIDADE (m/s) DOS VENTOS MÉDIOS EM DIFERENTES HORAS DO DIA
 PERÍODO: 1977 e 1978
 MARINGÁ

		1977			1978		
		12h	18h	24h	12h	18h	24h
JANEIRO	DIREÇÃO VELOCIDADE	E 1,02	N 1,14	C 0,36	E 1,35	N 1,55	S 0,42
FEVEREIRO	DIREÇÃO VELOCIDADE	E 1,02	N 1,59	C 0,2	SE 1,27	SW 1,38	S 0,60
MARÇO	DIREÇÃO VELOCIDADE	NE 1,56	NE E SW 1,22	C 0,35	E 0,85	N 0,96	E 0,43
ABRIL	DIREÇÃO VELOCIDADE	SE 1,77	SE 1,12	C 0,38	SE 0,74	SW 0,98	SE 0,31
MAIO	DIREÇÃO VELOCIDADE	SE 1,24	N 1,23	C 0,31	S 0,94	S 1,39	S 0,42
JUNHO	DIREÇÃO VELOCIDADE	SE 1,30	SE 1,30	C 0,19	E 0,75	N 1,40	E 0,35
JULHO	DIREÇÃO VELOCIDADE	NE 1,25	NE 2,8	C 0,31	E 1,28	NE 1,52	E 0,98
AGOSTO	DIREÇÃO VELOCIDADE	SE 1,80	NW 2,2	E 0,88	E 1,2	N 1,2	E 0,50
SETEMBRO	DIREÇÃO VELOCIDADE	SE 1,66	N 1,17	C 0,54	E 1,26	N 1,10	E 0,75
OUTUBRO	DIREÇÃO VELOCIDADE	E 2,08	E 1,17	S 1,16	E 1,16	N 13,8	C 0,10
NOVEMBRO	DIREÇÃO VELOCIDADE	E 1,56	W e E 1,65	E 1,16	N 1,57	NE 1,16	E e S 0,38
DEZEMBRO	DIREÇÃO VELOCIDADE	SE 1,31	N e S 2,0	N 1,16	NE 1,32	C 1,0	SE 0,88

LEGENDA E = ESTE S = SUL SE = SUDESTE C = CALMARIA
 N = NORTE NE = NORDESTE W = OESTE

5. CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO AFLUENTE ÀS LAGOAS

5.1. VAZÃO DOS ESGOTOS AFLUENTES

As variações das vazões horárias e diárias, em termos de desvio padrão de esgotos afluentes, avaliados em 6 diferentes níveis de cargas aplicadas experimentais, estão indicadas nas figuras 1 a 6.

Os valores médios das vazões, no período das 7 h às 18 h, apresentados nas figuras, foram baseados em 13 levantamentos realizados em cada regime experimental.

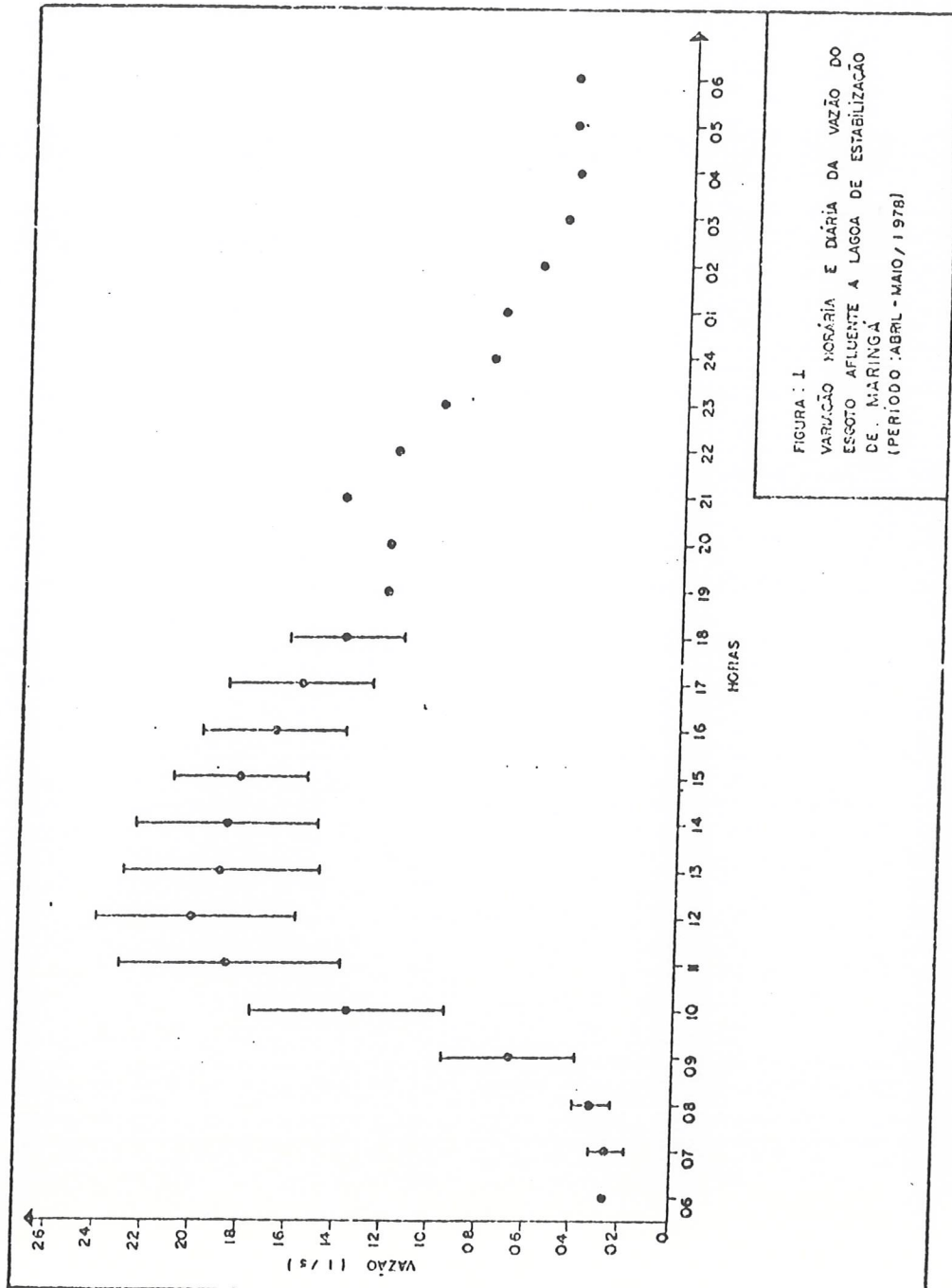
Os valores das vazões dos demais horários foram representados pela média de 3 levantamentos, em regime de 24 horas.

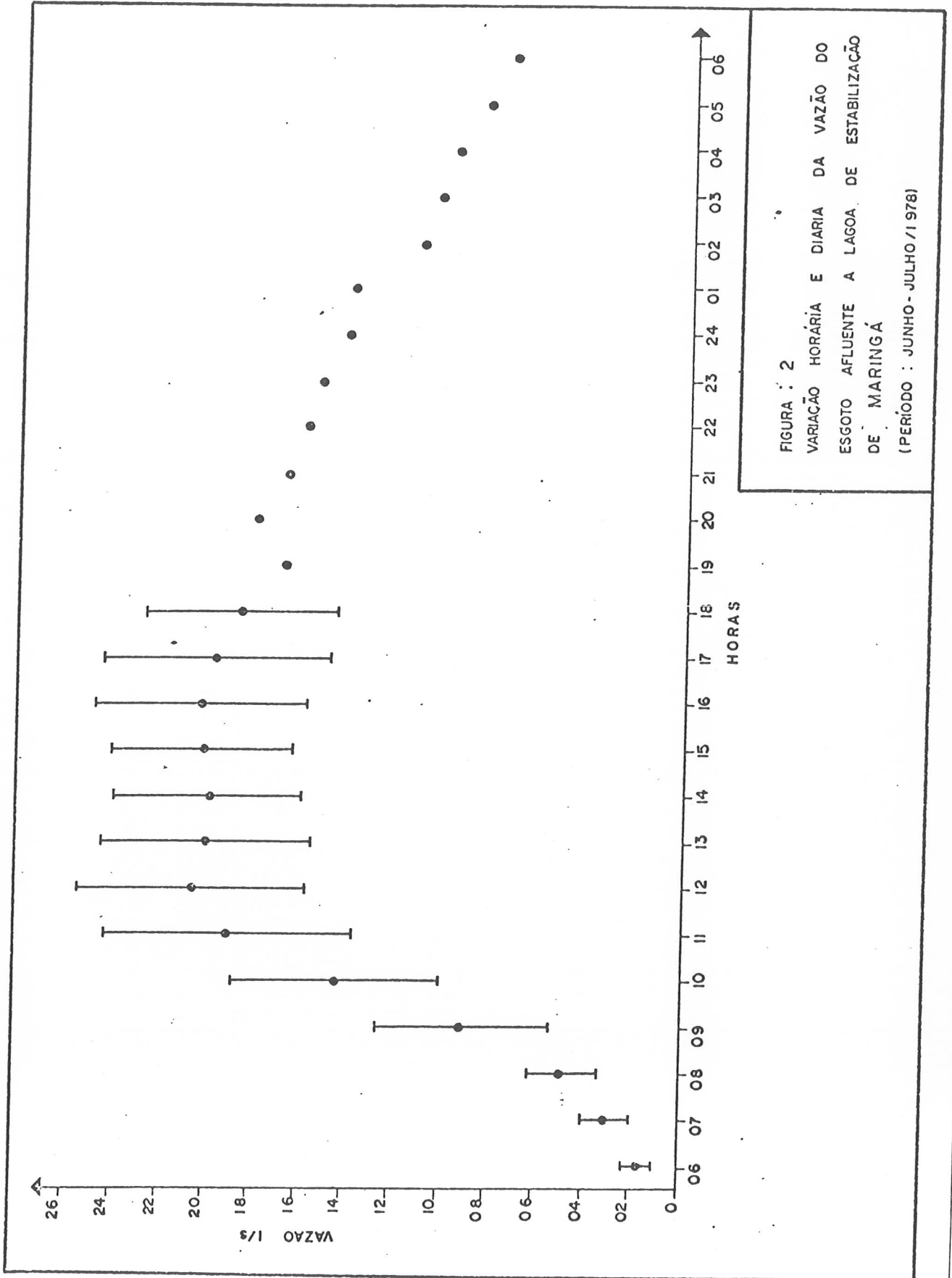
Os comportamentos (observados) quanto às variações horárias e diárias, dos afluentes da lagoa experimental, foram ^{observadas} praticamente semelhantes às das várias lagoas já levantadas no Estado de São Paulo (1).

