

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**COMUNIDADE PLANCTÔNICA COMO  
INDICADORA DO ESTADO TRÓFICO EM UM  
VIVEIRO DE PISCICULTURA**

**Juliane dos Santos Alves da Silva**

JABOTICABAL - SÃO PAULO  
2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**COMUNIDADE PLANCTÔNICA COMO  
INDICADORA DO ESTADO TRÓFICO EM UM  
VIVEIRO DE PISCICULTURA**

**Juliane dos Santos Alves da Silva**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lúcia Helena Sipaúba Tavares**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), Campus de Jaboticabal, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

JABOTICABAL/SÃO PAULO – BRASIL  
2020

Silva, Juliane dos Santos Alves da  
S586c Comunidade planctônica como indicadora do estado trófico em um viveiro de piscicultura / Juliane dos Santos Alves da Silva. -- Jaboticabal, 2020  
ix, 71 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2020

Orientadora: Lúcia Helena Sipaúba Tavares

Banca examinadora: Antônio Fernando Monteiro Camargo, Rodrigo Ney Millan

Bibliografia

1. Zooplâncton. 2. Fitoplâncton. 3. Parâmetros bióticos e abióticos. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.3



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Unidade Complementar - Jaboticabal


**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**


TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Comunidade planctônica como indicadora do estado trófico em um viveiro de piscicultura.

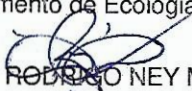
**AUTORA: JULIANE DOS SANTOS ALVES DA SILVA**

**ORIENTADORA: LÚCIA HELENA SIPAÚBA TAVARES**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AQUICULTURA, área: Biologia Aquática pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. LÚCIA HELENA SIPAÚBA TAVARES   
Laboratório de Limnologia / Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal-SP

Prof. Dr. ANTONIO FERNANDO MONTEIRO CAMARGO   
Departamento de Ecologia / UNESP - Instituto de Biociências de Rio Claro - SP

Prof. Dr. RODRIGO NEY MILLAN   
Departamento de Ciências Exatas / Universidade do Estado de Minas Gerais, UEMG, Frutal-MG

Jaboticabal, 17 de fevereiro de 2020

Dedico,

Aos meus pais Antonio e Maria, por serem meu maior apoio em todos os momentos, pelo incentivo e amor, são exemplos de força de vontade, humildade e dedicação.

“Se o dinheiro for a sua esperança de independência, você jamais a terá. A única segurança verdadeira consiste numa reserva de sabedoria, de experiência e de competência”. (Henry Ford)

## AGRADECIMENTOS

À Deus por todo amor dedicado a mim, por ser o dono da minha vida e a quem eu devo tudo o que sou, por me livrar de situações difíceis e por me ajudar nas horas em que achava impossível prosseguir.

À Prof.<sup>a</sup> Lúcia Helena Sipaúba Tavares pela oportunidade oferecida desde o início da graduação e agora no mestrado, por confiar em mim, pelos ensinamentos, a experiência compartilhada, por escolher me ensinar e insistir em mim, por me dar a oportunidade de realizar um sonho.

Aos meus colegas de laboratório Bruno, Débora, Mayara Cristina e Mayara Galatti por toda ajuda que dispuseram a mim, pelas conversas e brincadeiras que tornaram os dias mais alegres.

Ao Alfredo (Japa) por toda ajuda na realização e compreensão das análises estatísticas, e pelas dicas e descontrações que melhoraram os dias.

Ao Rodrigo que mesmo muito ocupado me ajudou na realização dos cálculos com muita simpatia e paciência.

A todos os meus amigos que sempre torceram por mim e me apoiaram.

Ao Caunesp pela estrutura oferecida.

À Capes pela bolsa de mestrado concedida.

À minha grande família, meus irmãos, sobrinhos, cunhados, primos por sempre me apoiarem e acreditarem em mim, todo esse apoio foi fundamental na minha trajetória.

Ao meu namorado pelo apoio, carinho, paciência e por me ajudar com palavras de ânimo tantas vezes, por ser meu parceiro e melhor amigo nos momentos bons e ruins.

Aos meus pais queridos, amores da minha vida, que fizeram com que tudo isso se tornasse real, pela confiança, apoio, por me corrigirem quando foi necessário, por não medirem esforços para que eu concluísse mais essa etapa na minha vida.

A todos que de alguma forma contribuíram para que esse sonho fosse realizado, o meu muito obrigada.

## APOIO FINANCEIRO

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, bolsa nº 1768967 e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo apoio financeiro (14/24693-3).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	vii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>RESUMO</b> .....	10
<b>ABSTRACT</b> .....	12
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	13
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	15
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
<b>3.1. Importância da Comunidade Planctônica na aquicultura</b> .....	16
<b>3.2. Comunidade planctônica como indicadora do estado trófico da água</b> .....	17
<b>4. ÍNDICES DE ESTADO TRÓFICO</b> .....	21
<b>5. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	26
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	31
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	37
<b>INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES LIMNOLÓGICAS NA COMUNIDADE PLANCTÔNICA EM UM VIVEIRO DE PISCICULTURA</b> .....	37
<b>Resumo</b> .....	38
<b>Abstract</b> .....	39
<b>1. Introdução</b> .....	40
<b>2. Material e Métodos</b> .....	41
<b>2.1. Área e local de amostragem</b> .....	41
<b>2.2. Amostras de água, sedimento e plâncton</b> .....	41
<b>2.3. Dados climáticos</b> .....	42
<b>2.4. Análise de dados</b> .....	43
<b>3. Resultados</b> .....	43
<b>4. Discussão</b> .....	45
<b>Agradecimentos</b> .....	48
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	48
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	60
<b>AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES TRÓFICAS DE UM VIVEIRO DE PISCICULTURA</b> ..	60
<b>Resumo</b> .....	61
<b>Abstract</b> .....	62
<b>1. Introdução</b> .....	63

<b>2. Material e métodos</b> .....	64
<b>2.1. Dados climáticos</b> .....	64
<b>2.2. Variáveis físico-químicas</b> .....	65
<b>2.3. Comunidade Planctônica</b> .....	65
<b>2.4. Análise dos dados</b> .....	65
<b>3. Resultados</b> .....	66
<b>4. Discussão</b> .....	69
<b>Agradecimentos</b> .....	71
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	71

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Ponderações das variáveis utilizadas no índice de comunidades (Fitoplâncton) (Retirado de: Relatório técnico, CETESB – 2006).....	24
<b>Tabela 2.</b> Chave dicotômica para a aplicação do Índice da Comunidade Zooplanctônica em Reservatórios (ICZRES). (Retirado de: Relatório técnico, CETESB – 2006).....	24
<b>Tabela 1.</b> Média, desvio padrão, valores máximos e mínimos (entre parêntesis) das variáveis medidas na água durante o período de seca e chuva na superfície e fundo do viveiro. Em cada linha as médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) entre os meses em cada período (seca/chuva). Anova diferente entre estações, * = $p < 0,05$ ; ns = não significativo.....	58
<b>Tabela 2.</b> Média e desvio padrão das variáveis analisadas no sedimento ( $\text{g L}^{-1}$ ) do viveiro durante o período experimental. Em cada linha as médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente ( $p > 0,05$ ) ao longo do tempo.....	59
<b>Tabela 3.</b> Número total de organismos da comunidade planctônica, porcentagem de abundância dos diferentes grupos fitoplanctônicos e zooplanctônicos, número total de espécies abundantes e dominantes e os índices ecológicos na superfície e fundo durante o período experimental.....	60
<b>Tabela 1.</b> Relação das espécies zooplanctônicas encontradas na superfície e fundo do viveiro estudado no período de seis meses, onde: + = presente; - = ausente; A = abundante; D = dominante.....	80
<b>Tabela 2.</b> Relação das espécies fitoplanctônicas encontradas na superfície e fundo do viveiro estudado no período de seis meses, onde: + = presente; - = ausente; A = abundante; D = dominante.....	81
<b>Tabela 3.</b> Aplicação do Índice de estado trófico- IET (Lamparelli, 2004), Índice de comunidades aquáticas-Fitoplâncton - ICA (CETESB, 2006) e Índice da Comunidade Zooplanctônica em Reservatórios-ICZRES (CETESB, 2006) no período de seca e chuva e variação do índice de diversidade Shannon-Wiener $H'$ (log), índice de equitabilidade ( $J'$ ) e índice de riqueza (S) nos períodos de seca e chuva no viveiro estudado, onde: F= fitoplâncton e Z= zooplâncton.....	82

