

INFLUÊNCIA DA ESTAÇÃO DO ANO E DO FERTILIZANTE APLICADO NA  
PRODUÇÃO ORGÂNICA DE TANQUES DE CRIAÇÃO DE PEIXES.  
I. PRODUÇÃO PRIMÁRIA (1)

(Influence of season and fertilizer applied on the organic production in ponds.  
I. Primary Productivity)

Newton CASTAGNOLLI<sup>2</sup>  
Gizelda da Trindade e OLIVEIRA<sup>3</sup>  
Sérgio OSTINI<sup>4</sup>  
Manoel PEREIRA FILHO<sup>5</sup>

RESUMO

O experimento foi instalado em dois períodos de igual duração (60 dias) no verão e inverno de 1977, em 12 tanques de igual dimensão (5,0 x 9,0 x 1,2 m) do Setor de Piscicultura da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus de Jaboticabal, Estado de São Paulo, a 22,5° Latitude Sul. Em cada tanque foram colocados, em ambos os períodos, 95 alevinos de carpa (*Cyprinus carpio* L.), Tilápia do Nilo (*Sarotherodon niloticus*) e tilápia híbrida de tamanho uniforme. Foram testados 4 tratamentos constituídos de: 1. Matéria orgânica + NP (estrupe de coelho na proporção de 0,5 ton./ha/mês, mais 50 kg de N/ha na forma de sulfato de amônia e 20 kg/ha de P (superfosfato simples), aplicados em intervalos de 15 dias; 2. MO + N (a mesma adubação orgânica suplementada quinzenalmente, apenas com igual dose de sulfato de amônia); 3. MO + P (o mesmo fertilizante orgânico suplementado também a cada 15 dias somente com superfosfato simples) e 4. controle (tanques sem adubação). O delineamento experimental constou de 3 repetições de cada um dos 4 tratamentos, dispostos inteiramente ao acaso nos 12 tanques experimentais. Diariamente foram controlados parâmetros meteorológicos, (radiação solar, precipitação pluviométrica e temperatura ambiente) e fatores hidrológicos físicos e químicos foram determinados em intervalos regulares de 1 ou 2 semanas. A produção primária e o "standing-stock" do fitoplâncton foram estimados semanalmente nos dois períodos experimentais. No que se refere aos nutrientes N e P, os resultados deste trabalho mostraram que só houve respostas em termos de incrementos da produção orgânica, em todos os níveis, à administração do N na forma de sulfato de amônia.

ABSTRACT

The experiment was set up in 12 ponds of similar dimension (5.0 x 9.0 x 1.2 m) of Fish Culture Section of Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP Campus de Jaboticabal. Each pond was stocked with 95 *Cyprinus carpio*, *Sarotherodon niloticus* and hybrid tilapia fingerlings during 60 days in 1977's summer and winter seasons. Trials consisted on fish pond fertilization as follows: 1. Rabbit manure at the level of 0.5 ton./ha/month plus the inorganic fertilizers ammonium sulphate (50 kg N/ha) and simple superphosphate at the level of 20 kg P/ha/year; 2. The same organic manure supplemented only with ammonium sulphate; 3. The same organic manure plus simple superphosphate at the same level of the treatment 1 and 4, control (no fertilization). Each treatment with 3 replicates was plotted entirely at random among the 12 experimental ponds. Meteorological and hydrological (chemical and physical water conditions) parameters and also biological data such as phytoplankton standing — stock and primary production were weekly determined. Great seasonal variations were observed qualitative and quantitatively due to nutrient recycling in the pond water, that was responsible for the larger organic production in ponds during summer season. Concerning to N and P nutrients only N fertilization (with or without P) increased organic production at all levels in the ponds.

- (1) Dados parciais de tese de livre-docência do primeiro autor apresentada à FCAVJ/UNESP Campus de Jaboticabal.
- (2) Diretor-Geral Substituto do Instituto de Pesca — Prof. Titular da FCAVJ/UNESP — Jaboticabal.
- (3) Prof. Assistente — Universidade Federal da Paraíba — Escola de Agronomia de Areia.
- (4) Zootecnista — Divisão de Pesca Marítima — Instituto de Pesca.
- (5) Pesquisador — Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA.

## 1. INTRODUÇÃO

A fertilização de tanques ou represas, a exemplo do que ocorre com a adubação dos solos provoca o aumento da produção orgânica.

Os chineses, há mais de 3.000 anos, utilizavam resíduos orgânicos nos tanques de criação de peixes visando aumentar sua produtividade (HUET, 1970).

Segundo O'BRIEN & DE NOYELLES JR. (1974) uma das primeiras e importantes contribuições da limnologia foi a observação de Brandt em 1899, de que os elementos N e P são limitantes à produção primária em um ambiente aquático. DICKMAN (1973) e O'BRIEN & DE NOYELLES JR. (1974) confirmaram aquela informação observando que a densidade do fitoplâncton aumenta com os níveis dos fertilizantes (Nitrogênio e fósforo). HEPHER (1962) observou, em tanques fertilizados com sulfato de amônia e superfosfato, uma produção primária expressa em mg de C/m<sup>2</sup>/hora 5 vezes maior do que nos tanques não fertilizados, enquanto que RUSSEL-HUNTER (1973) assevera que o uso de N e P como fertilizantes pode aumentar de até 4 vezes a produção de peixes.

Foi porém PENNAK (1946), um dos primeiros autores a se preocupar com os aspectos relativos à dinâmica das populações de plâncton de água doce, considerando as relações nutricionais entre seus organismos; a natureza da variação das populações de plâncton; os prováveis fatores determinantes, bem como a avaliação da produtividade primária como base para a determinação da capacidade biogênica dos ecossistemas aquáticos.

Outra grande conquista da limnologia foi a possibilidade de se estimar o "standing-stock" do fitoplâncton a partir da determinação do teor de clorofila por Kominski (1938) e Manning & Juday (1941), *in* VOLLENWEIDER (1969).

A determinação mais precisa da produção primária em ecossistemas aquáticos através da fixação do carbono inorgânico foi realizada pela primeira vez por Steemann-Nielsen (1952), *in* TUNDISI & TUNDISI (1976) com a incubação de C<sub>14</sub> em garrafas transparentes e

escuras contendo uma amostra de água do local, com posterior análise do teor de C<sub>14</sub> incorporado pelas algas do fitoplâncton das amostras.

Segundo TUNDISI & TUNDISI (1976) os principais fatores que interferem na produção primária são os climatológicos energia radiante e precipitação total e os fatores hidrológicos, penetração da luz, a estrutura térmica da coluna d'água e a dinâmica dos nutrientes inorgânicos.

### *O Papel dos Nutrientes na Água dos Tanques*

Antes de se proceder à adubação dos tanques é interessante e necessária a calagem dos mesmos, uma vez que com a correção da acidez da água e do sedimento do fundo do tanque há um aproveitamento mais eficiente dos nutrientes disponíveis. BOYD & SCARSBROOK (1976) afirmaram que a simples calagem dos tanques com calcário dolomítico é responsável pelo aumento da produção primária. Os autores destacam ainda que a calagem neutraliza a acidez do sedimento do fundo e facilita a liberação do fósforo na forma de ortofosfato (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>).