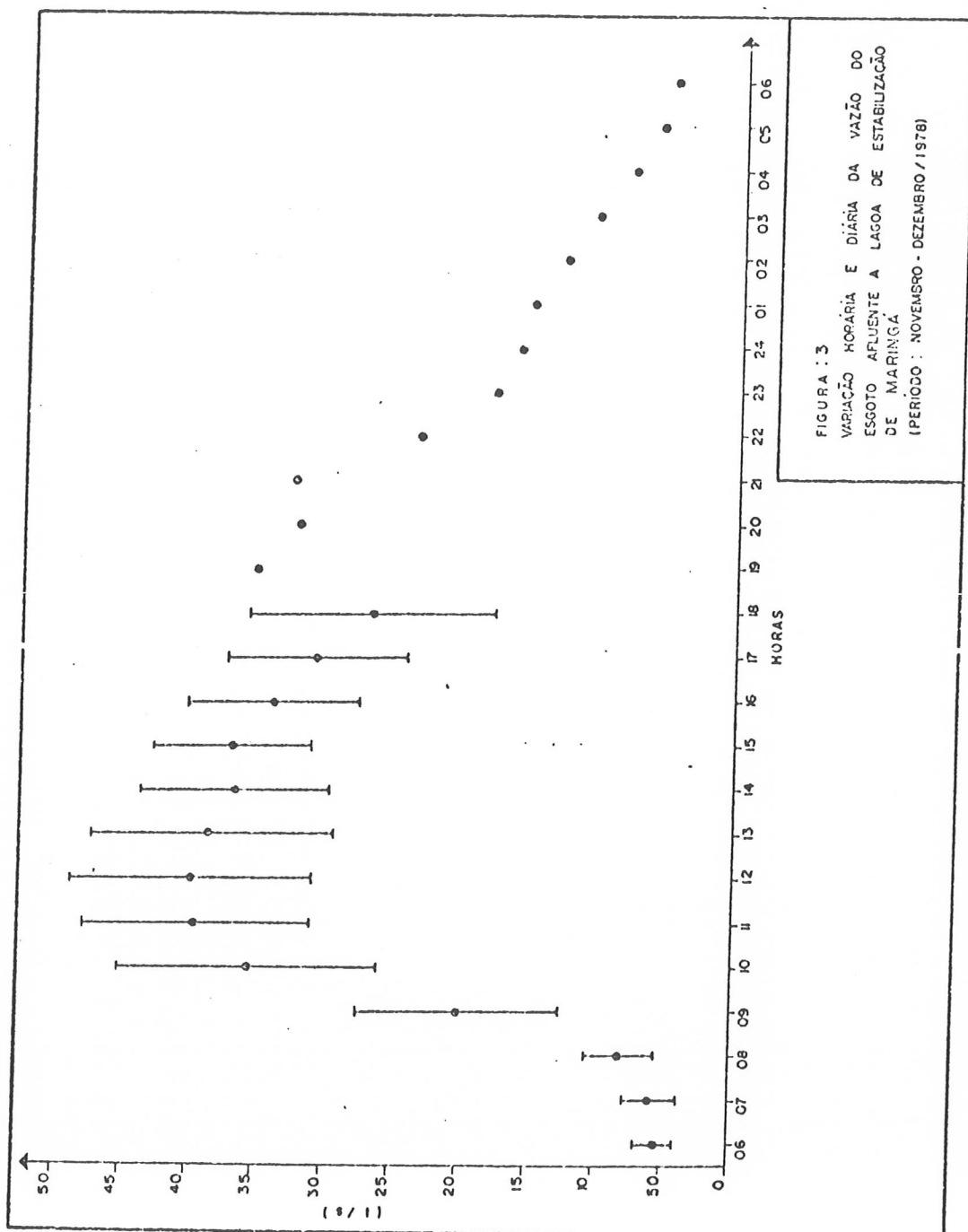
A maior vazão do esgoto, durante o período de 24 horas do levantamento, foi registrada no período das 11 h às 13 h. Após este período, as vazões diminuem gradativamente, havendo ligeiro aumento em torno das 19 h às 21 h..

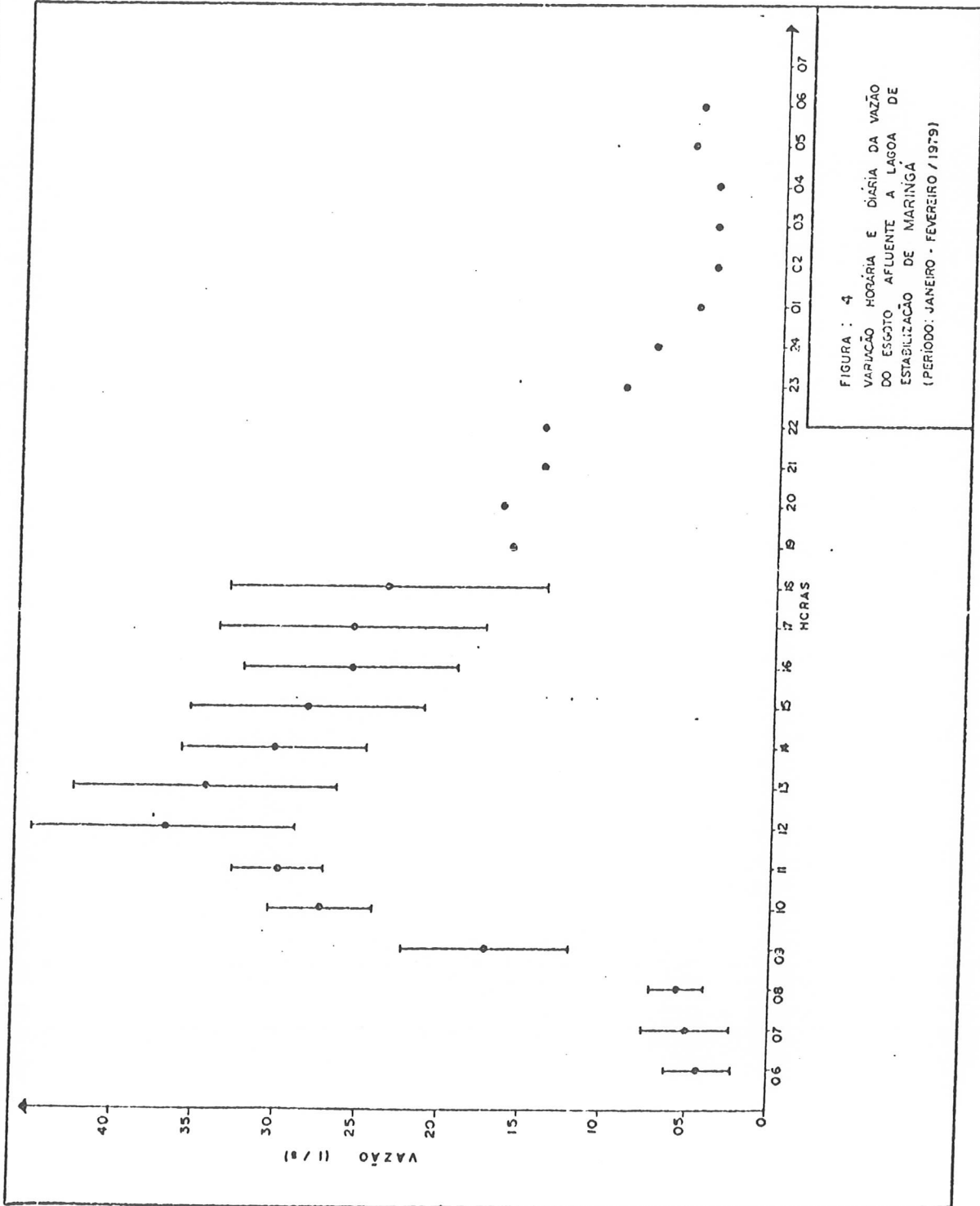
Em relação à variação diária, os coeficientes de variação dos afluentes utilizados, para diferentes cargas experimentais, no período diurno, foram estimados de 15 a 43%.

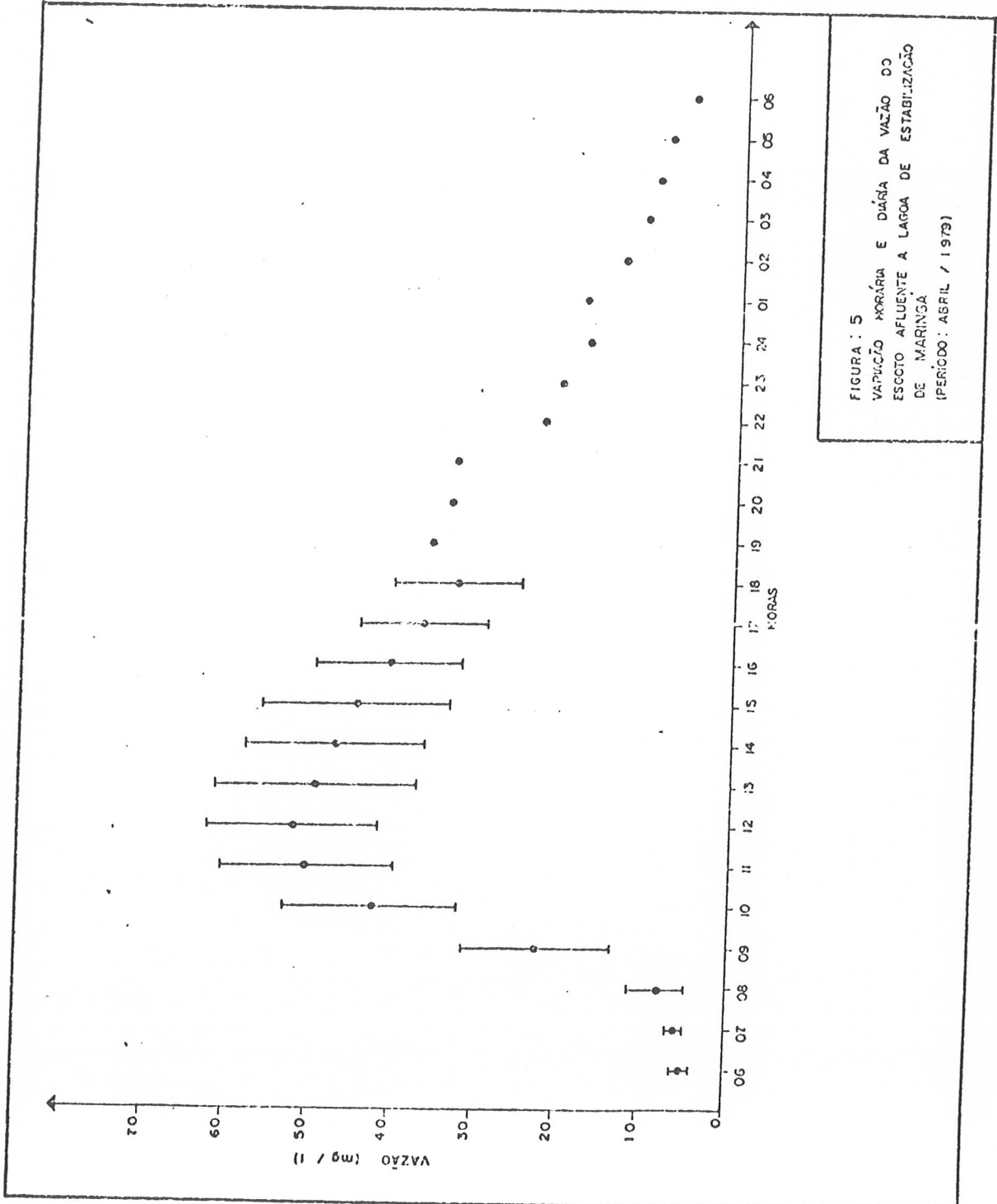
As vazões médias ponderadas do esgoto afluente, em cada regime experimental, são apresentadas no quadro 3











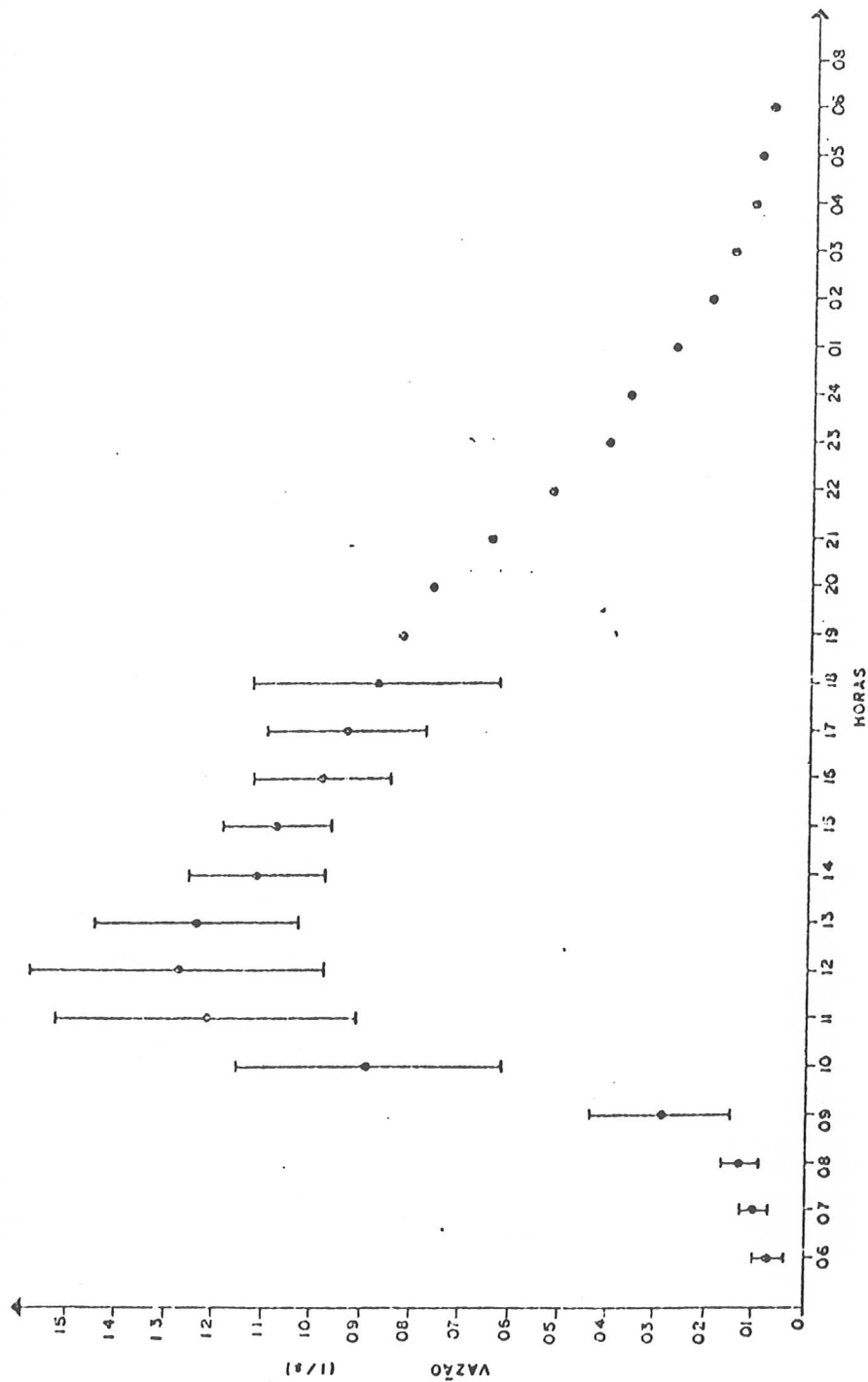


FIGURA : 6
 VARIAÇÃO HORÁRIA E DIÁRIA DA VAZÃO DO
 ESGOTO AFLUENTE A LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO
 DE MARINGÁ
 (PERÍODO : JULHO - AGOSTO / 1979)