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Diagrama dos viveiros de aquicultura do CAUNESP. Onde (A) sequência dos viveiros do CAUNESP destacando o segundo viveiro, onde foi realizado o estudo; (B) tanques e laboratórios cuja água deságua no viveiro estudado; (C) o viveiro em estudo destacando o ponto de coleta. (Fotos cedidas por Lucia Helena Sipaúba Tavares).....27
- Figura 2.** Entradas de água do viveiro, onde: A = localização dos 12 tanques de peixes de 45 m<sup>2</sup>; B e C = entradas de água passando pelo banco de macrófita. (Fotos cedidas por Lucia Helena Sipaúba Tavares).....28
- Figura 3.** Viveiro com a vegetação no entorno, onde: Viveiro com a retirada da vegetação no ano de 1999 (A); vegetação atual no entorno do viveiro (B); uso de tanques-rede e aerador (C) e viveiro infestado por *Eichhornia crassipes* e *Salvinia* sp (D). (Fotos cedidas por Lucia Helena Sipaúba Tavares).....29
- Figura 4.** Representação esquemática dos viveiros do CAUNESP com as diferentes localizações, onde: A = nascente; B= Laboratório de Peixes Ornamentais; C= Laboratório de Limnologia e Produção de Plâncton; D= Laboratório de Nutrição de Peixes ; E= Setor de Ranicultura; F= Canal de Abastecimento de água; G= Laboratório de Patologia; H= Saída de Água Subterrânea para Abastecimento dos viveiros do CTA; I= Setor de Carcinicultura; J= “Wetland” Construído no efluente; K= Tanques de Piscicultura; L= Saída de Água Subterrânea para Abastecimento do CPPar; M= Saída de Água Subterrânea que deságua no córrego Jaboticabal, V1 ao V6 = Viveiros de Piscicultura (adaptado de MACEDO e SIPAÚBA-TAVARES, 2005 e SIPAÚBA-TAVARES, 2013).....31
- Figura 1.** Diagrama dos viveiros de aquicultura: A = localização geográfica do sudeste do Brasil (Estado de São Paulo); B = fazenda de aquicultura da Universidade Estadual Paulista; C = viveiro estudado com o ponto de coleta (PC) onde: E= entradas de água e S= saída de água.....53
- Figura 2.** Variação mensal da precipitação (mm) e temperatura (°C) durante o período experimental, indicando o período de seca e chuva.....54

<b>Figura 3.</b> Variação do oxigênio dissolvido (OD - mg L <sup>-1</sup> ), sólidos totais dissolvidos (STD - mg L <sup>-1</sup> ), demanda bioquímica de oxigênios (DBO <sub>5</sub> - mg L <sup>-1</sup> ) e condutividade (μS cm <sup>-1</sup> ) durante o período experimental.....	55
<b>Figura 4.</b> Variação da comunidade zooplanctônicas (ind L <sup>-1</sup> ) durante 5 dias consecutivos em cada mês do período experimental.....	56
<b>Figura 5.</b> Variação da comunidade fitoplanctônica (ind L <sup>-1</sup> ) durante 5 dias consecutivos em cada mês do período experimental.....	57
<b>Figura 1.</b> Variação mensal das variáveis físicas e químicas da água.....	77
<b>Figura 2.</b> Abundância relativa temporal dos grupos fitoplanctônicos e zooplanctônicos de um viveiro de piscicultura ao longo do período experimental.....	78
<b>Figura 3.</b> Análise de correspondência canônica (ACC) demonstrando as relações entre a comunidade fitoplanctônica, comunidade zooplanctônica e parâmetros físico-químicos no viveiro estudado. Variáveis biológicas: Chlorophyceae (Chl), Bacillariophyceae (Bac), Cyanobacteria (Cya), Chrysophyceae (Chr), Zygnemaphyceae (Zyg), Euglenophyceae (Eug), Prasinophyceae (Pra), Cladocera (Cla), Copepoda (Cop) e Rotifera (Rot). Variáveis ambientais: pH, Oxigênio dissolvido (OD), Condutividade elétrica (Cond), Demanda bioquímica de oxigênio (DBO <sub>5</sub> ), temperatura (°C), Sólidos Totais Suspensos (STS), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Nitrito (NO <sub>2</sub> ), Nitrato (NO <sub>3</sub> ), Fósforo Total (PT) e Clorofila-a (Clr-a).....	79

## RESUMO

Todas as mudanças temporais que ocorrem nos ecossistemas são complexas e podem ser responsáveis pelos padrões cíclicos de variações. Se o tempo de vida de um organismo é curto em relação às mudanças ambientais são esperadas oscilações ou flutuações da densidade populacional. Os sistemas artificiais rasos, como viveiros e tanques de piscicultura, são dinâmicos, apresentando manejo intensivo, com uso de ração para alimentação e frequente adição de fertilizantes, onde qualquer alteração, pode acarretar condições adversas ao meio, como por exemplo, a eutrofização. O presente estudo analisou as condições bióticas (plâncton) e abióticas (variáveis ambientais) de um viveiro de piscicultura, comparou as concentrações de nutrientes com a presença das espécies planctônicas indicadoras de estado trófico e avaliou a aplicação de índices de estado trófico em um viveiro de piscicultura. Amostras de água e plâncton em diferentes profundidades (superfície e fundo) e sedimento foram coletadas durante cinco dias consecutivos em cada mês, durante seis meses (julho-dezembro) em um ponto de amostragem localizado no centro do viveiro, nas estações de seca e chuva. As diferenças significativas entre as amostras foram avaliadas através de uma ANOVA one-way. Todas variáveis da água apresentaram diferenças ( $p < 0,05$ ) entre os períodos de seca e chuva. No entanto, em relação à superfície e fundo somente fósforo total e sólidos totais solúveis diferiram ( $p < 0,05$ ) no período de seca e coliformes termotolerantes, pH e sólidos totais solúveis no período de chuva. Elevada densidade da comunidade zooplanctônica e fitoplanctônica tanto na superfície quanto no fundo do viveiro foram observados no período de chuva. Dentre as espécies zooplanctônicas, somente náuplios de Copepoda *Argyrodiatomus furcatus* foi abundante na superfície e fundo em todos os meses. Entretanto, para a comunidade do fitoplâncton, *Euglena* sp. foi a única espécie dominante ao longo do período de amostragem. A densidade de Cyanobacteria foi extremamente baixa, menor que 0,41% do total da comunidade fitoplanctônica e ausente na estação chuvosa. O índice de estado trófico modificado por Lamparelli foi o melhor índice para classificar sistemas artificiais rasos. No entanto, a avaliação baseada em espécies planctônicas deve ser reconsiderada, uma vez que espécies que indicam tanto o estado oligotrófico quanto o eutrófico ocorreram simultaneamente. A presente pesquisa indica que o fluxo contínuo de água de

outros viveiros de peixes e a adição freqüente de nutrientes, juntamente com as condições climáticas, podem interferir na qualidade da água e promover o domínio de espécies comuns aos ambientes eutróficos.

**Palavras-chave:** zooplâncton; fitoplâncton; parâmetros bióticos e abióticos.

## ABSTRACT

The temporal changes that may occur in the ecosystems are complex and may be responsible for the cyclic pattern of the variations. If the life span of certain organism is too short compared with the environmental changes, fluctuations on population density are expected. Shallow artificial systems, such as constructed fishponds, are employed for intensive management. This practice demands intense artificial fish feed and fertilization, which may lead to eutrophication. The present study analyzed the biotic (plankton) and abiotic (environmental variables) conditions of a constructed fishpond and compared the nutrients concentration in the presence of plankton species which are indicators of trophic state. Water, plankton (surface and bottom) and sediment samples were collected along five consecutive days, for six months (July-December). The sampling point was in the center of the pond. The experiment period comprised a dry and a wet season. The significant differences between samples was assessed through a one-way ANOVA. All water variables displayed significant differences ( $p < 0.05$ ) between the dry and wet season. However, when surface and bottom are compared, only total phosphorus and total soluble solids displayed significant differences ( $p < 0.05$ ) in the dry season and thermotolerant coliforms, pH and total soluble solids in the wet season. Zooplanktonic and phytoplanktonic communities presented high density both in the surface and bottom, in the wet season. Among zooplankton species, only the Copepods nauplius *Argyrodiatomus furcatus* was abundant both in the surface and bottom, along the entire experimental period. The only dominant phytoplankton species in both seasons was *Euglena* sp. The Cyanobacteria density was lower than 0.41% of the plankton community and was absent in the wet season. The trophic state index modified by Lamparelli displayed a better index to classify shallow artificial systems. However, the assessment based on planktonic species must be reconsidered, since species that indicate both oligotrophic and eutrophic state occurred simultaneously. The present research indicates that continuous flow of water from other fishponds and the frequent addition of nutrients, together with weather condition, may interfere on water quality and promote the dominance of species common to eutrophic environments.