BOYD (1976) destacou a importância da calagem ao relatar que só são obtidas respostas satisfatórias de adubações de tanques quando a alcalinidade é superior a 20 ppm. Se a alcalinidade estiver entre 10 e 20 ppm a resposta pode ou não ser favorável e, praticamente não há aproveitamento dos nutrientes se a alcalinidade é inferior a 10 ppm.

Segundo HEPHER (1966), geralmente é baixo o teor de fósforo dissolvido na água, pois a maior parte fica adsorvida aos colóides do fundo e outros sólidos em suspensão. Com efeito, esse mesmo autor (HEPHER, 1958) havia determinado que apenas 1 a 5% do fósforo adicionado permanece na água 24 a 48 horas após a adubação em virtude da tendência de restabelecimento do equilíbrio ao nível do teor em que esse elemento se encontrava na água do tanque antes da fertilização.

Segundo RUSSEL-HUNTER (1973), o nitrogênio é mais prontamente assimilado sob a forma de nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e é elimi-

nado como N orgânico pelas excreções dos organismos vivos ou definitivamente com a morte destes e sob a ação de bactérias passa à forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), de nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) e de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ).

De acordo com DUGDALE & GOERING (1967), apenas 10% do N total é fixado pelas algas do fitoplâncton sob a forma amoniacal e, como a amônia é o resultado da rápida degeneração do N, o aumento da produção primária se intensifica no período em que há maior fixação de N

ou subida do nitrato das camadas inferiores.

O objetivo deste trabalho foi o de determinar qual o fertilizante mineral mais adequado ao aumento do "Standing-stock" do fitoplâncton e da produção primária em tanques adubados nos períodos de verão e inverno, bem como o estudo comparativo da influência que os fatores climatológicos, especialmente a radiação solar e, como consequência, a temperatura exercem na produção orgânica dos tanques.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em 12 tanques de igual dimensão (5,0 x 9,0 x 1,2 m) do Setor de Piscicultura da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, "Campus" de Jaboticabal, Estado de São Paulo. Foi conduzido em duas etapas com igual duração de 60 dias, no verão e inverno.

Os tanques eram abastecidos com água da mesma procedência e de fluxo constante de 2 a 3 l/minuto.

O delineamento experimental utilizado (janeiro-fevereiro e julho-agosto de 1977) foi o inteiramente ao acaso com 3 repetições de cada um dos seguintes tratamentos:

Tratamento 1 — Adubação orgânica e mineral nitrogenada e fosfatada (MO + NP); Tanques 1, 7 e 8.

Tratamento 2 — Adubação orgânica e mineral, apenas nitrogenada (MO + N); Tanques 2, 3 e 5.

Tratamento 3 — Adubação orgânica e mineral, apenas fosfatada (MO + P); Tanques 6, 9 e 10.

Tratamento 4 — Controle sem fertilizantes orgânicos ou minerais (T); Tanques 4, 11 e 12.

A adubação orgânica era constituída à base de esterco de coelho seco e triturado, em aplicações mensais à dose de 6,0 toneladas/ha/ano. Os adubos minerais utilizados foram sulfato de amônia e superfosfato simples, aplicados a cada 15 dias, respectivamente na proporção de 50 e 25 kg de N e  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha/ano.

Uma semana após a calagem (500 kg de calcário/ha) em ambos os períodos experimentais, os tanques, completamente cheios foram adubados, dissolvendo-se previamente os fertilizantes minerais e orgânicos e a seguir espalhados uniformemente por toda superfície da água dos tanques.

Alguns dias depois da adubação, cada tanque recebeu 95 alevinos de carpa e tilápia, o que corresponde a uma densidade aproximada de 2 peixes/m<sup>2</sup>.

A produção primária foi observada semanalmente em todos os tanques experimentais pelo método de Gaarder & Gran (1927), citado por TUNDISI & TUNDISI (1976), com incubação durante duas horas em garrafas transparentes e em escuras de 250 ml. Por esse método a produção primária em mg C/m<sup>2</sup>/hora é estimada com base na seguinte fórmula:

$$\text{mg C} = 4 \times \text{ml } \text{O}_2 \times \text{K}, \text{ para } \text{K} = \frac{\text{d.C}}{\text{h.O}_2} \\ = 1.000 \times \frac{\text{d.C}}{\text{h.O}_2} \times \text{vol.}, \text{ onde}$$

d = Densidade do oxigênio (1,1053),  
C = Peso atômico do carbono (12),  
 $\text{O}_2$  = Peso molecular do oxigênio (16); h = tempo de incubação das amostras, em horas (2) e

ml  $\text{O}_2$  = Diferença entre o teor de  $\text{O}_2$  dissolvido após 2 horas de incubação entre as análises feitas, com amostras das garrafas de 250 ml transparentes e das escuras.

O "standing-stock" do fitoplâncton foi determinado através da estimativa do número de organismos/l após concentração de amostras com volume de 1 litro e filtragem em tecido de nylon de 50  $\mu$  de malha, reduzindo o volume para alíquotas de 10 ou 20 ml, para contagem em câmara de Neubauer. O número total de indivíduos foi estimado em função da concentração da amostra coletada. A radiação solar global foi estimada a partir dos dados obtidos no pireliômetro EPPLEY.

A transparência foi determinada diretamente com disco de Secchi. A alcalinidade foi determinada pelo método dos indicadores, o pH através de leitura direta em pH metro "Micronal" e o oxigênio dissolvido pelo método de Winkler, de acordo com American Public Health Association & American Workers Association (1965).

A análise estatística dos dados foi procedida com base em SNEDECOR (1956) e PIMENTEL GOMES (1963).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para uma melhor interpretação dos resultados deste trabalho foram enfocados globalmente e analisados todos os parâmetros ambientais e hidrológicos cuja variação foi possível determinar e que em maior ou menor escala contribuíram para a produção orgânica dos tanques nos períodos de verão e inverno.

O estudo da interação entre os parâmetros mencionados foi conduzido tendo-se em vista, identificar quais os mais importantes para a produção final de peixes.

#### 3.1 Parâmetros Ambientais

##### 3.1.1 Radiação Solar

A radiação solar medida em cal/cm<sup>2</sup>/dia nos períodos do verão e inverno aparece na Figura 1. Como era de esperar no período de verão é bem mais intensa a radiação solar e, como consequência, as somatórias da energia radiante incidente sobre a superfície dos tanques foi, respectivamente, 31.125 cal/cm<sup>2</sup> e 24.021 cal/cm<sup>2</sup> para o verão e inverno de 1977.

Segundo JAVORNICKI (1974), apenas 0,0004 a 0,05% da radiação solar total incidente é utilizada nas reações fotossintéticas. Admitindo-se 0,025% como índice médio da utilização da radiação incidente, teriam sido efetivamente aproveitadas como energia radiante para a atividade fotossintética 778,12 cal/cm<sup>2</sup> e 600,52 cal/cm<sup>2</sup>, respectivamente nos períodos de verão e inverno.

##### 3.1.2 Temperatura Ambiente e Precipitação Pluviométrica

A Figura 2 mostra que a temperatura média ambiente oscilou entre 22 e 28°C

no período do verão, com a média geral do período de torno de 25°C, enquanto que nos meses de inverno foi maior a amplitude de variação da temperatura média diária (de 16 a 26°C), e a média geral do período foi de aproximadamente 21°C.