QUADRO 3

MÉDIA PONDERADA DAS VAZÕES DETERMINADAS DURANTE O ESTUDO

PERÍODO DE LEVANTAMENTO	VAZÃO MÉDIA PONDERADA (l/s)
1º ABR/MAIO 1978	11,0
2º JUN/JUL 1978	14,0
3º NOV/DEZ 1978	24,0
4º JAN/FEV 1979	17,0
5º ABRIL 1979	27,0
6º JUL/AGOS 1979	6,0

A contribuição "per capita" de esgoto, estimado através dos dados de vazão média ponderada e população servida pela rede de esgotos, foi de aproximadamente 133 l/d c. Este valor é inferior aos verificados em estudos anteriores (média de 171 [±] 19 l/hab.dia) cuja causa poderia ser atribuída à redução de água distribuída a população durante o período de estudo.

5.2. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - DBO

São indicadas nas figuras 7 a 12 as variações horárias e diárias da DBO para cada carga experimental aplicada na lagoa de Maringá, durante alguns meses.

Semelhante aos resultados obtidos nos afluentes de várias lagoas no Estado de São Paulo, as curvas de variações horárias da DBO no caso de Maringá, apresentaram, na maior parte dos levantamentos, um pico mais elevado em torno de meio dia e um mais baixo no período das 18 h às 20 h.

As variações diárias de DBO, no período diurno, representadas em torno de desvio padrão, foram da ordem 10 a 34%.

As concentrações médias ponderadas de DBO calculadas com base nos dados acima referidos, durante o período de levantamento, variaram de 346 a 417 mg/l. Essas concentrações são mais elevadas comparadas com as encontradas nos levantamentos anteriores cujos valores variaram de 213 a 333 mg/l.

A falta d'água de abastecimento poderia ter afetado as concentrações da DBO nos esgotos afluentes, como já foi citado no item 5.1.

No quadro 4 são apresentadas as concentrações médias ponderadas e os fluxos da DBO avaliados para cada regime experimental.

A contribuição "per capita" da DBO avaliada no presente estudo foi de 51 g/hab.dia.

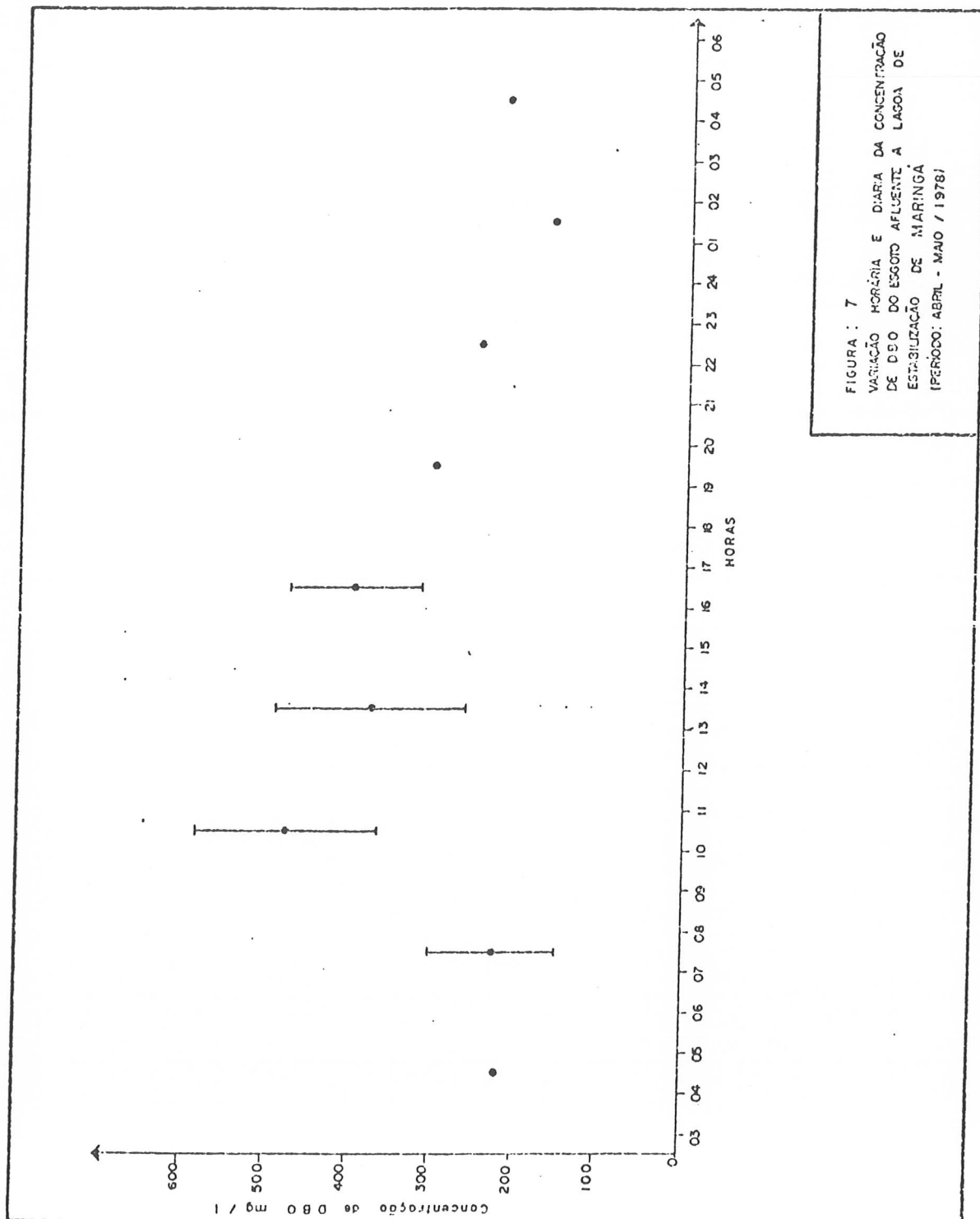
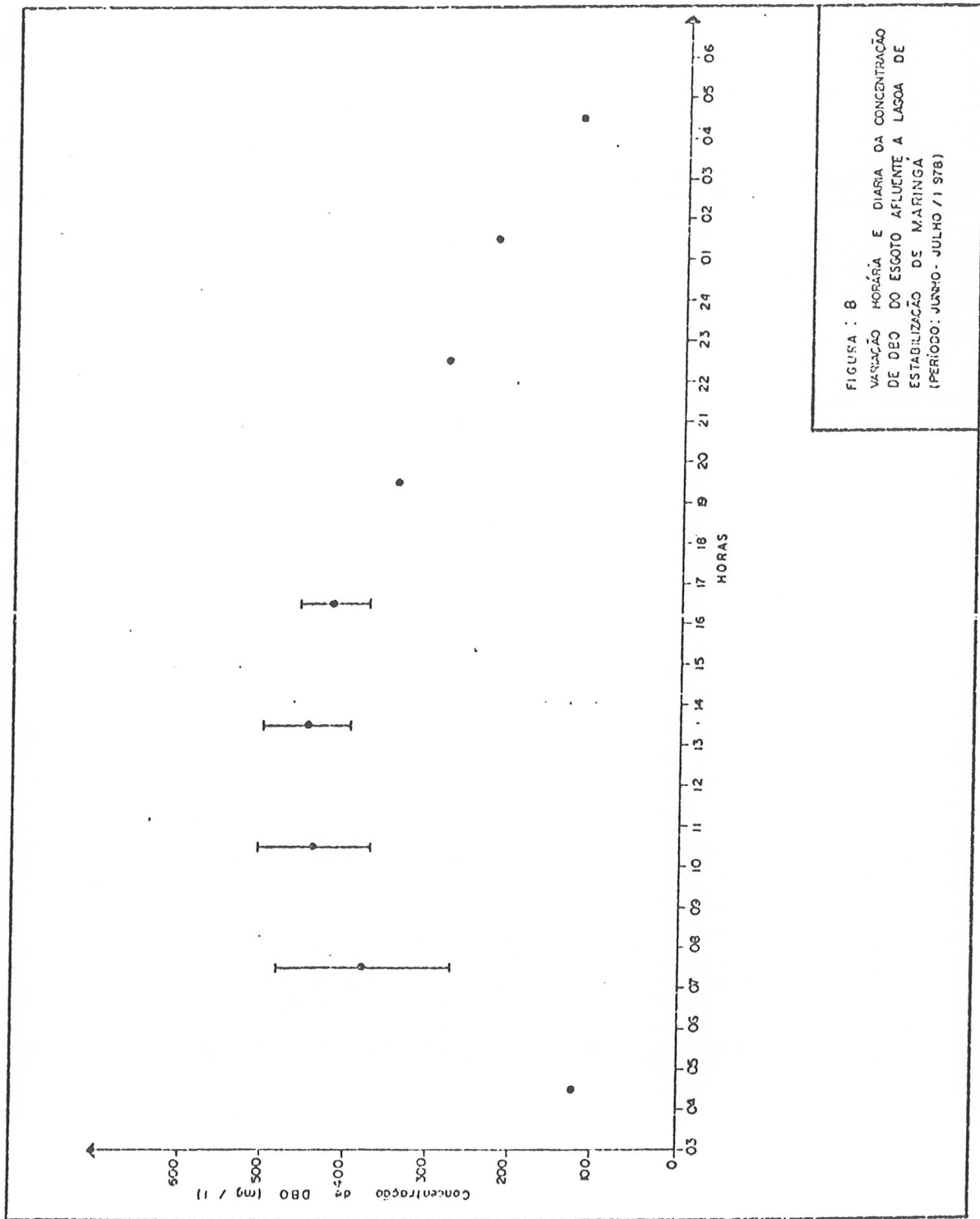
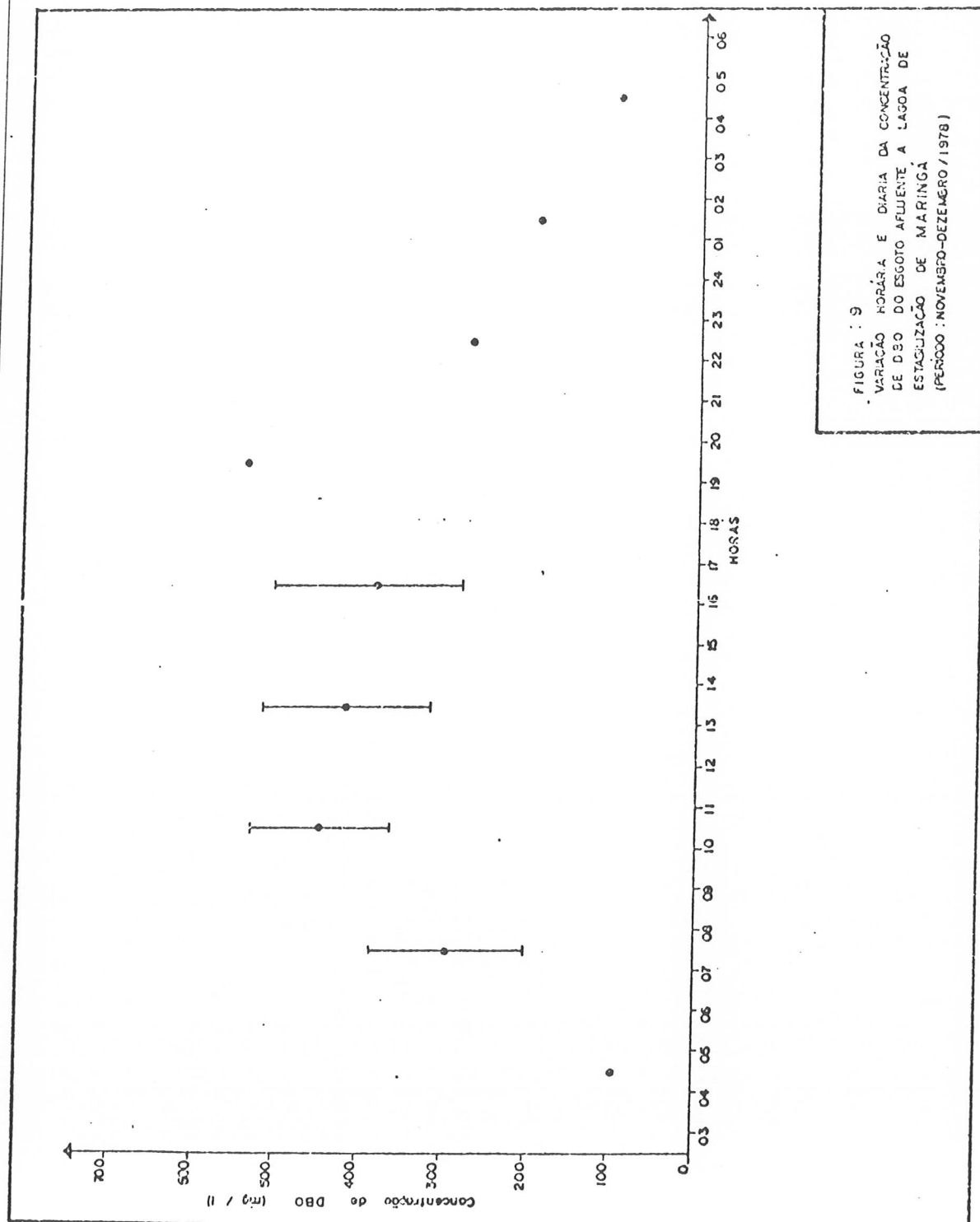
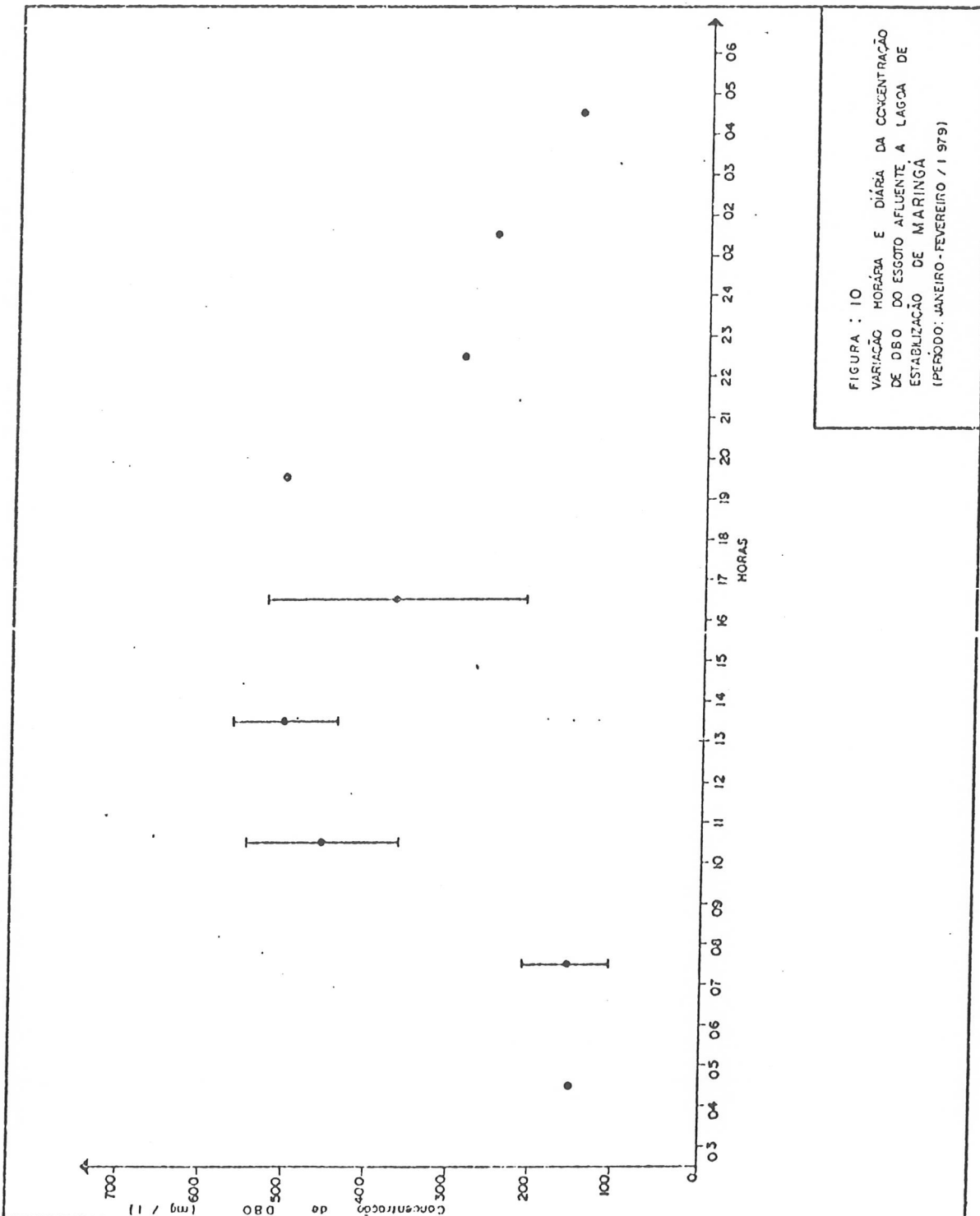