**Keywords:** zooplankton; phytoplankton; biotic and abiotic factors.



## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A perda da produção de peixes está associada aos fatores ambientais, sendo a comunidade planctônica uma ferramenta apropriada para avaliar as condições tróficas dos viveiros de piscicultura. O manejo inadequado com elevada carga de material alóctone no sistema, principalmente fertilizantes e ração, pode acarretar problemas na qualidade da água com acúmulo de nutrientes no sedimento e distúrbios que afetam a produção de peixe (MACEDO e SIPAÚBA-TAVARES, 2005).

Os organismos planctônicos funcionam como sensores refinados das variáveis ambientais e refletem melhor que qualquer artefato tecnológico a intensidade dessas variáveis no decorrer do tempo, podendo ser utilizados para uma avaliação do estado trófico do ecossistema aquático (PINTO-COELHO, 1998). Fatores abióticos fornecem informações sobre o estado da água apenas no momento em que é realizada a medição desses parâmetros, assim, avaliações constantes fornecem maiores validades dos dados medidos (LOBO et al., 2002).

O conhecimento das alterações na comunidade planctônica, indicadora do estado trófico possibilita a prevenção de problemas na qualidade da água proporcionando melhor qualidade de vida aos organismos aquáticos e preservação da biodiversidade (MANTOVANO et al., 2019).

O manejo em aquicultura é muito intenso em função da adição diária de alimento (ração) e das condições fisiológicas dos peixes, que através da urina e fezes, contribuem com elevadas cargas de nitrogênio e fósforo para o sistema. O sedimento nos viveiros artificiais contém até mais fósforo do que na coluna d'água em função das transformações químicas e bioquímicas deste composto e no metabolismo da cadeia trófica na coluna d'água (MACEDO e SIPAÚBA-TAVARES, 2005).

Dependendo das condições de manejo nestes ambientes artificiais de criação de peixes que são altamente dinâmicos, diferentes espécies planctônicas com ciclos reprodutivos curtos ocorrem em abundância, por se adaptarem às alterações constantes destes sistemas. A avaliação conjunta dos fatores bióticos e abióticos, possibilita maiores informações sobre as condições tróficas dos sistemas artificiais (SIPAÚBA-TAVARES, 2013).

Muitas vezes, ao se aplicar os índices matemáticos amplamente utilizados em limnologia para avaliar o grau de trofia do sistema aquático, pode-se gerar resultados que não condizem com a situação real do sistema, visto que muitas vezes estes índices indicam ambiente eutrófico e/ou hipereutrófico e são constatadas espécies planctônicas de ambientes oligo e/ou mesotrófico (SIPAÚBA-TAVARES, 2013).

A finalidade do presente trabalho foi testar a aplicação de índices já existentes (criados para lagos e reservatórios), em um viveiro de piscicultura a fim de classificar a qualidade da água, bem como, comparar a carga de nutrientes com as espécies fitoplanctônicas e zooplanctônicas existentes e verificar se as espécies indicadoras de estado trófico teriam se adaptado a diferentes ambientes.

## **2. OBJETIVOS**

### **Objetivo geral**

- Examinar as condições bióticas (plâncton) e abióticas (variáveis ambientais) de um viveiro de piscicultura.

### **Objetivos específicos**

- Associar as concentrações de nutrientes na água com espécies planctônicas;
- Verificar se a aplicação de índices matemáticos pode ser adotada em piscicultura e comparar com as espécies planctônicas indicadoras de estado trófico;
- Verificar se as espécies planctônicas que ocorrem frequentemente em sistemas de piscicultura são indicadoras do estado trófico.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1. Importância da Comunidade Planctônica na aquicultura**

A comunidade planctônica é composta principalmente por fitoplâncton e zooplâncton, apresentando uma resposta integrada às perturbações ambientais, pois são sensíveis às alterações do ambiente e respondem de forma direta aos distúrbios ambientais e conseqüentemente, a estrutura da comunidade pode ser um excelente indicador do estado trófico do corpo d'água (BORGES et al., 2010).

Viveiros de piscicultura são ambientes complexos e dinâmicos, destinados a suportar elevada biomassa, influenciando de forma direta as condições bióticas e abióticas do sistema (SIPAÚBA-TAVARES, 2013).

A ação do manejo alimentar proporciona aos viveiros elevadas cargas de nutrientes, matéria orgânica e inorgânica, assim como o aumento da biomassa planctônica. Nitrogênio e fósforo são os nutrientes mais importantes para o crescimento da comunidade fitoplanctônica no viveiro, estando também associada à outras variáveis (SIPAÚBA-TAVARES, 2000).

O sedimento acumula nutrientes e muitas outras substâncias presentes no ambiente aquático. Desta forma, processos biológicos e químicos que ocorrem na camada superficial do sedimento afetam a qualidade do sistema aquático, e conseqüentemente, o plâncton (BOYD et al., 2002).

A estrutura física do ambiente e a disponibilidade de nutrientes, não são as únicas variáveis diretas que governam a periodicidade da comunidade planctônica, mas direta ou indiretamente são as mais importantes variáveis que influenciam a composição de espécies desta comunidade (BECKER et al., 2010).

A variabilidade temporal, estrutural e dinâmica da comunidade fitoplanctônica é muito importante para o metabolismo do ecossistema aquático, podendo ser usada como ferramenta de monitoramento e determinação da qualidade da água, como entendimento das características e variações do ecossistema aquático (WANG et al., 2010).

Na maioria dos ecossistemas aquáticos de água doce a estabilidade é baixa e a colonização pelo plâncton é feita em curtos períodos de tempo, e conseqüentemente, a população local mostra elevada habilidade para preencher nichos ecológicos vazios (PINESE et al., 2012).

Conforme o grau de trofia dos sistemas hídricos vai aumentando, a diversidade fitoplanctônica tende a decrescer, permitindo a dominância de Cyanobacteria, que pode ser responsável pela produção de algumas toxinas (CHELLAPPA et al., 2009).

A comunidade zooplanctônicas, bem como fitoplanctônica de água doce é uma ferramenta sensível para monitorar as variações ambientais, como indicadores da qualidade da água, níveis de poluição e eutrofização, além de importantes fontes alimentares para a cadeia trófica (YIGIT, 2006). Esta comunidade tem importância devido à fácil identificação, tornando-se útil quando a sensibilidade da comunidade pode ser determinada, baseando-se na classificação taxonômica (WHITMAN et al., 2004).

As mudanças das variáveis de produtividade determinam a presença de organismos zooplanctônicos em sistemas aquáticos e influenciam na estrutura do plâncton, que se apresenta em tamanhos diferentes de acordo com as condições do meio, em consequência da disponibilidade de alimentos (MANTOVANO et al., 2019).

Todas as mudanças temporais que ocorrem nos ecossistemas são complexas e podem ser responsáveis pelos padrões cíclicos de variações. Se o tempo de vida de um organismo é curto em relação às mudanças ambientais, são esperadas oscilações ou flutuações da densidade populacional (SARTORI et al., 2009).

Os sistemas artificiais rasos, como viveiros e tanques de piscicultura, são dinâmicos, apresentando manejo intensivo em relação à densidade populacional, manejo alimentar com uso de ração e frequente adição de fertilizantes, onde qualquer alteração, pode acarretar condições adversas ao meio (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2002).

### **3.2. Comunidade planctônica como indicadora do estado trófico da água**

Indicadores biológicos são utilizados para avaliação da qualidade da água, a fim de detectar mudanças estruturais, espaciais e temporais das comunidades presentes no ecossistema aquático (BURNS e GALBRAITH, 2007; VAN EGEREN et al., 2011). Portanto, índices multimétricos são utilizados para avaliação da qualidade da água e ecologia dos sistemas aquáticos, através de elementos biológicos, tais como o fitoplâncton (LUGOLI et al., 2012).

Os parâmetros físicos e químicos da água possuem influência relativa na distribuição do fitoplâncton. Os principais responsáveis pelo aumento de nutrientes no ambiente aquático são os efluentes industriais e domésticos que proporcionam o crescimento de espécies de fitoplâncton como *Microcystis aeruginosa*, tornando-a inapropriada para consumo humano e animal (SHEKHAR et al., 2008).