A precipitação pluviométrica foi bem mais intensa no período do verão (253,0 mm) comparativamente ao período de inverno (com apenas 22,5 mm), o que pode ser considerado normal para a região de Jaboticabal.

##### 3.2 Cor Aparente, Turbidez e Transparência da Água dos Tanques

Verificou-se que no período do verão foram mais pronunciadas as variações do índice de cor aparente, o que parece estar relacionado diretamente com o maior índice de precipitação pluviométrica observado nesse período.

##### 3.3 Análise do solo do fundo dos tanques

Antes do início e ao final de cada um dos períodos experimentais foram procedidas às análises químicas do solo do fundo dos tanques segundo VETTORI (1969), tendo-se em vista saber se haveria alguma diferença marcante nas características químicas do sedimento do fundo dos tanques antes do início e também verificar ao final do experimento se as adubações efetuadas poderiam ter provocado alterações sensíveis nas características químicas do sedimento do fundo dos tanques. A amostragem foi feita de acordo com BOYD (1976).

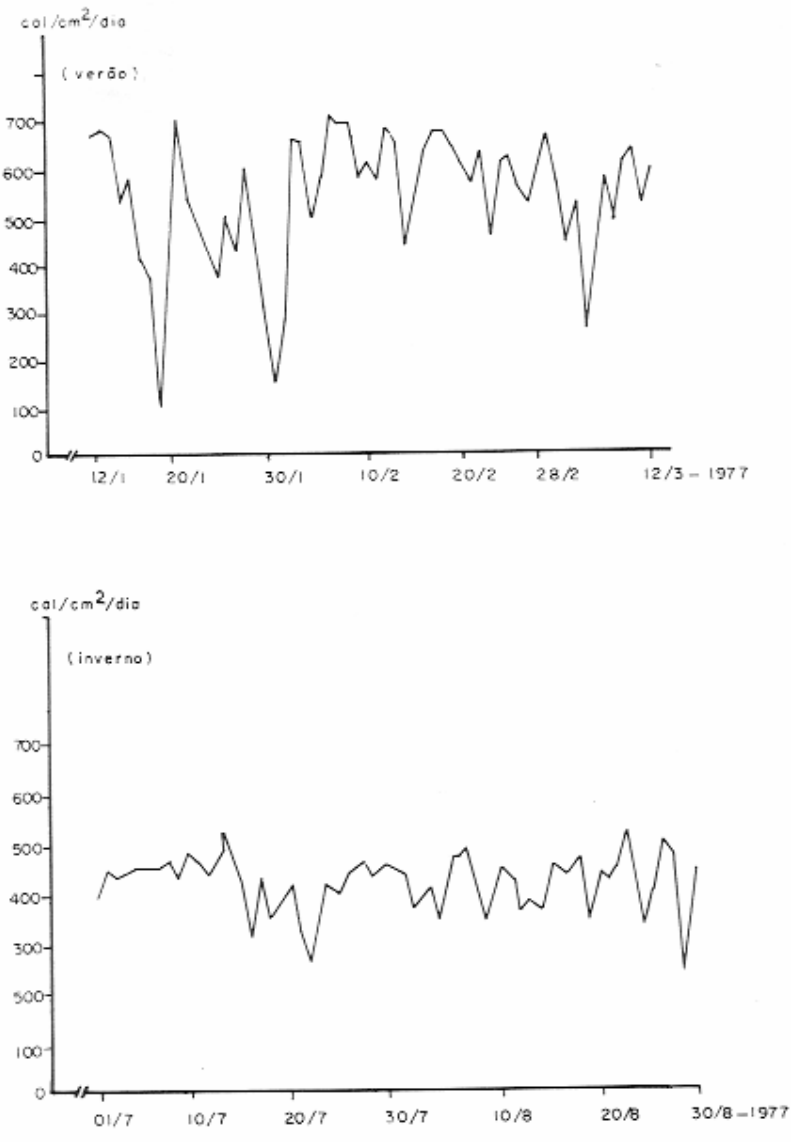


FIGURA 1 — Radiação solar global (cal/cm²/dia).

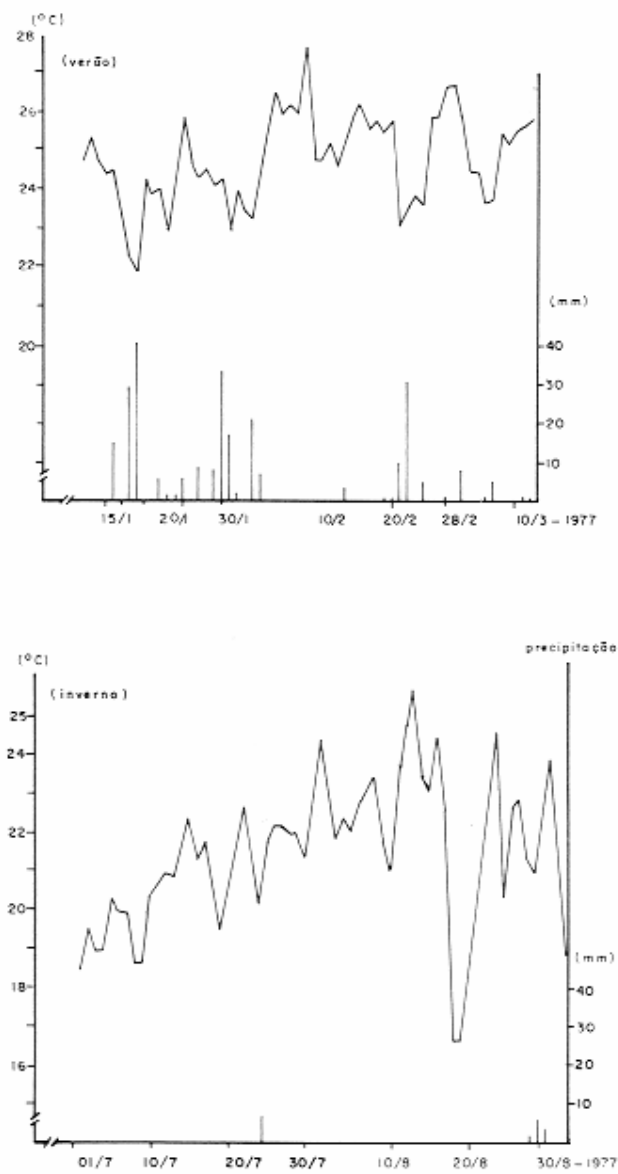


FIGURA 2 — Temperatura ambiente e precipitação pluviométrica.

Foram analisados os teores de matéria orgânica (em termos de % de carbono), de potássio (K<sub>2</sub>O), de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e o índice de pH. Os resultados dessas análises aparecem no Quadro 1.

Os níveis de alumínio determinados antes do início do primeiro período experimental mostraram-se praticamente insignificantes (entre 0,0 e 0,05 mg/100 g de amostra) e daí não mais foram realizadas análises desse elemento.