FIGURA : 7
 VARIAÇÃO HORÁRIA E DIÁRIA DA CONCENTRAÇÃO
 DE DBO DO ESGOTO AFLUENTE A LAGOA DE
 ESTABILIZAÇÃO DE MARINGÁ
 (PERÍODO: ABRIL - MAIO / 1978)







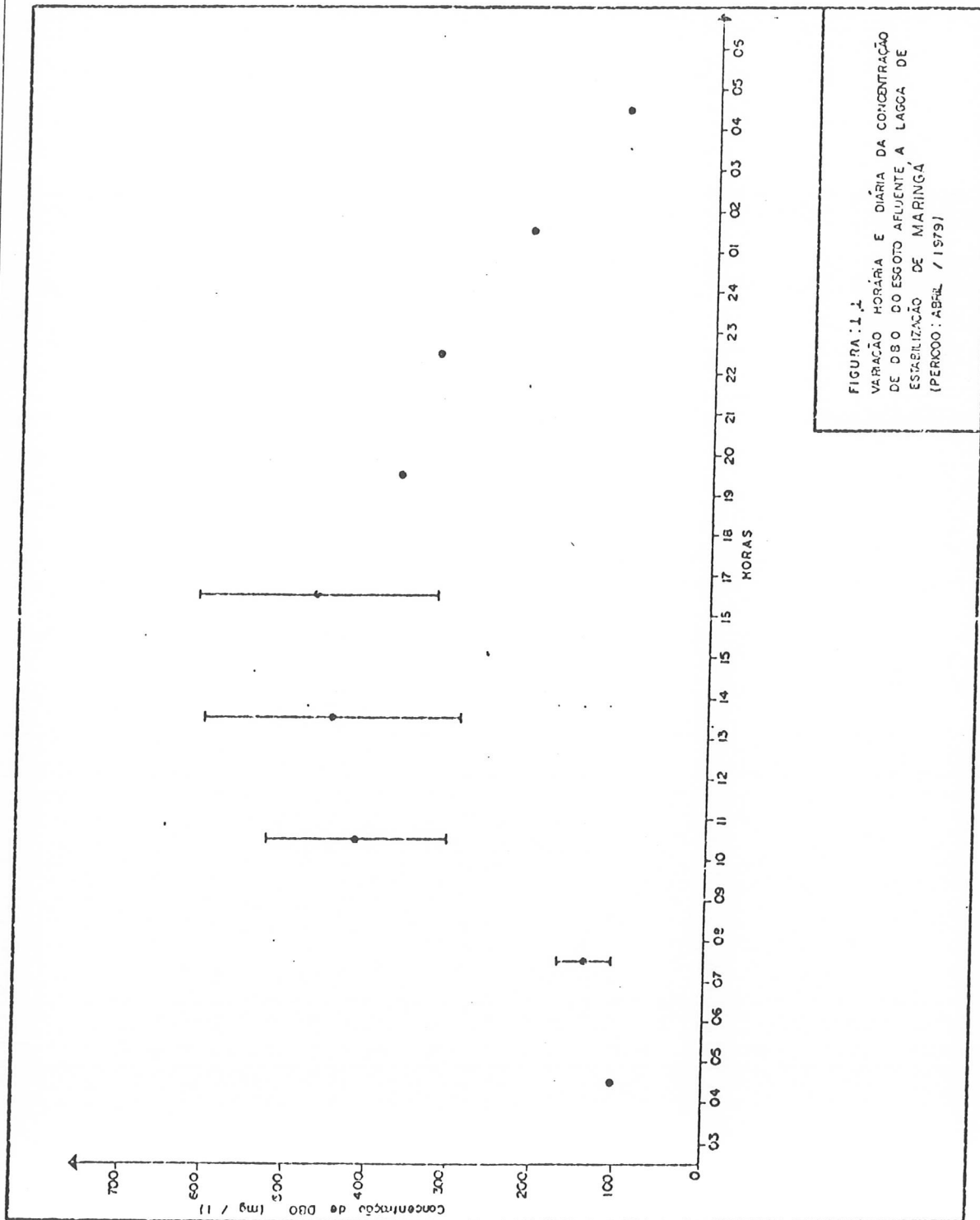
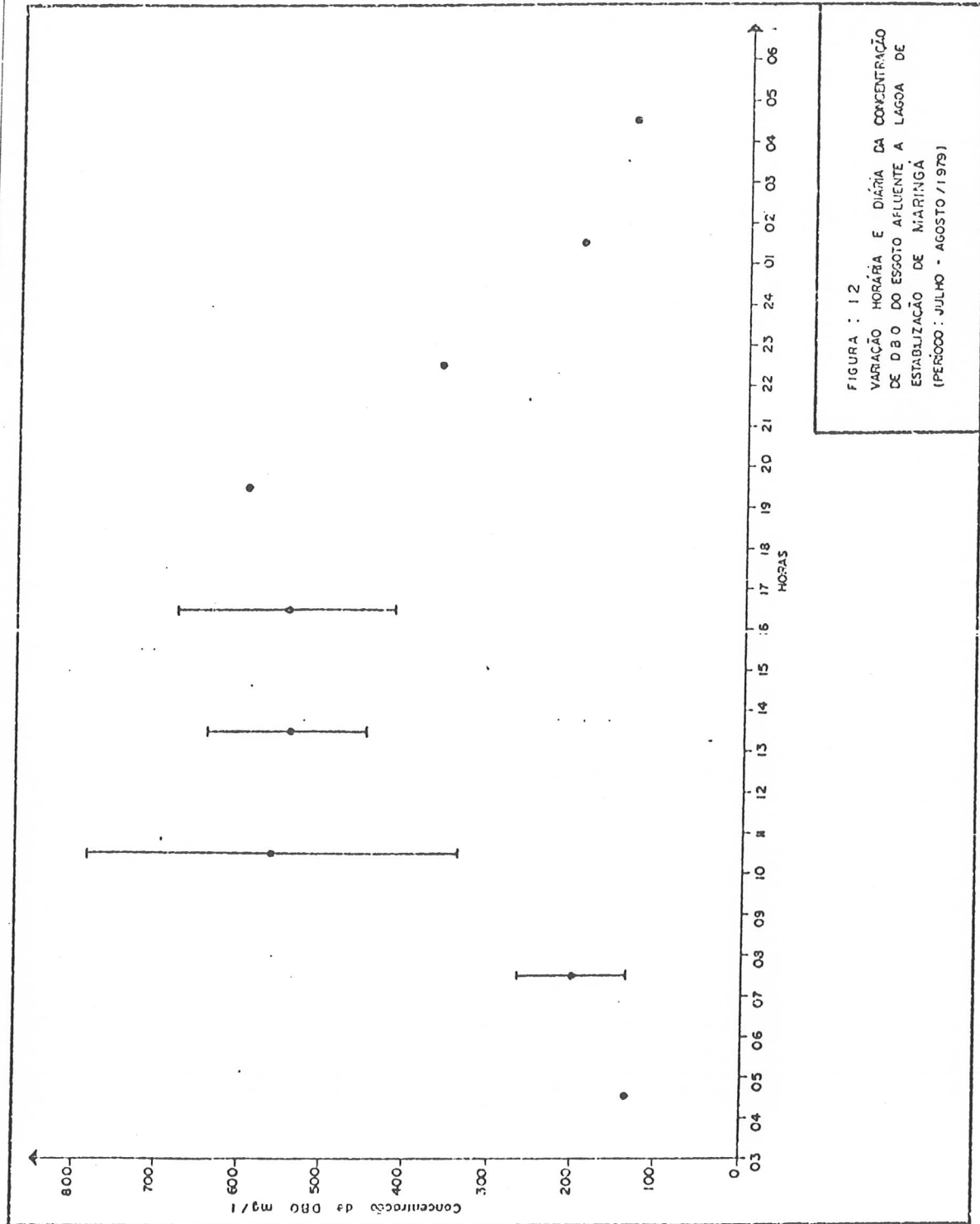