A poluição aquática compromete a diversidade e abundância fitoplanctônica, provocando estresse e diminuição das espécies mais sensíveis e o surgimento de espécies mais tolerantes. O aumento da carga de nutrientes tem efeito negativo, reduzindo a diversidade fitoplanctônica e provocando o aumento de algas nocivas (EL-KASSAS e GHARIB, 2016).

As algas são ótimas indicadoras biológicas, sendo capazes de responder rapidamente às mudanças ambientais. Análises físico-químicas são excelentes na indicação da qualidade da água, porém, em muitos casos são apenas pontuais. Desta maneira, as análises biológicas são necessárias para obter informações precisas das condições da água (KARR et al., 2000; INGOLE et al., 2010). A diversidade, abundância e variações fitoplanctônicas, fornecem informações importantes da qualidade da água no meio aquático (SHINDE et al., 2011).

As diatomáceas são sensíveis às variações das condições ambientais e podem sofrer alterações rápidas às mudanças físicas, químicas ou biológicas da água, e assim, podem ser utilizadas como indicadores de toxicidade de metais na água, devido à tolerância aos ambientes poluídos (EL-KASSAS e GHARIB, 2016).

Pesquisadores relatam que espécies pertencentes aos grupos Chlorophyceae, Cyanobacteria, Euglenophyceae, Bacillariophyceae e Dianophyceae, como os gêneros *Scenedesmus*, *Anabaena*, *Oscillatoria* e *Melosira*, são indicadores de água rica em nutrientes e, portanto, indicadores de poluição da água (NANDAN e AHER, 2005; ZARGAR e GHOSH, 2006; EL-KASSAS e GHARIB, 2016).

A baixa diversidade de espécies fitoplanctônicas em sistemas aquáticos indica um desequilíbrio ambiental e baixa qualidade da água. Nos tanques de cultivo é importante a identificação da comunidade fitoplanctônica para o controle do sistema. Sendo assim, controlar a qualidade da água de cultivo não é algo simples, porém, o conhecimento da comunidade fitoplanctônica traz informações prévias na identificação de qualquer alteração no ambiente (CASÉ et al., 2008).

O zooplâncton também apresenta grande potencial como bioindicador, uma vez que, sua distribuição e crescimento dependem de parâmetros bióticos, como competição, predação e restrição alimentar; e abióticos, como temperatura e poluentes (ZANNATUL e MUKTADIR, 2009). São considerados excelentes indicadores biológicos, porque respondem aos altos níveis de nutrientes, componentes tóxicos na água, e aos baixos níveis de oxigênio (CASÉ et al., 2008).

Dentre os organismos zooplanctônicos, as espécies pertencentes ao grupo Rotifera são grandes indicadores do estado trófico devido ao curto ciclo de vida e respondem quase que simultaneamente às alterações ambientais (CHEN et al., 2012; GUNN et al., 2011). A diversidade de espécies zooplanctônicas em tanques de piscicultura geralmente é elevada, principalmente quando se trata de Rotifera, e muitas espécies podem ser utilizadas como indicadoras da qualidade de água (NEGREIROS et al., 2009).

Rotifera caracteriza-se como organismo oportunista (estrategista-r), consumindo e assimilando uma ampla variedade de fontes alimentares, com altas taxas de renovação e tolerância às condições ambientais, resultando em uma comunidade com grande diversidade (BONECKER et al., 2009).

O grupo Copepoda possui ciclo biológico longo e mais complexo (estrategista-k), requerendo alta estabilidade ambiental e, portanto, associadas a períodos de aumento de tempo de retenção da água (SARTORI et al., 2009).

O grupo Cladocera é importante no fornecimento de dados sobre alterações ecológicas de sistemas aquáticos, uma vez que sua posição na cadeia alimentar o torna sensível às mudanças ambientais. Desta forma, podem ser indicadores únicos para reconhecer mudanças provocadas pela eutrofização em ambientes rasos (DAVIDSON et al., 2011). São considerados indicadores de ambientes oligo-mesotróficos e desempenham importante papel na ecologia e qualidade da água, ocupando um nível trófico intermediário na cadeia alimentar (CHEN et al., 2010).

Alterações na composição da qualidade da água podem fazer com que espécies ausentes em sistemas oligotróficos sejam encontradas em sistema eutrófico, servindo de indicadores do estado trófico aquático (MATSUMURA-TUNDISI, 1999).

De acordo com estudos realizados por Haberman e Haldna (2014), as espécies *Anuraeopsis fissa*, *Keratella tecta*, *Trichocerca rousseleti*, *Chydorus sphaericus* e *Bosmina longirostris* podem ser utilizadas como indicadoras de águas

eutróficas, enquanto que as espécies *Conochilus unicornis*, *Kellicottia longispina*, *Ploesoma hudsoni*, *Bosmina berolinensis* e *Eudiaptomus gracilis* podem ser indicadoras de ambientes oligo-mesotróficos.

Os fatores que apresentam maior influência na distribuição do zooplâncton são turbidez e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), determinando a abundância da comunidade zooplanctônica (OKOGWU e UGWUMBA, 2006; MOHAMMED, et al., 2016).

São esperadas diferenças na reprodução dos organismos zooplanctônicos devido às mudanças na qualidade da água (LANDA et al., 2007; SILVA, 2011). A composição, diversidade e riqueza desses organismos sofrem mudanças de ambientes eutróficos para ambientes oligo-mesotróficos. Poucas espécies costumam apresentar altas densidades em ambientes eutróficos (MATSUMURA-TUNDISI e TUNDISI, 2005).

As principais causas que interferem nas mudanças da comunidade planctônica são: variação alimentar, parâmetros físico-químicos da água e predação. A decomposição de animais disponibiliza nutrientes na água e afeta a densidade e composição das espécies planctônicas, sendo importante na compreensão dos impactos da eutrofização na estrutura do plâncton (CASÉ et al., 2008).

O plâncton pode apresentar vários elementos que indicam a qualidade da água, além de informações para caracterizar as quatro estações do ano, como mudança na densidade da comunidade planctônica ou desaparecimento de espécies. Substâncias tóxicas interferem no ciclo de vida do zooplâncton e fitoplâncton e podem causar o aparecimento de espécies do grupo Cyanobacteria e inibir o crescimento de outras espécies como as diatomáceas (BIANCHI et al., 2003).

A qualidade da água é de importância mundial para o desenvolvimento da aquicultura, visto que, há muitos impactos desfavoráveis ao meio ambiente. Por isso, sabendo que os organismos aquáticos dependem exclusivamente da água, é importante seu monitoramento através de variáveis físicas, químicas e biológicas (DE LACERDA et al., 2006).



#### 4. ÍNDICES DE ESTADO TRÓFICO

O aumento de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, na água é um processo denominado eutrofização. Desta forma, ocorre o rápido crescimento de plantas aquáticas que influenciam na qualidade da água, e provocando o aumento de microalgas que produzem toxinas como Cyanobacteria. Este tipo de microalga causa danos à saúde de todo o ecossistema com elevado custo no tratamento da água (GALLI e ABE, 2010).

A classificação de lagos através do estado trófico indica a produtividade biológica na qual pode ser avaliada pela quantidade de fósforo, clorofila e transparência. Existem muitos índices que utilizam cálculos matemáticos para classificar o estado trófico de ambientes aquáticos, no entanto, índices com base nas respostas de organismos às alterações ambientais são essenciais para verificar as reais condições do ambiente aquático (EJSMONT-KARABIN, 2012).

Fósforo-total, transparência do disco de Secchi e clorofila-a são variáveis importantes para o índice do estado trófico (IET), criado para classificar os sistemas aquáticos e separado em três classes: oligotrófico, mesotrófico e eutrófico. Outros ainda consideram as classes ultra-oligotrófico e hipereutrófico (CARLSON, 1977).

Um dos grandes problemas no mundo todo nos últimos tempos tem sido a eutrofização dos sistemas aquáticos, deste modo, a procura por monitoramentos eficientes baseados em índices bióticos tem expandido. Os monitoramentos devem ser práticos com amostragem simples e índices claros e fáceis de calcular (EJSMONT-KARABIN, 2012).