QUADRO 1

Análise do Solo do Fundo dos Tanques antes do Início e ao Final de cada Período Experimental.\*

Tanque	ANTES DO INÍCIO				FINAL				
	N.º	C(%)	K mg/ml	P T.F.S.A.	pH	C(%)	K mg/ml	P T.F.S.A.	pH
(VERÃO)									
Min./Máx.	0,29-0,59	48-84	40-88	5,9-6,5	0,48-0,92	52-76	20-62	6,4-7,1.	
1	0,33	56	72	6,2	0,54	68	56	6,6	
2	0,30	68	88	6,4	0,69	76	48	6,8	
3	0,36	64	72	6,1	0,73	72	56	6,7	
4	0,41	80	77	6,3	0,54	52	56	6,9	
5	0,29	68	79	6,2	0,52	60	26	6,8	
6	0,45	68	45	6,0	0,48	52	20	6,5	
7	0,49	72	46	5,9	0,69	64	35	6,5	
8	0,50	64	40	6,3	0,71	64	29	6,9	
9	0,59	76	81	6,4	0,70	72	35	7,0	
10	0,49	84	32	6,3	0,73	60	40	7,0	
11	0,54	48	75	6,5	0,83	60	61	7,1	
12	0,42	63	74	6,0	0,92	72	62	6,4	
(INVERNO)									
Min./Máx.	0,17-0,53	48-88	23-71	5,7-6,3	0,23-0,96	40-96	42-71	6,1-6,3	
1	0,27	80	71	6,1	0,35	40	66	6,1	
2	0,41	88	56	6,2	0,54	80	42	6,2	
3	0,36	80	54	5,7	0,38	72	71	6,4	
4	0,26	64	53	5,7	0,32	88	47	6,2	
5	0,32	88	69	6,3	0,31	56	48	6,3	
6	0,42	48	31	6,2	0,37	56	47	6,4	
7	0,29	72	23	6,0	0,34	64	57	6,3	
8	0,45	88	68	6,1	0,50	96	69	6,3	
9	0,40	80	56	6,0	0,28	56	59	6,4	
10	0,53	80	62	6,1	0,28	48	68	6,3	
11	0,17	74	35	6,2	0,23	40	48	6,1	
12	0,41	48	48	6,3	0,96	64	57	6,3	

\* Ao Laboratório de Fertilidade do Solo da UNESP, "Campus" de Jaboticabal o agradecimento dos autores pela realização destas análises.

Os dados evidenciaram que, de um modo geral, as condições químicas do sedimento do fundo dos tanques eram relativamente homogêneas ao início de ambos os períodos experimentais. Os teores de C (matéria orgânica) e P ( $P_2O_5$ ) no início

e ao final das observações, tanto no inverno como no verão não apresentaram diferença significativa, o que ficou evidenciado pela análise de co-variância, realizada de acordo com a Tabela 1.

TABELA 1

Modelo de análise de co-variância utilizado para identificar possíveis alterações nos teores de C e P no sedimento dos tanques no início e ao final de cada período experimental.

C.V.	G.L.	Y <sup>2</sup>	XY	X <sup>2</sup>	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	301,58	85,83	337,67	7	690,55	98,65	NS
Resíduo	8	829,34	564,00	2.292,00	10	970,34		0,95
Total	11	1.130,92	649,83	2.629,67	3	279,79		

Os teores relativamente elevados do P no sedimento do fundo dos tanques podem ser atribuídos (segundo HEPHER, 1958) a que os tanques já eram utilizados há mais de 7 anos e daí a ocorrência de acúmulo de matéria orgânica e, com as adubações sucessivas há uma tendência de gradativa saturação e, como consequência redução da capacidade de adsorção do P aos colóides, uma vez que estes se encontram saturados, mantendo-se assim elevado o teor de P no sedimento do fundo. Tal fato pode ter contribuído para alterar a relação N/P, especialmente nos tanques fertilizados com adubo fosfatado.

### 3.4 Características hidrológicas químicas

#### 3.4.1 pH e Alcalinidade

A variação do índice de pH da água dos tanques nos dois períodos experimentais — verão e inverno — aparece na Figura 3.

O pH da água de um ambiente aquático oscila nas diferentes horas do dia com a variação da alcalinidade que por sua vez depende da temperatura, respiração e fotossíntese (SATOMI, 1966).

A mesma figura mostra que o índice de pH manteve-se entre leve a moderadamente alcalino (pH = 7,5 a 9,0) nos dois

períodos experimentais e que em média, não houve diferença acentuada entre os diversos tratamentos e mesmo entre os períodos do verão e do inverno.

Segundo BOYD & SCARSBROOK (1976) o nível de pH levemente alcalino é o mais favorável para a produção primária em ecossistemas aquáticos. Quando o pH se mostra ácido é necessário a correção através de calagem que facilita a liberação dos fosfatos do fundo dos tanques e os processos de nitrificação, fixação do nitrogênio livre e a decomposição da matéria orgânica (WOLNY, 1967).

A oscilação do índice de alcalinidade da água dos tanques aparece na Figura 4. Nessa figura a parte superior dos diagramas de barras representam a fração da alcalinidade devida aos íons carbonatos, cuja presença é identificada por titulometria utilizando-se o corante fenolftaleína.

A mesma figura mostra que os índices de alcalinidade da água dos tanques não apresentaram variações sensíveis entre os tratamentos, em cada determinação; no entanto, no período do inverno os índices de alcalinidade apresentaram-se levemente superiores (20 a 25 ppm) comparando-se com os observados no período do verão (15 a 20 ppm).



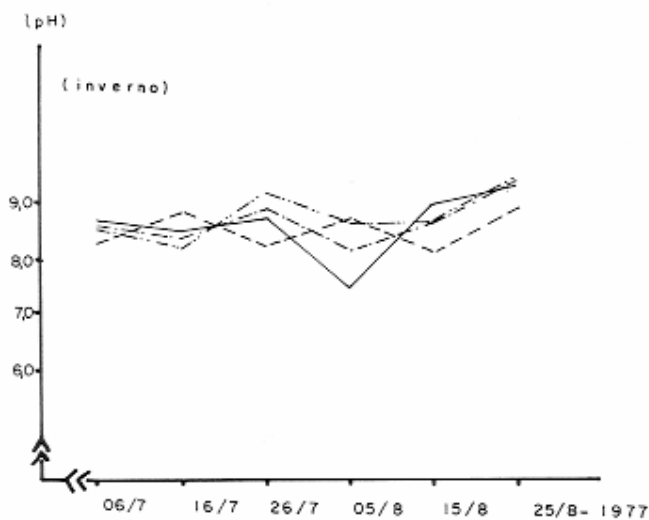
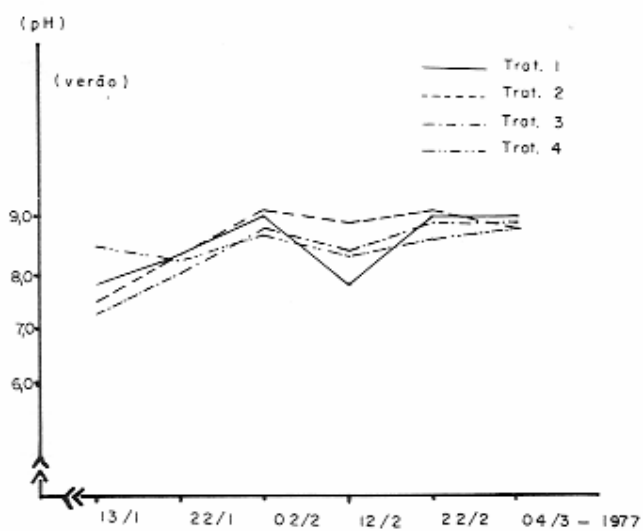


FIGURA 3 — pH da água dos tanques (Médias de 3 tanques de cada tratamento).