FIGURA 1.1.2
 VARIAÇÃO HORÁRIA E DIÁRIA DA CONCENTRAÇÃO
 DE DBO DO ESGOTO AFLUENTE A LAGOA DE
 ESTABILIZAÇÃO DE MARINGÁ
 (PERÍODO: ABRIL / 1979)



QUADRO 4

MÉDIAS PONDERADAS E FLUXOS DE DBO DETERMINADOS EM VÁRIOS REGIMES
EXPERIMENTAIS

PERÍODO DE LEVANTAMENTO	MÉDIA PONDERADA DA DBO (mg/l)	FLUXO DA DBO (kg d ⁻¹)
1º Abr-Maio 1978	346	329
2º Jun-Jul 1978	364	440
3º Mar-Dez 1978	391	811
4º Jan-Fev 1979	417	612
5º Abril 1979	389	908
6º Jul-Agos 1979	382	198

5.3. COLIFORMES FECAIS

As médias ponderadas das determinações de coliformes fecais, em amostras dos esgotos afluentes à lagoa em estudo, em três diferentes períodos experimentais, estão indicadas no quadro 5.

QUADRO 5

Concentrações de coli fecais em amostras de esgotos afluentes à lagoa de Maringã.

PERÍODO DE LEVANTAMENTO	COLI.FECAIS NMP 10^7 / 100 ml
Abr - Maio/1978	5,2
Jun - Jul /1978	6,9
Nov - Dez /1978	7,2

As concentrações apresentadas no quadro 5 são ligeiramente superiores às encontradas em diversas lagoas de estabilização levantadas anteriormente no Estado de São Paulo.

A contribuição "per capita" de coli.fecais", avaliada no presente levantamento, foi da ordem de 8×10^{10} /d em N.M.P.

6. EFICIÊNCIA DE FUNCIONAMENTO DAS LAGOAS

6.1. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

Os dados relativos à eficiência do funcionamento da lagoa de estabilização de Maringá, no tocante à remoção da DBO, são a apresentados no quadro 6.

Com base nestes dados, foram elaboradas as figuras 13 e 14 re relacionando as eficiências da remoção de DBO e as cargas apli cadas, nas lagoas anaeróbia e facultativa.

6.1.1. Lagoa Anaeróbia

Na lagoa anaeróbia, as eficiências avaliadas oscilaram de 64 a 75%, com cargas aplicadas de 33 a 91 g/m³ d. Dentro desta va riação, verificam-se dois níveis de eficiência, re lativamente distintos, em função de cargas aplicadas. Na faixa de 44 a 58 g DBO/m³d de carga, a eficiência manteve-se da ordem de 75% e, ao se aumentar a carga para uma faixa de 81 a 91 g DBO/m³ d a eficiência sofreu redução para aproximadamente 65%.

As eficiências, verificadas em relação às cargas apli cadas são bastante elevadas, se comparadas com os critérios utili zados normalmente para a lagoa anaeróbia.

6.1.2. Lagoa Facultativa

Com relação aos dados obtidos na lagoa facultativa em série, as eficiências determinadas foram re lativamente baixas, os cilan

QUADRO 6
RESULTADO DO CÁLCULO DE EFICIÊNCIA DE FUNCIONAMENTO DE LAGOAS ESTUDADAS

PERÍODO DE MANTENIMENTO	TIPO DE LAGOA	Q l/s	CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE DBO (MG/L)		FLUXO DE DBO KG/DIA		EFICIÊNCIA %		ÁREA m ²	VOLUME m ³	TEMPERATURA MÉDIA DO AR DURANTE PERÍODO DE MANTENIMENTO	TEMPO DE RESÍDUO (DIAS)
			AFLUENTE	EFFLUENTE	CAPSA	RESCARCA	FOR CÉLULA	TOTAL				
ABRIL/MAIO 1978	ANAERÓBIA FACULTATIVA	11	346	101	329	96	71	92	4000	10000	21,6	20,5
				29		28	71			18500	37000	
JUN/JULHO 1978	ANAERÓBIA FACULTATIVA	14	364	91	440	110	75	93	4000	10000	19,5	8,3
				24		23	74			18500	37000	
NOV/DEZ 1978	ANAERÓBIA FACULTATIVA	24	391	128	811	266	67	91	4000	13000	25,2	4,9
				35		73	73			18500	37000	
JAN/FEV 1979	ANAERÓBIA FACULTATIVA	16	416	106	575	149	74	91	4000	10000	24,9	7,2
				38		51	65			18500	37000	
ABRIL 1979	ANAERÓBIA FACULTATIVA	27	389	138	908	323	64	87	4000	10000	19,7	4,3
				48		114	65			18500	37000	
JUL/AGO 1979	FACULTATIVA UNICELULAR	6	382	158	198	82	69	4000	6000	17,9	11,6	

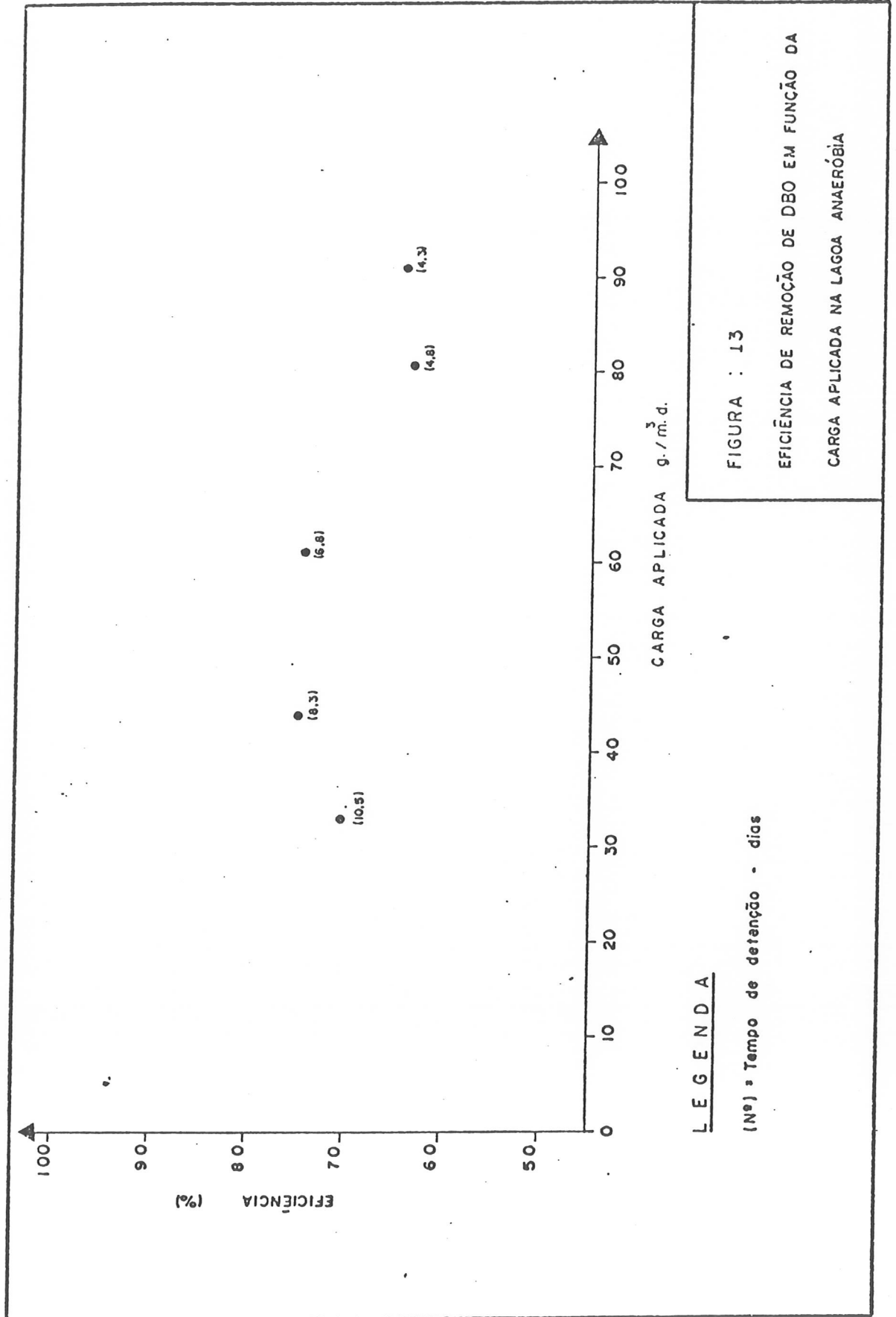
lando de 65 a 74%. Não se observou diferença significativa da eficiência em função de cargas aplicadas, as quais variaram de 5 a 17 g/m²d.

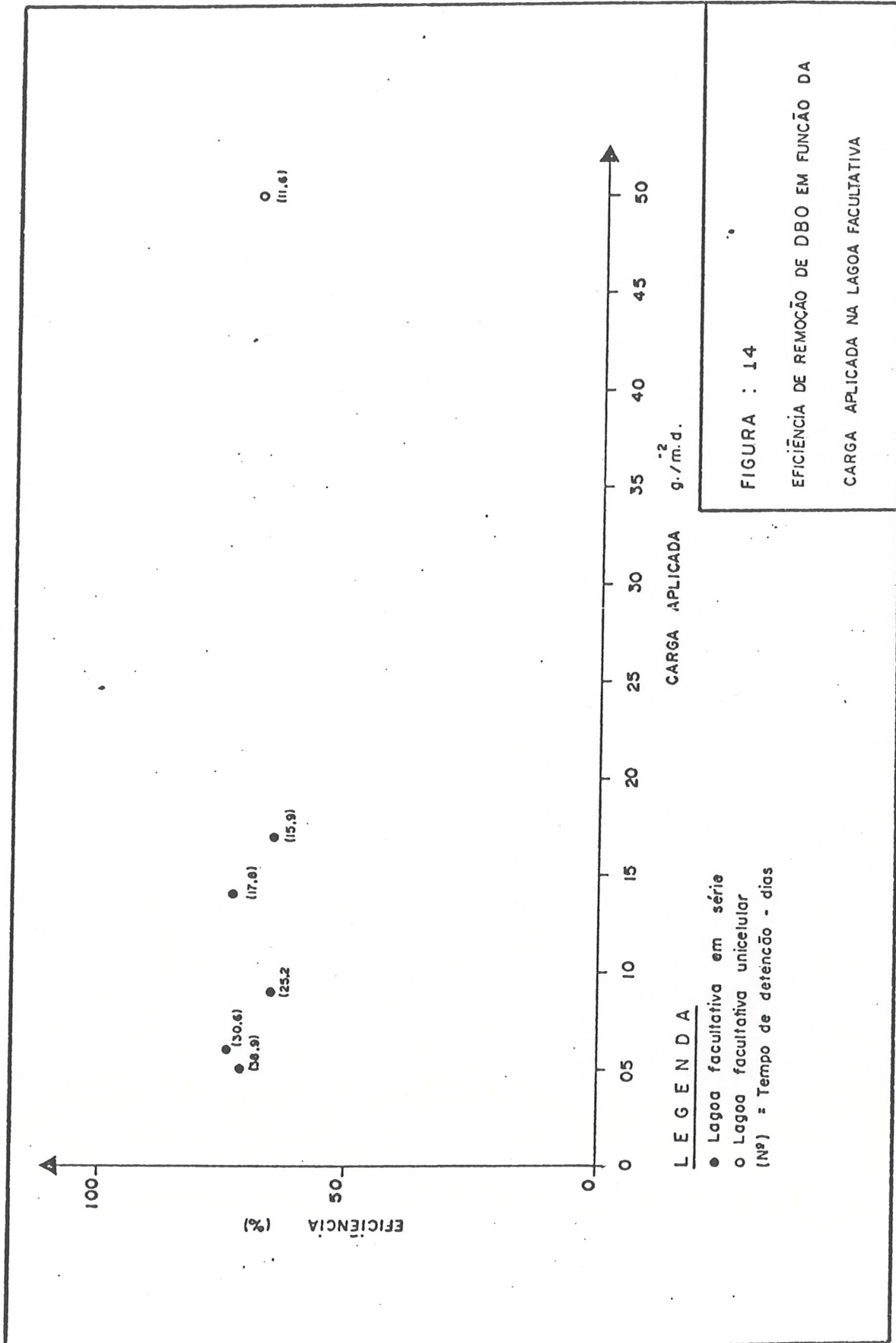
Não foi observada influência relevante da temperatura, nas eficiências do funcionamento, tanto na lagoa anaeróbia como na lagoa facultativa em série.