##### Índice do Estado Trófico proposto por Lamparelli (2004)

A utilização de um índice do estado trófico (IET) como o de Carlson (1977), é vantajosa pois apresenta baixo custo, uma vez que utiliza variáveis de fácil determinação como clorofila-a, fósforo total e dissolvido e transparência, usualmente obtidas em estudo de limnologia (LAMPARELLI, 2004).

$$\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - (1,77 - 0,42 \times (\ln \text{PT}) / \ln 2))$$

$$\text{IET (CL)} = 10 \times (6 - (0,92 - 0,34 \times (\ln \text{CL}) / \ln 2))$$

$$\text{IET} = [ \text{IET (PT)} + \text{IET (CL)} ] / 2$$

No qual:

PT= concentração de fósforo total da superfície e fundo da água ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ );

CL= concentração de clorofila-a ( $\mu\text{g L}^{-1}$ );

ln=logaritmo natural.

A qual classifica os ambientes como:

ultraoligotrófico ( $\text{IET} \leq 47$ ), oligotrófico ( $47 < \text{IET} \leq 52$ ), mesotrófico ( $52 < \text{IET} \leq 59$ ), eutrófico ( $59 < \text{IET} \leq 63$ ), supereutrófico ( $63 < \text{IET} \leq 67$ ) e hipereutrófico ( $>67$ ).

Este índice auxilia na melhor aceitação entre as classificações ambientais realizadas através da clorofila-a e fósforo total (LAMPARELLI, 2004).

#### ICA – Índice da Comunidades aquáticas- Fitoplanctônica

Este índice baseia-se na dominância dos grandes grupos fitoplanctônicos, na densidade dos organismos e na concentração de clorofila-a, classificando a qualidade da água em ótima (1), boa (2), regular (3) ou ruim (4) (Tabela 1).

O intuito deste índice é detectar possíveis contaminações que inibem o crescimento algal, bem como complementar as informações obtidas através de outros índices (COELHO-BOTELHO et al., 2006).

#### ICZ<sub>RES</sub> – Índice da Comunidade Zooplanctônica para Reservatórios

Este índice relaciona a razão entre o número total de Calanoida e o número total de Cyclopoida ( $N_{cal}/N_{cyc}$ ) com o Índice de Estado Trófico (IET) para clorofila-a. Classificando nas categorias boa, regular, ruim e péssima (LAMPARELLI, 2004) (Tabela 2).

**Tabela 1.** Ponderações das variáveis utilizadas no índice de comunidades (Fitoplâncton) (Retirado de: Relatório técnico, CETESB – 2006).

PONDERAÇÃO	NÍVEIS	CATEGORIAS
1	Não há dominância entre os grupos Densidade total < 1000 org./mL Clorofila a < 4µg/L	ÓTIMA
2	Dominância de Clorofíceas (Desmidiáceas) ou Densidade total > 1000 e <5000 org./mL Clorofila a e 4µg/L e < 10µg/L	BOA
3	Dominância de Clorofíceas (Clorococcales) ou Densidade total > 5000 e <10000 org./mL Clorofila a > 10µg/L	REGULAR
4	Dominância de Cianofíceas/cianobactérias ou Densidade total > 10000 org./mL Clorofila a > 10µg/L	RUIM

**Tabela 2.** Chave dicotômica para a aplicação do Índice da Comunidade Zooplânctônica em Reservatórios (ICZRES), onde IET(CL)= Índice do Estado Trófico de clorofila-a, NCal= número de organismos calanoidas, NCyc= número de organismos cyclopoidas. (Retirado de: Relatório técnico, CETESB – 2006).

1(a) Copépodes (calanóides e ciclopóides) ausentes .....	Péssima
1(b) Copépodes presentes .....	2
2(a) Cladóceros e rotíferos presentes.....	3
2(b) Cladóceros ou rotíferos ausentes.....	Ruim
3(a) IET(CL) menor ou igual a 24 .....	Boa
3(b) IET(CL) maior que 24.....	4
4(a) IET(CL) menor ou igual a 44 .....	5
4(b) IET(CL) maior que 44.....	6
5(a) NCal/NCyc menor ou igual a 0,5 .....	Regular
5(b) NCal/NCyc maior que 0,5 .....	Boa
6(a) IET(CL) menor ou igual a 54 .....	7
6(b) IET(CL) maior que 54.....	8
7(a) NCal/NCyc entre 1,0 e 2,0 .....	Boa
7(b) NCal/NCyc menor ou igual a 1,0 ou NCal/NCyc maior que 2,0.....	Regular
8(a) IET(CL) menor ou igual a 74 .....	9
8(b) IET(CL) maior que 74.....	10
9(a) NCal/NCyc menor ou igual a 0,5 .....	Ruim
9(b) NCal/NCyc maior que 0,5.....	Regular
10(a) NCal/NCyc menor ou igual a 0,5 .....	Péssima
10(b) NCal/NCyc maior que 0,5.....	Ruim

Índice de diversidade (H') (Shannon e Wiener, 1949):

O índice de diversidade de Shannon-Weaver: considera igual peso entre as espécies raras e abundantes.

$$H' = \frac{\left[ N \ln(N) - \sum_{i=1}^S n_i \ln(n_i) \right]}{N}$$

Em que:

H' = índice de Shannon-Wiener

$n_i$  = número de indivíduos amostrados da i-ésima espécie.

N = número total de indivíduos amostrados.

S = número total de espécies amostradas.

Ln = logaritmo de base neperiana.

O índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') é originário da teoria da informação e procura presumir a possibilidade de dois indivíduos serem coletados de forma aleatória e não pertencerem à mesma espécie. Quanto maior o valor do índice, maior será a diversidade (Martins e Santos, 1999).

Índice de dominância de Simpson (D), (Simpson, 1949)

O Índice de dominância de Simpson analisa qual a probabilidade de dois indivíduos, ao serem coletados aleatoriamente, pertencerem à mesma espécie. Quanto maior a diversidade, menor será a dominância (Martins e Santos, 1999).

$$C = 1 - \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Em que:

C = índice de dominância de Simpson;

$n_i$  = número de indivíduos amostrados da i-ésima espécie;

N = número total de indivíduos amostrados.

### Equitabilidade de Pielou (1975)

O índice de equitabilidade pertence ao intervalo [0,1], onde 1 representa a máxima diversidade, ou seja, todas as espécies são igualmente abundantes:

$$E = \frac{H''}{H'' \max}$$

Em que:

E = Equitabilidade

H'' = índice de diversidade de Shannon-Wiener.

H'' max =  $\log_2 S$

### Índice de Riqueza de Margalef

O índice de riqueza de espécies se baseia no número de espécies (S-1) e o logaritmo do número total de indivíduos (MAGURRAN, 2011).

$$D_{Mg} = (S-1)/\ln N$$

Em que:

$D_{Mg}$  = índice de riqueza de Margalef

S = número total de espécies amostradas

N = número total de indivíduos amostrados

ln = logaritmo de base neperiana.

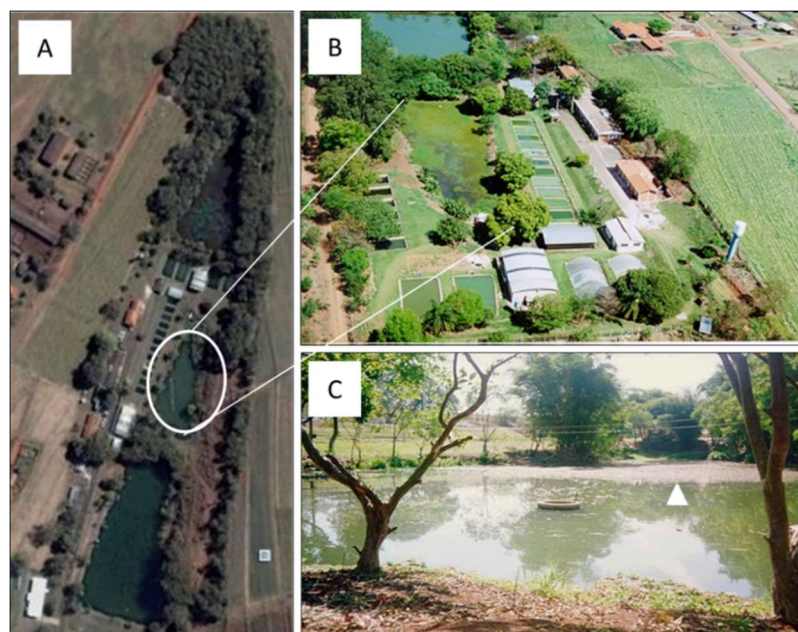
As condições ecológicas dos sistemas artificiais de criação de organismos aquáticos fornecem dados para o entendimento da dinâmica deste sistema, em função do manejo e condições climáticas locais. O conhecimento dos fatores bióticos e abióticos pode nos informar as condições da qualidade da água e auxiliar no seu equilíbrio, bem como melhorar a produtividade dos viveiros de piscicultura (SIPAÚBA-TAVARES, 2013).