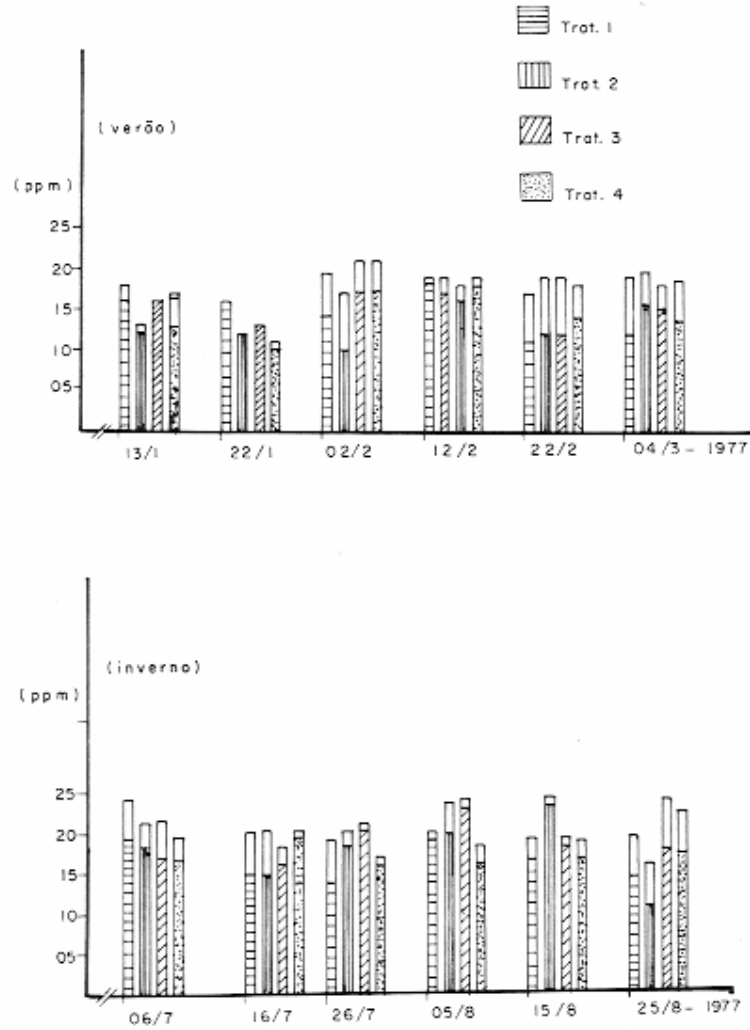


FIGURA 4 — Alcalinidade da água dos tanques (Médias de 3 tanques de cada tratamento).

### 3.4.2 Origênio dissolvido na água dos tanques

Os teores de oxigênio dissolvido na água dos tanques às 14:00 horas (média dos 3 tanques de cada tratamento), determinados semanalmente aparecem na Figura 5. Verifica-se que tanto no período de inverno como no verão houve variações acentuadas entre as diferentes determinações realizadas, o que deve estar associado às flutuações cíclicas da população

do fitoplâncton e de zooplâncton na água dos tanques.

A análise de variância realizada pelo delineamento de parcelas divididas (PI-MENTEL GOMES, 1963), Tabela 2, não mostrou diferença entre os teores de  $O_2$  dissolvido na água dos tanques tratados com diferentes adubações, tanto no inverno como no verão porém, foi alta e significativa ( $P < 0,01$ ) para os teores observados nos períodos de verão e inverno nos tratamentos secundários evidenciando marcante influência sazonal.

TABELA 2

Modelo de análise de variância com delineamento de parcelas subdivididas.

C.V.	G.L.	SQ	QM	F
Tratamento (P)	3	0,3883	0,1294	0,94 NS
Resíduo (A)	8	1,1000	0,1375	
Parcelas	11	1,4883	—	
Tratamento (S)	1	11,2067	11,2067	66,57 **
Interação (PxS)	3	1,7967	0,5989	3,56 NS
Resíduo (B)	8	1,3467	0,1683	
Total	23	15,8383		

P = Principal

— S = Secundária

Com efeito, no verão o teor de oxigênio dissolvido (média por tratamento) oscilou entre 3,5 e 11,0 ppm ou mg/l, enquanto que no inverno a variação do teor desse gás dissolvido na água dos tanques foi de 5,0 a 12,0 ppm. Convertendo-se esses dados em termos de saturação percentual com base na Tabela de RAWSON (1944), apud REID & WOOD (1976), verificou-se que as oscilações foram de 53 a 160% e de 64 a 150%, respectivamente, nos períodos de verão e do inverno, ou seja, correspondem a dados normais para o metabolismo das comunidades aquáticas.

### 3.4.3 Nutrientes dissolvidos na água dos tanques

Durante os dois períodos experimentais, em intervalos regulares de 15 dias, procedeu-se à análise dos teores de nitrogênio na forma de nitratos ( $NO_3^-$ ), nitritos ( $NO_2^-$ ) e N amoniacal ( $NH_4^+$ ) e do fósforo, na forma de fosfatos ( $PO_4^{3-}$ ).

O nitrogênio na forma de nitratos ( $NO_3^-$ ) apresentou-se em concentração mais elevada no período de verão; a variação foi de 0,20 a 0,65 ppm.

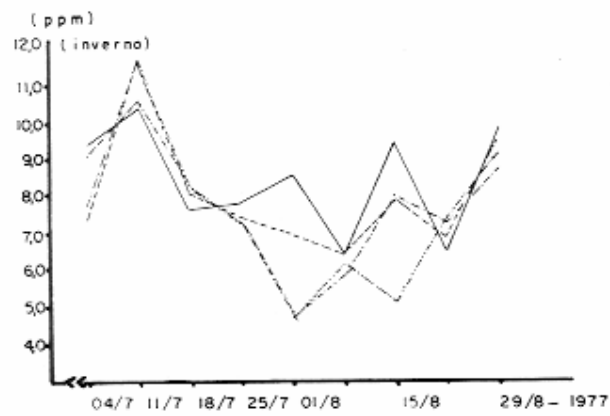
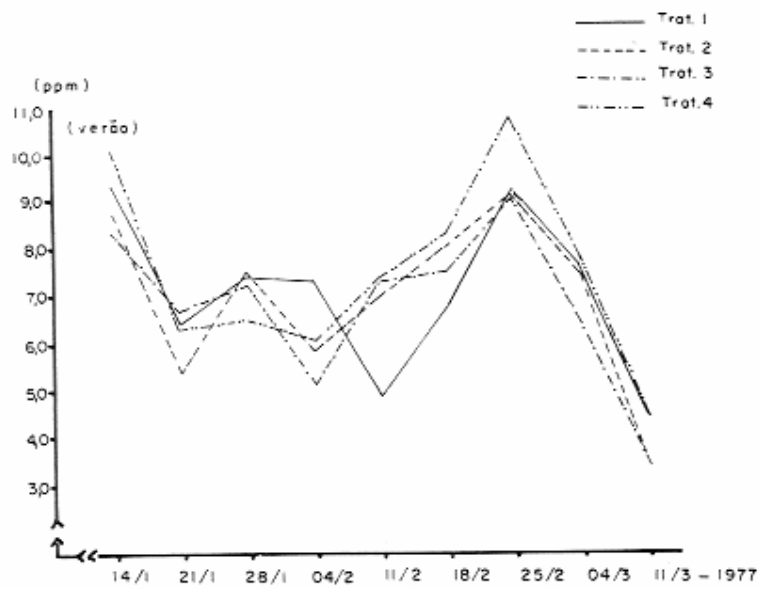