Nas experiências realizadas na lagoa facultativa unicelular, foi constatada eficiência em torno de 70%, quando da aplicação de uma carga de 50 g DBO/m² d.

Durante todo o período de estudo, a lagoa experimental apresentou reduzida proliferação de algas e a coloração da água se manteve ligeiramente cinza escura. A temperatura média do ar, observada durante o levantamento, foi de 18°C.

Considerando a eficiência obtida, da ordem de 70%, inferior a exigida para tratamento em nível secundário, podemos concluir que o limite máximo de carga aplicável no sistema de lagoa facultativa unicelular, deverá ser inferior a 50 g DBO/m² d, nas condições climatológicas estudadas.





6.2. COLIFORMES FECAIS

As eficiências de remoção de coliformes fecais, com base nos números mais prováveis (N.M.P.), e para os três períodos experimentais, são apresentados no quadro 7.

As eficiências da remoção de coliformes nas lagoas anaerôbia, oscilaram de 78 a 85% enquanto que na lagoa facultativa em série variaram entre 88 a 96%. Em termos do sistema australiano global, composto de lagoa anaeróbia e facultativa, as eficiências foram da ordem de 97 a 99%.

Tais eficiências, são da mesma ordem de grandeza daquelas verificadas nas lagoas de estabilização levantadas anteriormente no Estado de São Paulo.

QUADRO 7

Eficiência de remoção de coliformes fecais nas lagoas experimentais de Maringá

PERÍODO DE LEVANTAMENTO	TIPO DA LAGOA	CONC. DE COLI.FECAL N.M.P. 10^7 /100 ml		VAZÃO (l/s)	FLUXO DE COLI.FECAL N.M.P. 10^{14} /d		EFICIÊNCIA ⁸	
		AFLUENTE	EFLUENTE		AFLUENTE	EFLUENTE	CADA LAGOA	TOTAL
Abr - Maio/78	Anaeróbia Facultativa	5,2	0,9	11	4,9	0,8	83	99
		0,9	0,073		0,8	0,07		
Jun - Jul/78	Anaeróbia Facultativa	6,9	1,03	14	8,3	1,2	85	99
		1,03	0,04		1,2	0,04		
Nov - Dez/78	Anaeróbia Facultativa	7,2	1,6	24	15,0	3,3	78	97
		1,6	0,2		3,3	0,4		

6.3. REMOÇÃO DA DBO PELA SEDIMENTAÇÃO

São apresentados no quadro 8 os resultados das taxas de sedimentação da DBO, medidas nas lagoas em estudo. Estes dados representam os valores médios de 10 determinações realizadas no tempo de incubação de 24 horas para cada uma delas.

QUADRO 8

Taxas de Sedimentação da DBO em três diferentes pontos de coleta nas lagoas anaeróbia e facultativa.

		DBO $g/m^2 d$		
		1	2	3
Lagoa	Ponto			
	Anaeróbia	153	95	59
	Facultativa	5,9	4,0	1,0

Conforme previsto, verificou-se maior quantidade de sedimentação da DBO nos locais próximos às entradas de esgotos afluente e, menores, nas saídas, em ambas as lagoas.

No caso de se adotar o valor médio das três taxas de sedimentação da DBO apresentadas no quadro acima, para toda área das lagoas anaeróbia e facultativa, estima-se que as quantidades da DBO, removida pela sedimentação por dia, são da ordem de 409 kg para a primeira lagoa e de 14,5 kg para a segunda lagoa. Essas quantidades correspondem à cerca de 45% da

carga da DBO lançada diariamente na lagoa anaeróbia e 5% desta carga na lagoa facultativa. Esses valores correspondem também a 70% das quantidades removidas da DBO diariamente na lagoa anaeróbia e 7% na lagoa facultativa. As diferenças das eficiências verificadas, em cada lagoa, ou seja, 25% na lagoa anaeróbia e 2% da lagoa facultativa, são resultantes do acréscimo da DBO decorrente da fermentação do lodo e da redução da DBO devido à degradação da matéria orgânica contida no meio líquido.

e A

7. VARIAÇÃO VERTICAL DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD) NA LAGOA FACULTATIVA

A função básica da lagoa facultativa é a remoção de matéria orgânica, através do processo da oxidação. A eficiência deste processo depende, praticamente, da espessura da camada oxidante disposta abaixo da superfície da lagoa. Isso significa que, quanto maior a espessura dessa camada tanto melhor a eficiência do funcionamento da lagoa.

Nesse sentido, o comportamento da distribuição vertical de OD é um dos fatores considerados mais importantes para o projeto da lagoa facultativa.

Dentre os resultados obtidos em 36 levantamentos na lagoa facultativa de Maringá, foram selecionados os dados mais representativos para caracterizar as variações de temperatura e concentrações de oxigênio, em função da profundidade d'água, nos períodos de inverno, primavera e verão, respectivamente. São apresentadas nas figuras 15,16,17 e 18 tais variações, nas três estações do ano.

No período de inverno (figura 15), a amplitude da variação da temperatura, conforme a profundidade d'água, é bastante limitada. Observou-se apenas uma diferença de 1,0 a 1,5 grau entre superfície d'água e profundidade de 1,4 m, mesmo no período das 12 h às 16 h, quando houve maior aquecimento da água, sendo que os valores da temperatura nos demais horários foram praticamente uniformes em todas as profundidades. Este fato demonstra a predominância de intensa circulação vertical da massa líquida nessa época de frio.

Os valores da temperatura, registrados durante as 24 horas do levantamento, variaram de 17,5°C a 21,5°C.

Decorrente desse comportamento hidráulico, a variação de OD, conforme as profundidades, também foi limitada. Mesmo no pe

ríodo diurno, a máxima diferença de OD encontrada entre a camada superior e inferior foi da ordem de 3 a 5 mg/l, no intervalo de 16 às 24 horas.

Como consequência da baixa temperatura reinante nessa época do inverno, que interferiu em todos os processos bioquímicos e biológicos, as concentrações de OD na lagoa em estudo foram baixas. O máximo valor encontrado, durante o período do levantamento, foi de apenas 12 mg/l.

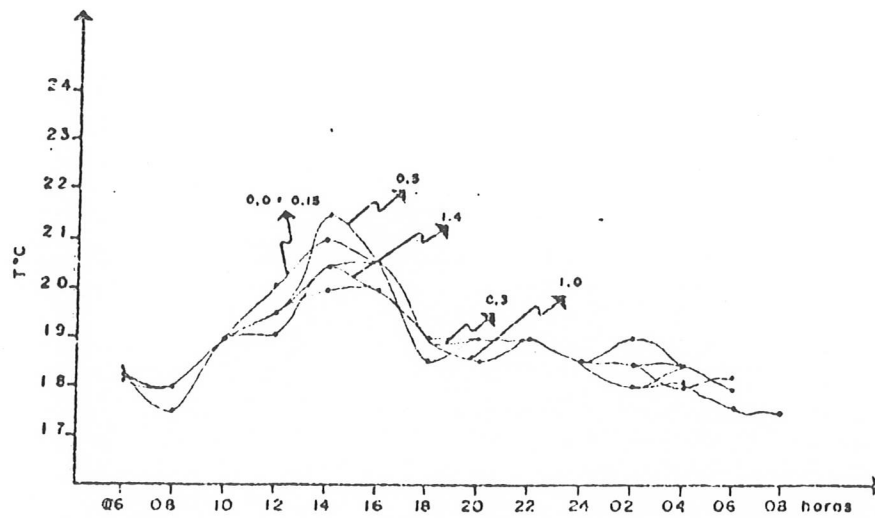
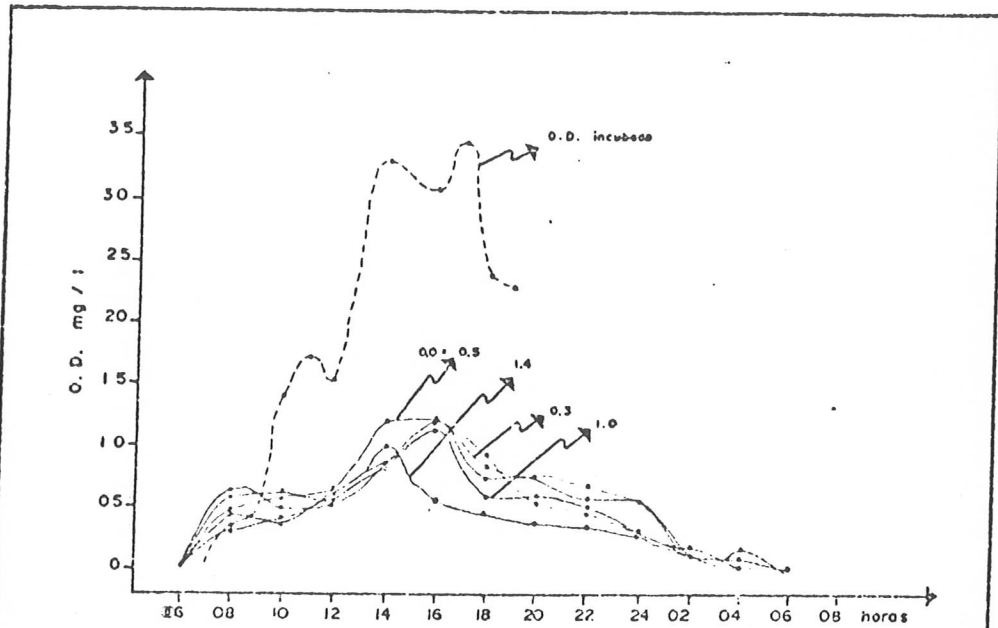
A produtividade das algas, que são os principais fornecedores de OD, também foi baixa. Os valores de pigmento clorofilado de algas, determinados em várias profundidades, oscilaram de 390 a 786 mg/m³, havendo pouca variação no sentido vertical, como no caso da temperatura e OD (Quadro 9).