## 5. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi realizado em um viveiro de piscicultura do Centro de Aquicultura (21°15'19"S e 48°19'21"O) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Jaboticabal (SP). Este viveiro possui uma área de 1.822 m<sup>2</sup> com 2,0 m de profundidade máxima, com fluxo contínuo de água e taxa de renovação diária de 5% do volume. É o segundo de 6 viveiros sequenciais com tamanho variando de 1.822 m<sup>2</sup> a 8.067 m<sup>2</sup> que recebe água direta ou indiretamente de viveiros anteriores (SIPAÚBA-TAVARES et al., 1991; MACEDO e SIPAÚBA-TAVARES, 2004).

O viveiro estudado possui três entradas e uma saída de água. O extremo norte recebe água dos laboratórios de peixes ornamentais e reprodução de peixes e mais quatro tanques de 200 m<sup>2</sup> que deságuam em um banco de macrófitas que fica na entrada do viveiro. A entrada ao noroeste recebe água de doze tanques de peixe de 45 m<sup>2</sup>. A entrada ao nordeste recebe água de seis tanques de peixes de 80 m<sup>2</sup>, além de água proveniente do viveiro de abastecimento (V1) (Figura 1).

**Figura 1.** Diagrama dos viveiros de aquicultura do CAUNESP. Onde (A) seqüência dos viveiros do CAUNESP destacando o segundo viveiro, onde foi realizado o estudo; (B) tanques e laboratórios cujo efluente deságua no viveiro estudado; (C) o viveiro em estudo destacando o ponto de coleta. (Fotos cedidas por Lucia Helena Sipaúba Tavares).



Este é o menor viveiro da sequência de seis viveiros, os quais atuam como receptores de água ao longo da fazenda do Caunesp funcionando com fluxo contínuo de água e disposição sequencial, onde a água de um viveiro é passada para o outro sem tratamento prévio (Figura 1). O efluente de todo o conjunto de viveiros deságua no Córrego Jaboticabal, afluente do Rio Mogi-Guaçu (SIPAÚBA-TAVARES et al., 1991). O viveiro contém espécies de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e matrinxã (*Brycon cephalus*), na proporção de aproximadamente 1 peixe por m<sup>3</sup>.

O viveiro não possui margem recortada, apresenta baixa profundidade, e as suas características limnológicas sofrem influência dos fatores climáticos, manejo e água de abastecimento. O viveiro contém macrófitas no ponto de entrada de água, representadas por plantas enraizadas e flutuantes, principalmente *Eichhornia crassipes* e *Salvinia sp.*, formando uma área alagável que funciona como filtro biológico, melhorando as condições da água proveniente dos tanques localizados acima do laboratório de peixes ornamentais e do laboratório de reprodução de peixes (SIPAÚBA-TAVARES et al., 1991; 2003a, b; 2011; 2016). As duas partes laterais do viveiro apresentam um lado com vegetação e o lado oposto com 12 tanques de 45 m<sup>2</sup>, que deságuam diretamente neste viveiro sem tratamento prévio (Figura 2).

**Figura 2.** Entradas de água do viveiro, onde: localização dos 12 tanques de peixes de 45 m<sup>2</sup> (A); entradas de água passando pelo banco de macrófita (B e C). (Fotos cedidas por Lúcia Helena Sipaúba Tavares).

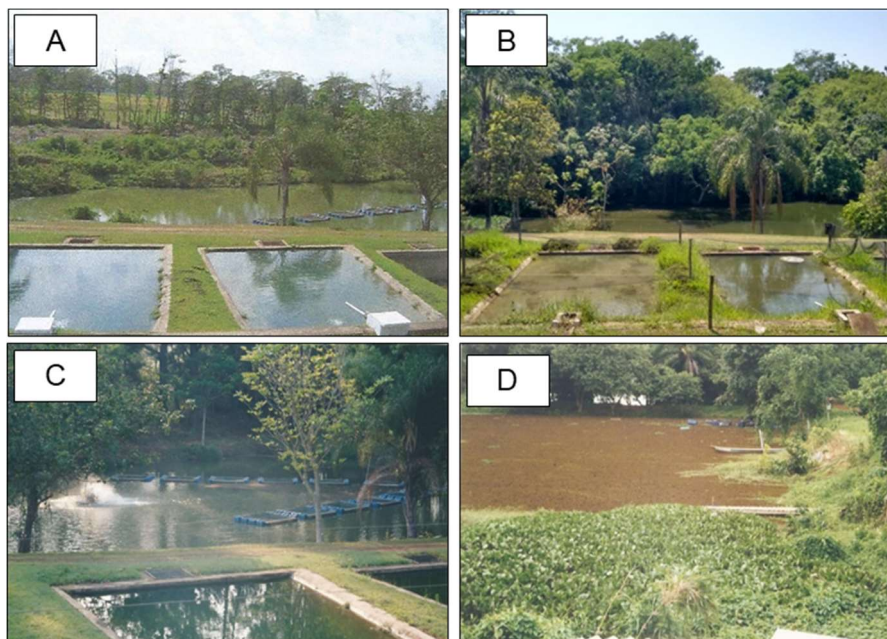




Na parte oposta aos 12 tanques localizados ao lado do viveiro estudado, havia densa vegetação, incluindo bambuzais e árvores ornamentais que foram retiradas, em razão do excesso de sombreamento na água. Mesmo assim, nesse viveiro frequentemente ocorre infestação de macrófita, como *Eichhornia crassipes* e *Salvinia sp*, cobrindo toda a superfície da água e comprometendo a qualidade da água do viveiro (SIPAÚBA-TAVARES, et al., 2003a).

Neste viveiro já foram realizadas diversas pesquisas com a introdução de tanques-rede para criação de tilápias. No entanto, como é um sistema artificial raso, ocorriam problemas de mortalidade dos peixes, havendo necessidade de uso de aeradores, que por sua vez aumentavam muito a turbidez, afetando a produção. Em estudos limnológicos realizados com tanques-rede, foi observado que o uso deste manejo em viveiros de baixa profundidade não é aconselhável. No entanto, foi indicada a colocação dos tanques-rede próximo à saída de água (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2016). A Figura 3 mostra as diferentes fases passada pelo viveiro ao longo do tempo com ocorrência de infestação por plantas aquáticas. Hoje em dia existe um banco de macrófita cercado para que as plantas não invadam o viveiro (Figura 3).

**Figura 3.** Viveiro com a vegetação no entorno, onde: Viveiro com a retirada da vegetação no ano de 1999 (A); vegetação atual no entorno do viveiro (B); uso de tanques-rede e aerador (C) e viveiro infestado por *Eichhornia crassipes* e *Salvinia sp* (D). (Fotos cedidas por Lucia Helena Sipaúba Tavares).





A manutenção das plantas aquáticas na entrada do viveiro é harmônica. Como os viveiros de piscicultura recebem uma carga alóctone de nutrientes muito intensa e são sistemas dinâmicos, qualquer perturbação nas condições ambientais promove um distúrbio, que no caso específico deste viveiro são as infestações por macrófitas (SIPAÚBA-TAVARES et al. 2011; 2016). Estudo realizado durante a infestação de macrófitas neste período verificou que os 30 m invadidos por *E. crassipes* apresentaram condições de qualidade da água adequada. No entanto, nos 80 m restantes com *Salvinia sp.*, houve uma deteriorização da qualidade da água, principalmente em relação ao oxigênio dissolvido e nutrientes (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2003b).

A proliferação indesejada por plantas aquáticas é extremamente prejudicial à criação de peixes, principalmente por inibir a penetração de luz e diminuir a produtividade do viveiro (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2017).