FIGURA 5 — Oxigênio dissolvido na superfície da água dos tanques às 14 horas.

No que se refere ao nitrogênio na forma de nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), os dados obtidos confirmam que é nessa forma que o nitrogênio ocorre em menores proporções na massa de água, de acordo com AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1965) e RUSSEL-HUNTER (1973). Verificou-se uma diferença sazonal bem acentuada na concentração de nitritos dissolvidos na água dos tanques uma vez que no período de verão oscilou entre 0,00 e 0,04 ppm, tendo sido nulos os teores de N nessa forma na maioria das determinações, enquanto no inverno a concentração de nitritos oscilou entre 0,02 e 0,08 ppm.

Os teores de amônia determinados à superfície da água dos tanques foram relativamente mais elevados do que em águas livres (naturais), o que pode ser atribuído às excreções dos peixes que se encontravam em densidade relativamente elevada, às fertilizações orgânicas dos tanques e também ao fato de que em águas alcalinas o N tende a passar rapidamente para a forma amoniacal, segundo BOYD (1976) e REID & WOOD (1976).

A análise de variância procedida com os dados relativos aos teores de N amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) dissolvido na água dos tanques não revelou diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos no período de inverno. O mesmo procedimento feito com as observações do teor  $\text{NH}_4^+$  na água dos tanques no período de verão mostrou uma diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade e o teste de Tukey revelou que diferiram entre si apenas os tratamentos 2 (MO + N) e 3 (MO + P). Observa-se assim que o comportamento da variação do teor de N na forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) foi semelhante ao da oscilação desse mesmo elemento na forma nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ), ou seja, apenas na primeira determinação no período de verão, e em ambos os casos, os tanques do tratamento 2 (MO + N) foram os que apresentaram os maiores teores desse mineral dissolvido na água e os tanques do tratamento 3 (MO + P) apresentaram as menores concentrações de N em ambas as formas.

Como foi observado para o N, também o P ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) apresentou-se em maiores concentrações no período de inverno.

EREN *et alii* (1977) observaram que o tanque-controle continha a mesma população de algas dos tanques fertilizados e que o teor de fosfato dissolvido na água dos tanques não se alterava, o que indica que a concentração de fosfatos parece não depender do fósforo acrescentado sob a forma de fertilizantes e sim da liberação desse elemento pelo sedimento do fundo. Os autores, por tal razão, julgam que não é necessária a fertilização contínua de tanques com adubos fosfatados.

Foram também testadas correlações simples entre os teores dos nutrientes na água dos tanques e a produção de peixes, produção primária, número de organismos/l e o volume de material em suspensão sedimentado (seston). No período do verão não foram observadas correlações positivas entre aqueles teores e os demais parâmetros considerados. Tal observação concorda em parte, com HEPHER (1958) que relata que, na maioria dos casos, aumentos no teor de nutrientes não correspondem aumentos na concentração do fitoplâncton, e também com JONÁSSON *et alii* (1974) que em 17 anos de observações não verificou correlação entre o aumento da concentração de nutrientes dissolvidos e a produção primária nas águas do Lago Esron (Dinamarca).

PENNAK (1946) já observara que geralmente a maior produção de biomassa de plâncton está associada à maior concentração de nutrientes dissolvidos na água, porém, nem sempre se verificaram correlações positivas entre esses parâmetros. O autor considerou que a produção de plâncton pode ser dependente do menor teor de um dos elementos que se constituirá em um fator limitante. Outro aspecto que PENNAK (1946) considera importante para a produção de plâncton são as proporções relativas entre os principais nutrientes como o C/N, N/P, Ca/Mg e Na/P na água dos tanques. Ainda relativamente a nutrientes e produção orgânica em ecossistemas aquáticos, FOGG (1955) *apud* TUNDISI & TUNDISI (1976) observou que o florescimento do fitoplâncton pode ocorrer em baixas concentrações de fosfatos e o aumento dos teores de nitratos e fosfatos tende a inibir o crescimento de algumas espécies enquanto estimula a

multiplicação de outras originalmente não dominantes.

### 3.5 Características Biológicas da Água dos Tanques

#### 3.5.1 "Standing-stock" do Fitoplâncton

O "standing-stock" do fitoplâncton foi determinado através da estimativa do número de microorganismos (algas) por litro de água do tanque.

Na Figura 6 aparecem as variações semanais do "standing-stock" do fitoplâncton (média dos 3 tanques de cada tratamento).

Procedida à análise de variância dos dados relativos ao "standing-stock" do fitoplâncton, realizada mediante o delineamento experimental de parcelas subdivididas (Tabela 2), observou-se uma influência estatisticamente significante ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos principais (tipos de adubações), tendo também sido observada significante ( $P < 0,05$ ) influência sazonal, uma vez que no período do verão foi bem maior a produção orgânica dos tanques.

#### 3.4.2 Produção Primária

Os dados relativos à produção primária aparecem na Figura 7.

A observação mais detida dessa Figura, cujo diagrama de barras representa graficamente a oscilação semanal da produção primária, considerando-se a média dos 3 tanques de cada tratamento, mostra que houve uma variação muito grande entre os dados obtidos de uma semana para outra, o que sugere que essa variação independeu dos tratamentos e, mais provavelmente, deve relacionar-se ao período da reciclagem dos nutrientes na massa de água. O fato de não ter sido observada correlação entre produção primária e número de microorganismos (algas/l) em ambas as estações parece confirmar essa hipótese e, especialmente no verão, em que o "standing-stock" do fitoplâncton foi bem superior ao do inverno e se correlacionou positivamente com a produção de peixes. Assim, deveria ser esperada maior produção primária no período de verão, produção essa que suportaria a maior biomassa de peixes obtida nesse período. O problema da inibição por

saturação, devido ao excesso de radiação solar no verão, deve também ser levado em conta, segundo VERDUIN (1957), RUSSEL-HUNTER (1973) e HUTCHINSON (1957), in TUNDISI & TUNDISI (1976).