QUADRO 9

VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA-A EM VÁRIAS PROFUNDIDADES MEDIDAS NO PERÍODO DE 24 HORAS
 - LAGOA FACULTATIVA DE MARINGÁ -
 DIA 14/07/78

PROF. (cm)	HORA DE COLETA											
	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	24:00	2:00	4:00
0,0	564	560	456	629	-	-	-	-	642	641	471	470
15	747	516	467	459	-	-	-	-	755	647	470	431
30	468	511	467	459	-	-	-	-	786	604	-	603
50	565	434	433	491	-	-	-	-	612	622	538	350
75	531	434	555	492	-	-	-	-	680	682	537	555
100	492	435	435	492	-	-	-	-	619	694	640	493
120	555	450	423	455	-	-	-	-	540	522	516	515
140	537	390	558	434	-	-	-	-	636	671	476	493

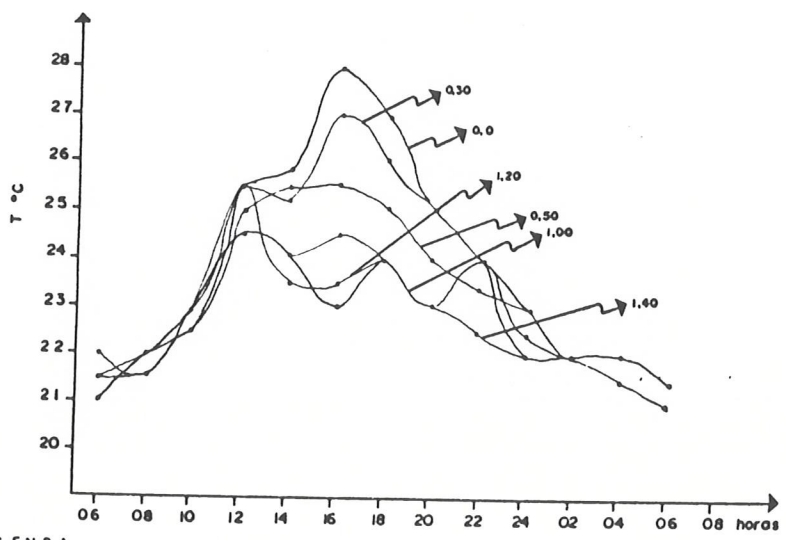
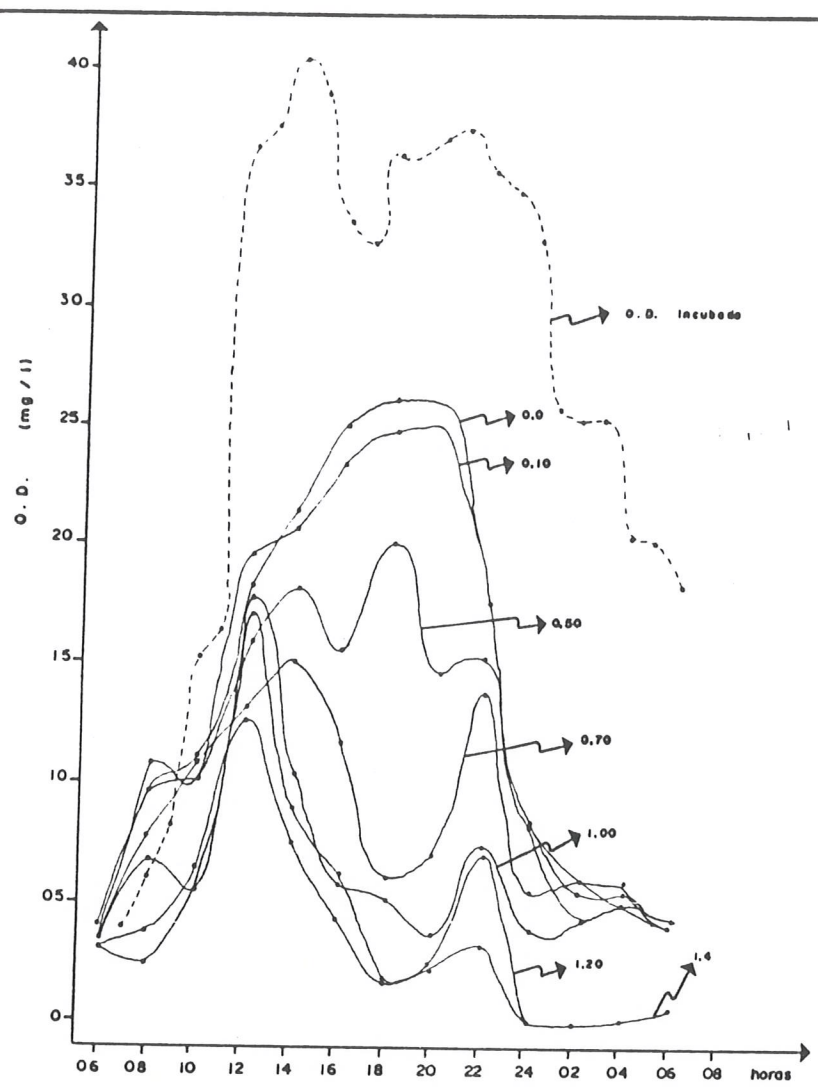
OBS.: OS RESULTADOS DAS ANÁLISES OBTIDOS NO PERÍODO DE 14:00 a 20:00 HORAS FORAM EXTRAVIDADOS



LEGENDA

Valores indicados = profundidade da água (m)

FIGURA : 15
 VARIAÇÃO DE O.D. E TEMPERATURA NAS
 DIFERENTES PROFUNDIDADES DA ÁGUA NUM
 PERÍODO DE 24 HORAS.
 DIA : 14/07/78

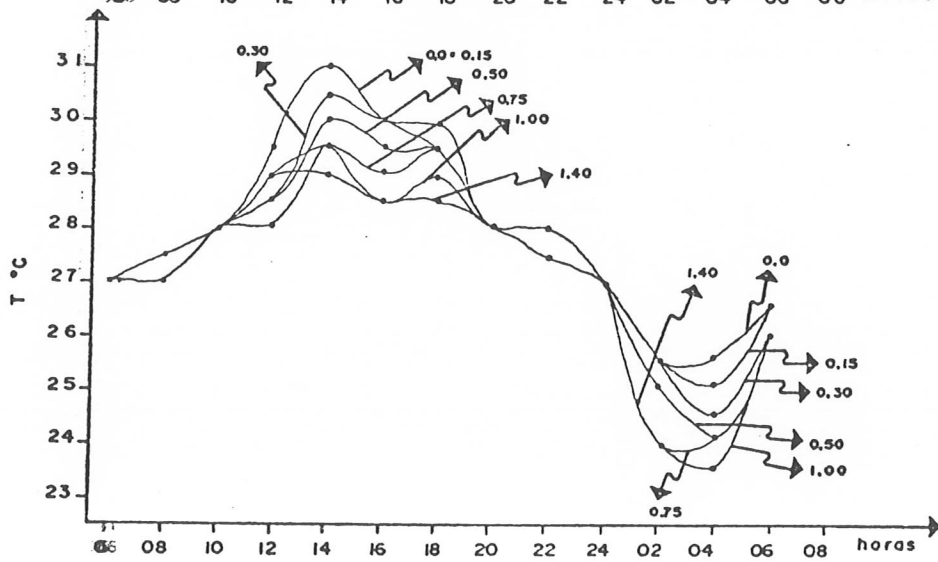
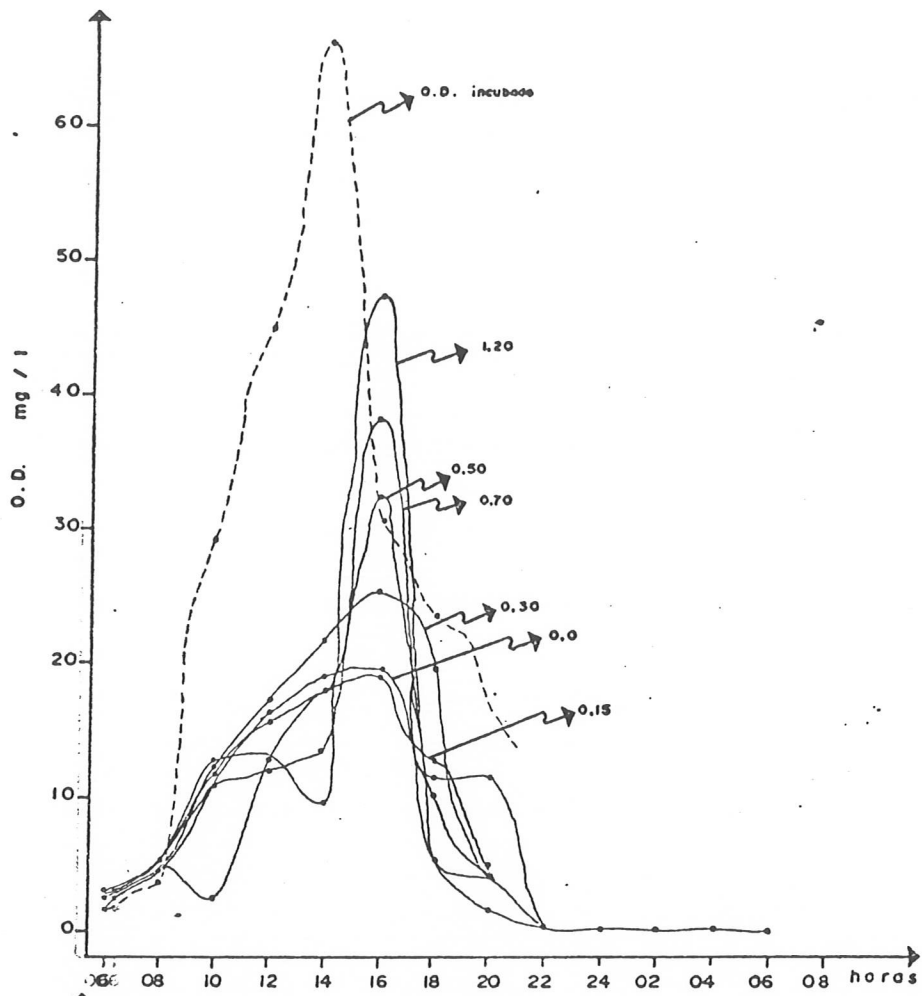


LEGENDA

Valores indicados = profundidade da água (m)

FIGURA: 16

VARIAÇÃO DE O.D. E TEMPERATURA NAS
DIFERENTES PROFUNDIDADES DA ÁGUA NUM
PERÍODO DE 24 HORAS.
DIA : 22/09/78



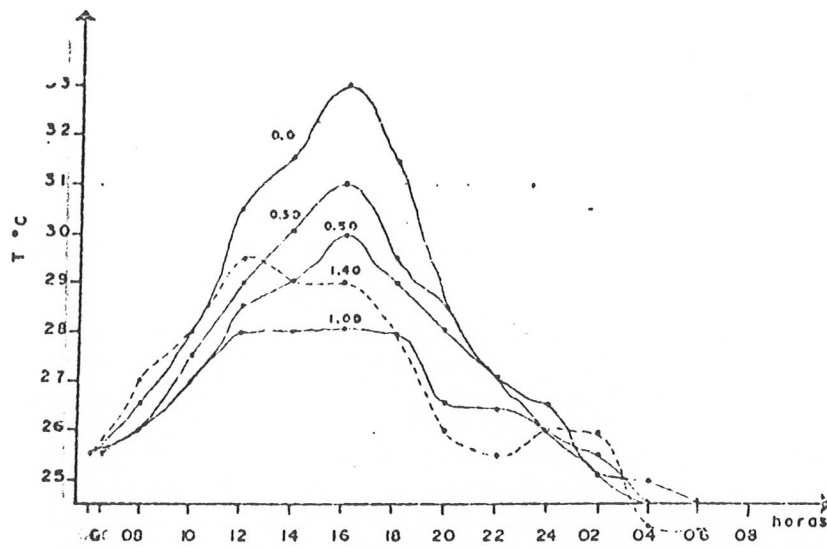
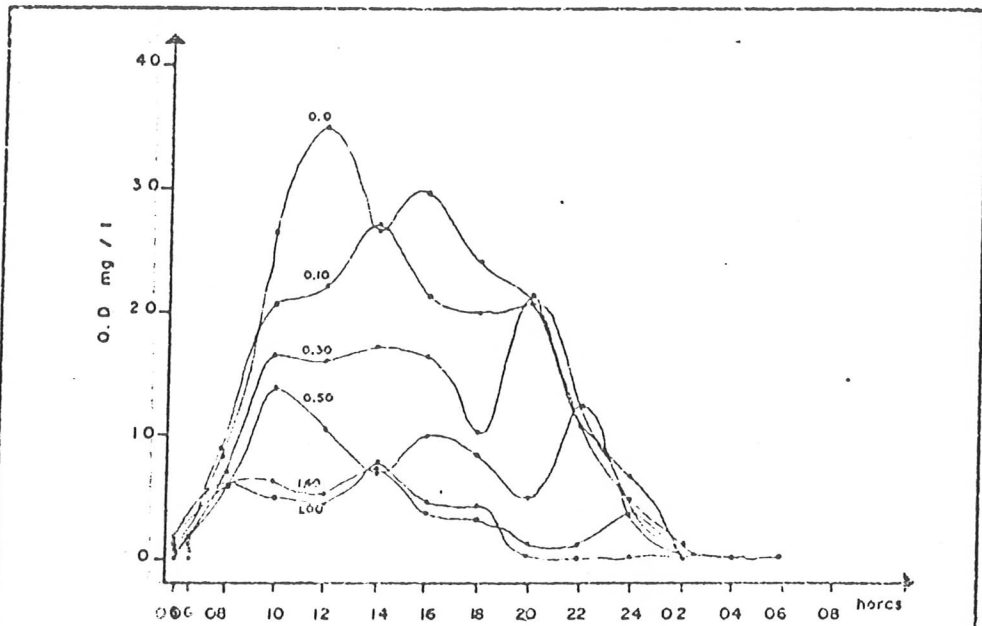
LEGENDA

Valores indicados = profundidade da água (m)

FIGURA: 18

VARIACÃO DE O.D. E TEMPERATURA NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES DA ÁGUA NUM PERÍODO DE 24 HORAS.