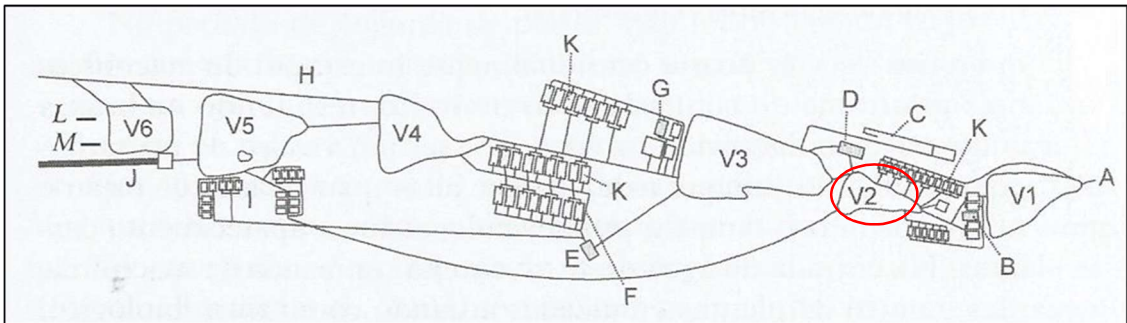
Em sistemas meso-eutróficos como os viveiros e tanques de aquicultura, as plantas aquáticas tendem a propagar-se rapidamente e cobrir toda a superfície da água, principalmente devido à falta de manejo adequada que impacta estes sistemas. A forma comum de integração é aquela na qual há um elo direto entre manejo e uso adequado das plantas aquáticas (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2016).

O viveiro estudado (segundo da sequência) é um sistema de manutenção e experimentação (tanque-rede), recebe altas quantidades de ração e também água de outros tanques propiciando o aparecimento de plantas aquáticas (SIPAÚBA-TAVARES, 2013).

O clima da região segundo classificação de Köpen, é do tipo CWA, subtropical, relativamente seco no inverno com chuvas no verão, apresentando temperatura média anual de 22°C e precipitação média de 1.552 mm (CEPAGRI, 2013).

Deve-se ressaltar que a fazenda de aquicultura do CAUNESP é abastecida por várias nascentes situadas na parte mais elevada, acima do viveiro 1; e a piscicultura é composta por conjunto de viveiros e tanques com fundo natural ou alvenaria, setores de ranicultura e carnicultura, além dos diversos laboratórios ligados às pesquisas voltadas para a aquicultura (MACEDO e SIPAÚBA-TAVARES, 2005; SIPAÚBA-TAVARES, 2013). A figura 4 mostra a representação esquemática da fazenda de aquicultura do CAUNESP.

**Figura 4.** Representação esquemática dos viveiros do CAUNESP com as diferentes localizações, onde: A = nascente; B= Laboratório de Peixes Ornamentais; C= Laboratório de Limnologia e Produção de Plâncton; D= Laboratório de Nutrição de Peixes ; E= Setor de Ranicultura; F= Canal de Abastecimento de água; G= Laboratório de Patologia; H= Saída de Água Subterrânea para Abastecimento dos viveiros do CTA; I= Setor de Carcinicultura; J= “Wetland” Construído no efluente; K= Tanques de Piscicultura; L= Saída de Água Subterrânea para Abastecimento dos viveiros do CTA; M= Saída de Água Subterrânea que deságua no córrego Jaboticabal, V1 ao V6 = Viveiros de Piscicultura. Viveiro estudado em destaque (adaptado de MACEDO e SIPAÚBA-TAVARES, 2005 e SIPAÚBA-TAVARES, 2013).



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BECKER, V.; CAPUTO, L.; ORDÓÑEZ, J.; MARCÉ, R.; ARMENGOL, J.; CROSSETTI, L. O.; HUSZAR, V. L. M. Driving factors of the phytoplankton functional groups in a deep Mediterranean reservoir. **Water Research**, v. 44, p. 3345-3354, 2010.

BIANCHI, F.; ACRI, F., AUBRY, F. B., BERTON, A.; BOLDRIN, A.; CAMATTI, E.; CASSIN, D.; COMASCHI, A. Can plankton communities be considered as bio-indicators of water quality in the Lagoon of Venice?. **Marine Pollution Bulletin**, v. 46, n. 8, p. 964-971, 2003.

BONECKER, C. C.; AOYAGUI, A. S. M.; SANTOS, R. M. The impact of impoundment on the rotifer communities in two tropical floodplain environments: interannual pulse variations. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 2, p. 529-537, 2009.

BORGES, P. A. F.; TRAIN, S.; DIAS, J. D.; BONECKER, C. C. Effects of fish farming on plankton structure in a Brazilian tropical reservoir. **Hydrobiologia**, v. 649, p. 279-291, 2010.

BOYD, Philip W. The role of iron in the biogeochemistry of the Southern Ocean and equatorial Pacific: a comparison of in situ iron enrichments. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 49, n. 9-10, p. 1803-1821, 2002.

BURNS, C. W.; GALBRAITH, L. M. Relating planktonic microbial food web structure in lentic freshwater ecosystems to water quality and land use. **Journal of plankton research**, v. 29, n. 2, p. 127-139, 2007.

CARLSON, Robert E. A trophic state index for lakes<sup>1</sup>. **Limnology and oceanography**, v. 22, n. 2, p. 361-369, 1977.

CASÉ, M.; LECA, E. E.; LEITÃO, S. N.; SANT'ANNA, E. E.; SCHWAMBORN, R.; MORAES-JUNIOR, A. T. Plankton community as an indicator of water quality in tropical shrimp culture ponds. **Marine Pollution Bulletin**, v. 56, n. 7, p. 1343-1352, 2008.

CEPAGRI – Centro de Pesquisa Meteorológica e Climáticas Aplicada á Agricultura. Classificação de clima. Disponível em: <[http://www.cpa.unicamp.br/ouytras-informações/clima\\_muni\\_060.html](http://www.cpa.unicamp.br/ouytras-informações/clima_muni_060.html)>

CETESB-COMPANHIA DE TECNOLOGIA. AMBIENTAL DE SANEAMENTO, Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo. Anexo V. Brasil, p. 146, 2006.

CHELLAPPA, N. T.; CÂMARA, F. R. A.; ROCHA, O. Phytoplankton community: indicator of water quality in the Armando Ribeiro Gonçalves Reservoir and Pataxó Channel, Rio Grande do Norte, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 2, p. 241-251, 2009.

CHEN, G.; DALTON, C.; TAYLOR, D. Cladocera as indicators of trophic state in Irish lakes. *Journal of Paleolimnology*, v. 44, p. 465-481, 2010.

CHEN, L.; LIU, Q.; PENG, Z.; HU, Z.; XUE, J.; WANG, W. Rotifer community structure and assessment of water quality in Yangcheng Lake. **Chinese journal of oceanology and limnology**, v. 30, n. 1, p. 47-58, 2012.

COELHO-BOTELHO, M. J. C.; CARVALHO, M. C.; KUHLMANN, M. L.; SALVADOR, M. E. P.; DE SOUZA, R. R.; WATANABE, H. M.; GUERESCHI, R. M. Desenvolvimento de índices biológicos para o biomonitoramento em reservatórios do estado de São Paulo. **São Paulo: CETESB**, 2006.

DAVIDSON, T. A.; BENNION, H.; JEPPESEN, E.; CLARKE, G. H.; SAYER, C. D.; MORLEY, D.; ODGAARD, B. V.; RASMUSSEN, P.; RAWCLIFFE, R.; SALGADO, J.; SIMPSON, G. L.; AMSINCK, S. L. The role of cladocerans in tracking long-term change in shallow lake trophic status. **Hydrobiologia**, v. 676, n. 1, p. 299, 2011.

DE LACERDA, L. D.; VAISMAN, A. G.; MAIA, L. P.; SILVA, C. A. R.; CUNHA, E. M. S. Relative importance of nitrogen and phosphorus emissions from shrimp farming and other anthropogenic sources for six estuaries along the NE Brazilian coast. **Aquaculture**, v. 253, n. 1-4, p. 433-446, 2006.

EJSMONT-KARABIN, J. The usefulness of zooplankton as lake ecosystem indicators: rotifer trophic state index. **Polish Journal of Ecology**, v. 60, n. 2, p. 339-350, 2012.

EL-KASSAS, H. Y.; GHARIB, S. M. Phytoplankton abundance and structure as indicator of water quality in the drainage system of the Burullus Lagoon, southern Mediterranean coast, Egypt. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 188, n. 9, p. 530, 2016.

GALLI, C. S.; ABE, D. S. Disponibilidade, poluição e eutrofização das águas. **BICUDO, M. Carlos E. de M; TUNDISI, José Galizia**, 2010.