Os altos índices de produção primária observados em diversas determinações nos tanques do tratamento-controle podem ser atribuídos ao fato de que em condições oligotróficas é maior a eficiência fotossintética, segundo HILLBRICHT-ILKOWSKA (1974). Na segunda (21/01) e na sétima (25/02) determinações no período de verão, não aparecem os dados de produção primária dos tratamentos 3 e 4, respectivamente, devido ao fato de terem sido observados valores negativos de produção primária, o que, segundo VERDUIN (1957), explicar-se-ia por índices respiratórios mais elevados do que o índice de fotossíntese.

Na Figura 7 observa-se ainda que os dados de produção primária obtidos oscilaram entre 0,08 e 14,3 g C/m<sup>3</sup>/hora, verificados no inverno, respectivamente, dos dias 01/08 e 08/08/77. Estes dados são comparáveis aos obtidos por SREENIVASAN (1964) em tanques de Madras, Índia, que, pelo mesmo método de determinação, observou produções de 6 a 12 g de C/m<sup>3</sup>/dia e superiores aos verificados por NASAR (1975) e HEPHER (1962), cujas produções primárias observadas em tanques fertilizados foram, respectivamente, 2,1 a 3,5 e 1,3 a 1,9 g C/m<sup>3</sup>/dia. O último autor (HEPHER, 1962) comparando a produtividade de tanques fertilizados com a dos tanques não adubados verificou produções 4 a 5 vezes maiores nos tanques que receberam adubos. HEPHER (1962), com base em STRICKLAND (1960), admitiu um fator de conversão de biomassa de fitoplâncton em biomassa de peixes da ordem de 6,6 a 11,0.

Tendo-se em vista os dados de produção primária por tratamento (média de todas as determinações) de cada período em que o experimento foi realizado, estimado pelo método de GAARDER & GRAN (1927), ao qual são apresentadas diversas restrições (PRATI & BERKSON, 1959), a avaliação da eficiência trófica fica prejudicada por estar sujeita aos mesmos erros de estimativa.

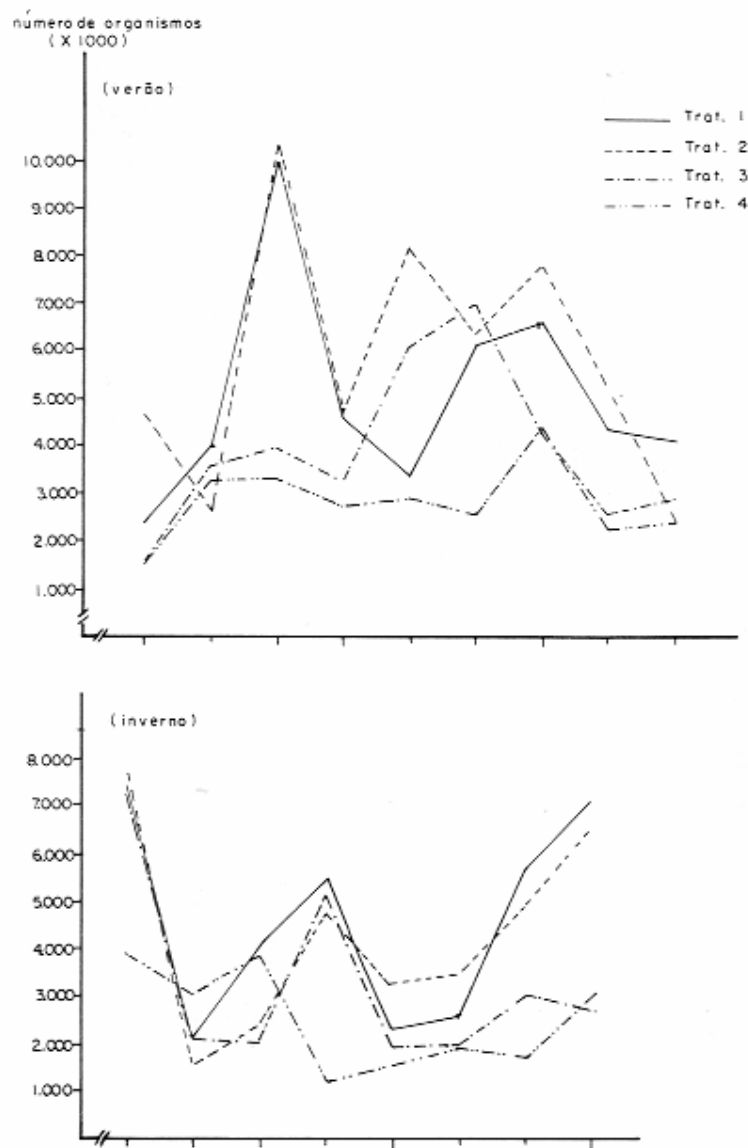


FIGURA 6 — Determinação quantitativa do fitoplâncton: Número de microorganismos/L.

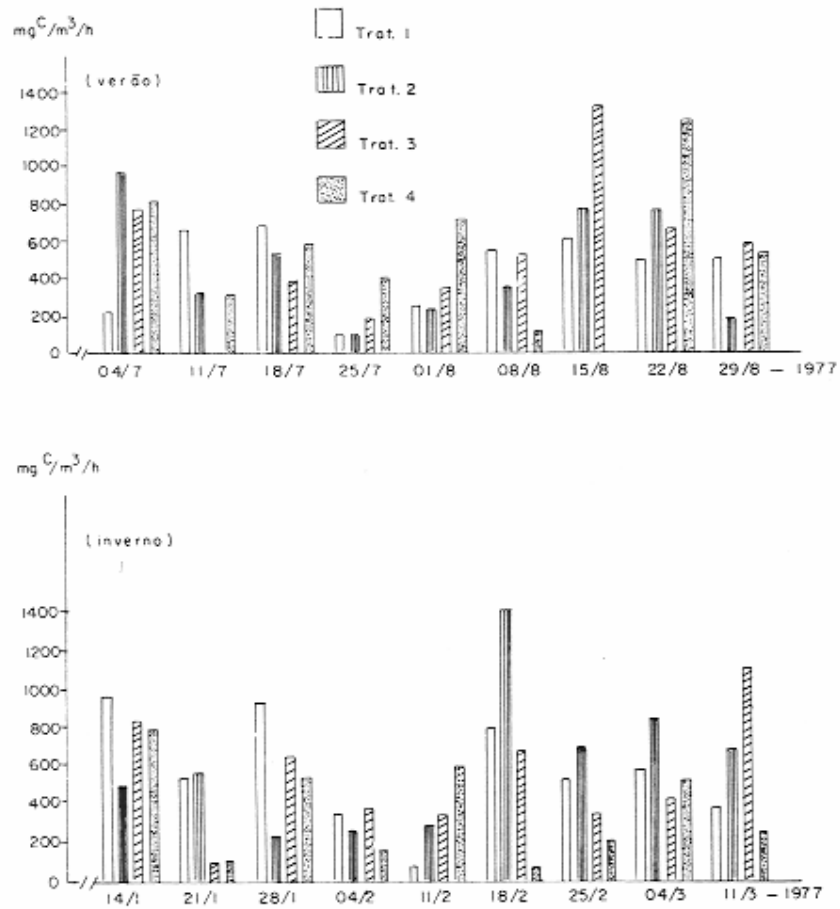


FIGURA 7 — Produção primária (Média dos 3 tanques de cada tratamento.)