DIA : 11/12/78



LEGENDA

Valores indicados = profundidade da água (m)

FIGURA 17

VARIACÃO DE O.D E TEMPERATURA NAS
DIFERENTES PROFUNDIDADES DA ÁGUA NUM
PERÍODO DE 24 HORAS
DIA : 31/01/79

Na época da primavera, já se observou pronunciada estratificação térmica. Como se verifica na figura 16, este fenômeno começou a evidenciar-se por volta das ¹²10 horas, atingindo máximo grau de estratificação no período da tarde (das ¹⁶12 h às ¹⁶16 h). À noite, a medida que houve decréscimo da temperatura da camada superior d'água, foi quebrando a estrutura da termoclina, provocando circulação das massas líquidas em todas as profundidades. Segundo dados apresentados na figura 16 ocorreu uma mistura quase completa na lagoa, por volta das ²⁴22 h. A diferença da temperatura máxima observada entre superfície e fundo foi de 5°C.

Acompanhando o desenvolvimento da estratificação térmica, a variação da concentração de OD, conforme as profundidades, foi intensificada.

No período da tarde, quando se atingiu maior grau de estratificação, a concentração da OD na superfície d'água chegou a 26 mg/l, enquanto que, nas profundidades de 1,2 a 1,4 m atingiu apenas a ordem de 2 mg/l.

No período noturno, como no caso da temperatura, os valores de OD, em várias profundidades, tendem a se uniformizar. Ao mesmo tempo, observou-se rápida redução das concentrações de OD, em todas as camadas, devido à respiração da bactéria e do fitoplâncton, embora não tenha surgido condição anaeróbia na maioria das profundidades.

Na primavera, houve considerável aumento da produção do fitoplâncton em relação ao inverno. Em termos do pigmento clorofilado destes organismos, as concentrações obtidas no dia do levantamento variaram de 740 a 2500 mg/m³, sendo a média geral de 1248 mg/m³. (quadro 10).

Observou-se, também, significativa diferença de concentração deste parâmetro, em função da profundidade, notadamente nos pe

ríodos das 14 h, 16 h e 18 h, ocasião em que houve maior nível de estratificação térmica. Essa variação vertical foi caracterizada pelo maior valor da clorofila na profundidade, logo abaixo da superfície, decaindo rapidamente com o aumento da profundidade.

O fenômeno é bastante comum, verificando-se frequentemente em lago eutrófico; tal variação pode ter a seguinte explicação: geralmente, a intensidade de radiação solar, acima de determinado nível, é prejudicial às atividades de microorganismos clorofilados (3). Portanto, em condição estática de massa líquida, formada pela estratificação térmica, as algas localizadas na camada superficial sofrem, via de regra, diminuição de processos fotossintéticos, principalmente na hora de maior intensidade da radiação solar. O mesmo critério pode ser aplicado ao caso da temperatura, tendo em vista que a faixa de temperatura ótima para metabolismo de algas está em torno de 20 a 25°C.

Nessas condições críticas, as algas que possuem o mecanismo de metabolização, tais como os organismos pertencentes à família de flagelados, podem deslocar-se para um ambiente mais adequado às suas atividades fisiológicas, o qual corresponde normalmente, à profundidade pouco abaixo da superfície d'água.

Da mesma maneira, os organismos flagelados, existentes na camada inferior, não dispõem de suficiente energia solar e procuram assim, atingir a camada superior, gerando maior densidade populacional do fitoplâncton em profundidade intermediária, entre a superfície e a camada inferior.

De acordo com esta teoria, pode-se concluir que a presença de fitoplâncton flagelado é benéfico quanto ao aspecto da produtividade de OD na lagoa facultativa.

QUADRO 10

VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA-A EM VÁRIAS PROFUNDIDADES MEDIDAS NO PERÍODO DE 24 HORAS
 - LAGOA FACULTATIVA DE MARINGÁ -
 DIA 22/09/78

PROF. (Cm)	HORAS DE COLETA											
	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	24:00	2:00	4:00
0,0	896	1639	1535	2085	2063	2385	1965	1228	830	900	951	915
15	1010	1612	1361	1893	2090	2360	1997	1258	836	872	1029	865
30	969	1827	1259	1841	1880	2250	2174	1346	760	895	1007	902
50	1023	1509	1374	1714	1420	1856	1639	1366	893	920	982	966
75	927	1383	1208	1446	1116	1033	1004	1242	897	984	1044	862
100	1033	1361	1460	1602	882	767	850	966	927	1291	1196	875
120	947	1503	975	1208	760	740	725	923	931	1574	1275	1428
140	951	818	967	1460	851	852	663	910	658	1617	1295	1324

QUADRO 11

VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA-A EM VÁRIAS PROFUNDIDADES MEDIDAS NO PERÍODO DE 24 HORAS
 - LAGOA FACULTATIVA DE MARINGÁ -
 DIA 11/12/78

PROF. (cm)	HORAS DE COLETA											
	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	24:00	2:00	4:00
0,0	1877	1344	1425	1931	1502	1873	1804	1675	1641	1640	1833	1599
15	1674	1695	1576	1805	1419	1263	1768	1807	1853	1562	1812	1653
30	1656	1682	1823	1617	1867	1898	1883	1760	1772	1901	1740	1791
50	1750	1777	1694	1427	1426	1787	1747	1984	1726	1693	1672	1577
75	1974	1542	1690	1432	1118	1714	1677	1903	1785	1840	1627	1655
100	1685	1462	1820	1507	948	1707	1644	1890	1833	1424	1480	1417
120	1835	1337	1868	1502	1126	1701	1410	1878	1507	1686	1461	1568
140	1651	1648	1603	1236	1529	1792	509	1586	1569	1523	1498	1556

QUADRO 12

VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA-A EM VÁRIAS PROFUNDIDADES MEDIDAS NO PERÍODO DE 24 HORAS
 - LAGOA FACULTATIVA DE MARINGÁ -
 DIA 31/01/79

PROF. (cm)	HORAS DE COLETA											
	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	24:00	2:00	4:00	
0,0	-	1399	1148	1856	1695	1592	1111	1030	1071	894	944	
15	1122	1151	1035	1653	1339	1717	1711	1224	1316	1465	1228	
30	1172	1240	1146	1691	1284	1074	1364	1307	1311	1232	1219	
50	1160	1434	1066	1291	984	1661	1048	1351	1278	1276	1298	
75	744	1360	1014	1277	984	1291	1222	1273	1349	1069	1277	
100	962	1268	1218	1116	810	1350	1305	1300	1221	1244	-	
120	1004	1222	1046	1541	1372	-	1151	1250	1210	1218	-	
140	1518	1433	853	1346	1102	707	1091	-	711	947	-	

OBS.: OS RESULTADOS DE ANÁLISES COM SÍMBOLO (-) APRESENTAM PREJUDICADOS.

A fim de apresentar dois padrões diferentes da variação vertical da qualidade da água, no período de verão, foram elaboradas as figuras 17 e 18.

Os dados plotados na figura 17¹³ representam o padrão normal de estratificação térmica, em época quente, quando há desenvolvimento de intensa termoclina e considerável diferenciação da concentração de OD, tanto na coluna vertical da água como nos períodos entre o dia e a noite.

Por outro lado, o comportamento observado na figura 18 é distinto de quaisquer modalidades apresentadas até agora.

Embora a temperatura na superfície d'água tenha atingido aproximadamente 31°C , no período diurno, não houve desenvolvimento intenso de estratificação térmica. Esse fenômeno pode ser explicado pela interferência do vento, que contribui para a minimização da formação da termoclina. Conforme dados de ventos medidos na lagoa experimental, no período da manhã (das 8 h às 10 h), quando poderia ter se iniciado a estratificação, houve elevada velocidade do vento (4,2 a 4,5 m/s), impedindo assim a ocorrência deste fenômeno. No período das 12 h às 16 h, apesar de ter se mantido quase a mesma velocidade de do vento verificado no período da manhã, o intenso aquecimento d'água poderia ter superado a energia proveniente do vento, permitindo a formação térmica, embora em escala bastante limitada (diferença de 2°C entre a superfície e o fundo da lagoa); no princípio da noite, a velocidade do vento diminuiu. Porém, a perda de calor da água, na camada superior, promoveu circulação vertical da massa líquida.

A variação vertical de OD apresentou o mesmo comportamento da temperatura. A diferença das concentrações de OD, conforme a profundidade, foi restrita, mesmo no período de maior aquecimento, excetando-se a observada às 16 h. Neste horário registrou-se considerável e gradativo aumento de OD, de acordo com as profundidades de 0,75, 1,00 e 1,2 metros. Entretanto não foi possível esclarecer a particularidade desse fenômeno através dos dados disponíveis no presente estudo.

A vantagem da circulação vertical da massa líquida pela produção de OD, naturalmente no período diurno, pode ser demonstrada pela diferença dos valores de OD, medidos no frasco incubado à superfície da água e levantados em várias profundidades. Os valores medidos no frasco representam, de forma hipotética, a produtividade de OD na superfície da água em condição estática da massa líquida e, os valores medidos em várias profundidades representam as condições reais, com circulação vertical, proporcionada pelos fatores ambientais.

São apresentadas, comparativamente, no quadro 13 dois exemplos típicos de produtividade de OD estimados por unidade de área (m^2) da água, por dia, para as diferentes condições hidráulicas citadas.

QUADRO 13

VALORES DA PRODUTIVIDADE DE OD (g/m^2d) AVALIADOS EM CONDIÇÃO ESTÁTICA E CONDIÇÃO DE CIRCULAÇÃO NATURAL DA MASSA LÍQUIDA.

CONDICÃO HIDRÁULICA	DATA DE COLETA	
	14/07/78	22/9/78
em condição estática	4,7	6,5
em circulação	10,8	12,0

Obviamente, as produtividades de OD, em condição estática, apresentam-se sensivelmente menores do que as da condição hidráulica com circulação natural.

Assim, de acordo com as discussões apresentadas anteriormente pode-se constatar que a temperatura e o vento interferiram, de alguma forma, na distribuição vertical de oxigênio na lagoa facultativa.

Com o objetivo de verificar os níveis de interferência de cada um desses fatores ambientais, no comportamento da variação de OD, realiza-se uma investigação estatística baseada em todos os dados levantados durante o estudo.

Os fatores introduzidos nessa investigação foram: pH, clorofila-a, vento, temperatura d'água, profundidade e concentração de OD.

A técnica estatística empregada foi de regressão multilinear. Os resultados desse tratamento estatístico são resumidos no quadro 14.

Através desses resultados, concluiu-se que a temperatura e a profundidade da água constituem-se respectivamente, nos fatores mais significativos para a variação vertical de OD. A velocidade do vento não apresentou relevância equivalente à da temperatura e profundidade. Entretanto, nota-se a existência de uma elevada correlação entre a velocidade do vento e a temperatura. Isto significa que o fator vento interfere consideravelmente na variação vertical de OD através do fenômeno da estratificação térmica.

QUADRO 14

 RESULTADO DE TRATAMENTO ESTATÍSTICO PARA VERIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA
 DE VÁRIOS FATORES AMBIENTAIS NA DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DE OD

VARIÁVEL	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	Número de Observação Número de Variável
OD	12.22550	5.23466	208
Clorofila	1040.21924	466.32788	6
pH	8.27596	41818	4
Tem.Água	27.13509	3.34227	Número de Seleção
Vel.Vento	3.08462	1.34881	Número de Constante
Prof.Água	66154	47778	.010

VARIÁVEIS	OD	CLOROFILA	pH	TEMP. ÁGUA	VEL. VENTO	PROF. ÁGUA
OD	1.00000	.26318	.62383	.45735	.25230	.42598
CLOROFILA	.26318	1.00000	.07390	.39148	.27605	.05382
pH	.62383	.07390	1.0000	.52945	.22887	.25732
TEMP. ÁGUA	.45735	.39148	.52948	1.0000	.50392	.10298
VEL. VENTO	.25230	.27605	.22887	.50392	1.0000	.00373
PROF. ÁGUA	.42598	.05382	.25732	.10298	.00373	1.0000

8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. SUPERINTENDÊNCIA DE PESQUISA - CETESB. Condições de funcionamento de sete lagoas de estabilização no Estado de São Paulo. Contrato CTS - 0057/77. BNH - CETESB. 1979.
2. KÖPPEN, W., Classificação de clima pelo sistema de Köppen citado no Atlas climatológico e ecológico do Estado de São Paulo. Comissão interestadual da Bacia do Paraná e Uruguai. 1966.
3. RYTHER, J.H. Phyotosynthesis in the Ocean as a Function of Light Intensity. Limnol. Oceanog. 1956, 1, 61-70.