#### 4. CONCLUSÕES

Os dados obtidos neste trabalho sugerem as seguintes conclusões:

1. Os tratamentos exerceram influência na produção primária;

2. Embora os nutrientes N e P sejam universalmente reconhecidos como limitantes à produção orgânica em ecossistemas aquáticos, só responderam positivamente, em termos de acréscimos na produção primária, os tanques que receberam adubação nitrogenada.

3. O "standing-stock" do fitoplâncton nos tanques diferiu significativamente ( $P < 0,01$ ) entre os períodos estudados, tendo sido bem maior no verão.

4. Devido às múltiplas variáveis que podem interferir na produção orgânica em tanques, os resultados de trabalhos desta natureza devem ser de aplicação local.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION & AMERICAN WORKERS ASSOCIATION. 1965 *Standard methods of examination of water and wastewater*. 12.ed. 769p.
- ANDERSON, R. S. 1974 Diurnal primary patterns in seven lakes and ponds in Alberta (Canadá). *Oecologia*, Berlin, 14:1-17.
- BOYD, C. E. 1976 Lime requirement and application in fish ponds. In: FAO TECHNICAL CONFERENCE ON AQUACULTURE, 26 May - 2 Jun., Kyoto, Japan, 1976. *Proceedings...* Roma. (FIR/AQ/Conf./76/E.13).
- \_\_\_\_\_, & SCARSBROOK, E. 1974 Effects of agricultural limestone on phytoplankton communities of fish ponds. *Arch. Hydrobiol.*, 74(3):336-49. In: *Aquatic Sci. & Fish. Abs.*, London, 5(4):187, Apr. 1975.
- DICKIE, L. M. 1976 Predation, yield and ecological efficiency in aquatic food chains. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, Ottawa, 33:313-16.
- DICKMAN, M. 1973 Changes in phytoplankton following nitrate and phosphate additions to large enclosures in Marion Lake, British Columbia. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 35(1):114-20. In: *Aquatic Sci. & Fish. Abs.*, London, 4(6):190, June, 1974.
- EDMONDSON, W. T. & WINBERG, G. 1971 *A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh water*. Oxford, Blackwell, Sci. Publ. 358p. (IBP Handbook, 17).
- HEPHER, B. 1958 On the dynamics of phosphorus added to fish ponds in Israel. *Limnol. Oceanogr.*, Lawrence, Kansas, 3(1):84-100.
- \_\_\_\_\_. 1962 Primary production in fish ponds and its application to fertilization experiments. *Limnol. Oceanogr.*, Lawrence, Kansas, 7(2):131-6.
- \_\_\_\_\_. 1966 Some aspects of the phosphorus cycle in fish ponds. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, Stuttgart, 16(3):1293-7.
- \_\_\_\_\_. 1978 Alternative protein sources for warmwater fish diets. In: SYMPOSIUM EUROPEAN INLAND FISHERIES ADVISORY COMMISSION, 2, Hamburg, 1978. *Proceedings...* Roma, FAO. p.1-29. (EIFAC/78/Symp/R.11).
- HILLBRICHT - ILKOWSKA, A. 1974 Secondary productivity in freshwaters its values and efficiencies in plankton food chain. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ECOLOGY, 1, The Havre, The Netherlands. *Proceedings...* p.164-7.
- HUET, M. 1970 *Traité de pisciculture*. 4.ed. Bruxelles, Wyngeart. 718p.
- JAVORNICKY, P. 1974 The relationship between productivity and biomass of phytoplankton in some oligotrophic waterbodies in the German Democratic Republic. *Limnologia*, 9(2):181-195. In: *Aquatic Sci. & Fish. Abs.*, London, 5(6):195, Jun. 1975.
- JONASSON, P. M.; LASTEIN, E.; REBSDORF, A. 1974 Production, insolation and nutrient budget of eutrophic lake Esron. *Oikos* Copenhagen, 25:225-77.
- NASAR, S. A. K. 1975 Seasonal variations in the primary production of a freshwater pond. In: INDIAN SCIENCE CONGRESS, 62. *Proceedings...* 144p.
- O'BRIEN, W. J. & NOYELLES JR., F. de 1974 Relationship between nutrient concentration, phytoplankton density and zooplankton density in nutrient enriched experimental ponds. *Hydrobiologia*, The Hague, 44(1):105-25, Jan.
- ODUM, H. T. 1956 Primary production in flowing waters. *Limnol. Oceanogr.*, Lawrence, Kansas, 1:102-17.
- PENNAK, R. W. 1946 The dynamics of freshwater plankton populations. *Ecol. Monogr.*, Durham, 16(4):341-55.

- PIMENTEL GOMES, F. 1962 *Curso de estatística experimental*. 2.ed. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, USP. 384p.
- PRATT, D. M. & BERKSON, H. 1959 Two sources of error in the oxygen light and dark bottle methods. *Limnol. Oceanogr.*, Lawrence, Kansas, 4(3):328-34.
- REID, G. & WOOD, R. D. 1976 *Ecology of inland waters and estuaries*. New York, D. Van Nostrand Co. 485p.
- RUSSEL-HUNTER, W. D. 1973 *Productividad Acuática*. Zaragoza, Ed. Acribia. 273p.
- RYTHER, J. H. 1956 Photosynthesis in the ocean as a function of light intensity. *Limnol. Oceanogr.*, Lawrence, Kansas, 1:61-70.
- & YENTSCH, C. S. 1957 The estimation of phytoplankton production from chlorophyll and light data. *Limnol. Oceanogr.*, Lawrence, Kansas, 2:281-6.
- SATOMI, Y. 1966 Physiological significance of carbon in fertilized fish ponds. *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.*, 15(2):99-104.
- SNEDECOR, G. W. & COCHRAN, W. G. 1971 *Statistical Methods*. 6.ed. Ames, Iowa, Sta. Univ. 583p.
- SREENIVASAN, A. 1964 The limnology, primary production and fish production in a tropical pond. *Limnol. Oceanogr.*, Lawrence, Kansas, 9:391-6.
- THEROUX, F. R.; ELDRIDGE, E. F.; MALLMAN, W. L. 1943 *Laboratory manual for chemical and bacterial analysis of water and sewage*. 3.ed. New York, McGraw Hill.
- TUNDISI, J. 1977 *Produção primária "standing-stock", fracionamento do fitoplâncton e fatores ecológicos em ecossistemas lacustre artificial (Represa do Broa, São Carlos)*. Ribeirão Preto, USP. 409p. (Tese de Livre Docência. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras USP).
- & TUNDISI, T. M. 1976 Produção orgânica em ecossistemas aquáticos. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 28(8):864-7, ago.
- VERDUIN, J. 1957 Daytime variations in phytoplankton photosynthesis. *Limnol. Oceanogr.*, Lawrence, Kansas, 2:33-336.
- VETTORI, L. 1969 *Métodos de análises de solo*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. 24p. (Boletim técnico, 7).
- VOLLENWEIDER, R. A. 1969 *A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments*. Oxford, Blackwell Sci. Publ. (IBP Handbook, 12).
- WOLNY, P. 1967 Fertilization of warm-water fish pond in Europe. *FAO Fish. Rep.*, Roma, 44(3):64-76.