- GUNN, I. D. M.; O'HARE, M. T.; MAITLAND, P. S.; MAY, L. Long-term trends in Loch Leven invertebrate communities. In: **Loch Leven: 40 years of scientific research**. Springer, Dordrecht, p. 59-72, 2011.
- HABERMAN, J.; HALDNA, M. Indices of zooplankton community as valuable tools in assessing the trophic state and water quality of eutrophic lakes: long term study of Lake Vörtsjärv. **Journal of Limnology**, v. 73, n. 2, 2014.
- INGOLE, S. B.; NAIK, S. R.; KADAM, G. Study of phytoplankton of freshwater reservoir at majalgaon on sindphana river district beed (MS). **International Research Journal**, v. 1, n. 13, p. 87-88, 2010.
- KARR, J. R., ALLEN, J. D., BENKE, A. C. River conservation in the United States and Canada, 2000. In: PRINGLE, C. M.; SCATENA, F. N.; PAABY-HANSEN, P.; NÚÑEZ-FERRERA, M.; BOON, P. J.; DAVIES, B. R.; PETTS, G. E. **Global Perspectives on River Conservation: Science, Policy and Practice**. John Wiley e Sons Ltd., 2000.
- LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2004.
- LANDA, G. G.; BARBOSA, F. A. R.; RIETZLER, A. C.; MAIA-BARBOSA, P. M. Thermocyclops decipiens (Kiefer, 1929) (Copepoda, Cyclopoida) as indicator of water quality in the State of Minas Gerais, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, n. 4, p. 695-705, 2007.
- LOBO, E. A.; CALLEGARO, V. L. M.; BENDER, E. P. Utilização de algas diatomáceas epilíticas como indicadoras da qualidade da água em rios e arroios da Região Hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil. **Edunisc**, 2002.
- LUGOLI, F.; GARMENDIA, M.; LEHTINEN, S.; KAUPPILA, P.; MONCHEVA, S.; REVILLA, M.; ROSELLI, L.; SLABAKOVA, N.; VALENCIA, V.; DROMPH, K. M.; BASSET, A. Application of a new multi-metric phytoplankton index to the assessment of ecological status in marine and transitional waters. **Ecological Indicators**, v. 23, p. 338-355, 2012.
- MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Morfometria e qualidade de água em viveiro sequenciais de criação de peixes: Centro de Aquicultura, Jaboticabal, SP, v.12, n. 12, p. 25-36, 2004.

- MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Comunidade planctônica em viveiros de criação de peixes com distribuição sequencial. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 31, n.1, p.21-27, 2005.
- MAGURRAN, A. E. Medindo a diversidade biológica. **Curitiba: Editora as UFPR**, 2011.
- MARTINS, F. R.; SANTOS, F. A. M. Técnicas usuais de estimativa da biodiversidade. **Revista Holos**, v. 1, n. 1, p. 236-267, 1999.
- MATSUMURA-TUNDISI, T. Diversidade de zooplâncton em represas do Brasil. pp. 39-54. In: R. Henry (ed.), *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. **FUNDIBIO/FAPESP**, Botucatu, p. 799, 1999.
- MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. G. Plankton richness in a eutrophic reservoir (Barra Bonita Reservoir, SP, Brazil). **Hydrobiologia**, v. 542, n. 1, p. 367-378, 2005.
- MOHAMMED, A. Z.; AGBAJA, J. E.; ARIMORO, F. O. Zooplankton Community Response To Deteriorating Water Quality In Tungan Kawo (Wushishi Dam), North Central, Nigeria. **Int. J. Innov. Res. Adv. Stud. (IJIRAS)**, v. 3, n. 4, p. 51-56, 2016.
- MANTOVANO, T., LOUIZI DE SOUZA, M., SCHWIND, T. F., GRACIELE, V., TIBURCIO, C. C., & LANSAC-TÔHA, F. A. Zooplankton communities show contrasting productivity variables thresholds in dammed and undammed systems. **Limnetica**, v. 38, n. 2, p. 669-682, 2019.
- NANDAN, S. N.; AHER, N. H. Algal community used for assessment of water quality of Haranbaree dam and Mosam river of Maharashtra. **Journal of environmental biology**, v. 26, n. 2, p. 223-227, 2005.
- NEGREIROS, N. F.; ROJAS, N. E.; ROCHA, O.; SANTOS WISNIEWSKI, M. J. Composition, diversity and short-term temporal fluctuations of zooplankton communities in fish culture ponds (Pindamonhangaba), SP. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 3, p. 785-794, 2009.
- OKOGWU, O. I.; UGWUMBA, O. A. The zooplankton and environmental characteristics of Ologe lagoon, South west, Nigeria. **Zoologist (The)**, v. 4, n. 1, 2006.
- PINESE, O. P.; CASSEMIRO, F. A. S.; PINESE, J. F.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Metabolic theory of ecology and diversity of continental zooplankton in Brazil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 34, n. 1, p. 69-75, 2012.

PINTO-COELHO, R. M. Effects of eutrophication on seasonal patterns of mesozooplankton in a tropical reservoir: a 4-year study in Pampulha Lake, Brazil. **Freshwater Biology**, v. 40, p. 159-173, 1998.

SARTORI, L. P.; NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R.; MORETTO, E. M. Zooplankton fluctuations in Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brasil): a three-year study. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 1, p. 1-18, 2009.

SHEKHAR, T. R. S.; KIRAN, B. R.; PUTTAIAH, E. T.; SHIVARAJ, Y.; MAHADEVAN, K. M. Phytoplankton as index of water quality with reference to industrial pollution. **Journal of Environmental Biology**, v. 29, n. 2, p. 233-236, 2008.

SHINDE, S. E.; PATHAN, T. S.; SONAWANE, D. L. Study of phytoplanktons biodiversity and correlation coefficient in harsoolsavangi dam, district aurangabad, india. **Bioinfo Aquatic Ecosystem**, v. 1, n. 1, p. 19-34, 2011.

SILVA, W. M. Potential use of Cyclopoida (Crustacea, Copepoda) as trophic state indicators in tropical reservoirs. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 3, p. 511-521, 2011.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Utilização de biofiltros em sistemas de cultivo de peixes. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v. 21, n. 203, p. 38-43, 2000.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Uso racional da água em Aquicultura. Maria de Lourdes Brandel-ME, p. 190, 2013.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; OLIVEIRA, D. B. S.; CASTAGNOLLI, M. C.; BACHION, M. A.; DURIGAN, J. G. Estudo batimétrico e morfométrico em represas. **Ciência Zootécnica**, v. 6, n. 1, p. 10-12, 1991.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; FÁVERO, E. C.; BRAGA, F. M. de S. Utilization of macrophyte biofilter in effluent from aquaculture: I Floating Plant. **Brazilian Journal of Biology**, v. 62, n. 3, p. 1-11, 2002.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; BARROS, A. F. de; BRAGA, F. M. S. Effect of macrophyte in the water quality in fishpond. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.25, n.1, p.101-106, 2003a.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; FERNANDES DE BARROS, A.; DE SOUZA BRAGA, F. M. Effect of floating macrophyte cover on the water quality in fishpond. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, p. 101-106, 2003b.

- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; DONADON, A. R. V.; MILLAN, R. N. Water quality plankton populations in an earthen polyculture pond. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 4, p. 845-855, 2011.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; MILLAN, R. N.; MILSTEIN, A. Limnology of an integrated cage-pond aquaculture farm. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 28, 2016.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; ANATRIELLO, C. B.; MILSTEIN, A.; MILLAN, R. N.; SCARDOELLI-TRUZZI, B. Macrophyte-environment relationships during a monospecific and a multispecific massive invasion in a fish pond. **Tropical Plant Research**, v. 4, n. 3, p. 277-283, 2017.
- VAN EGEREN, S. J.; Dodson, S. I.; Torke, B.; Maxted, J. T. The relative significance of environmental and anthropogenic factors affecting zooplankton community structure in Southeast Wisconsin Till Plain lakes. **Hydrobiologia**, v. 668, n. 1, p. 137-146, 2011.
- WANG, X.; QIN, B.; GAO, G.; PAERL, H. W. Nutrient enrichment and selective predation by zooplankton promote *Microcystis* (Cyanobacteria) bloom formation. **Journal of Plankton Research**, v. 32, n. 4, p. 457-470, 2010.
- WHITMAN, R. L.; NEVERS, M. B.; GOODRICH, M. L.; MURPHY, P. C.; DAVIS, B. M. Characterization of Lake Michigan coastal lakes using zooplankton assemblages. **Ecological Indicators**, v. 4, p. 277-286, 2004.
- YIGIT, S. Analysis of the zooplankton community by the Shannon-Weaver index in Lesikköprü dam lake, Turkey. **Tarim Bilimleri Dergisi**, v. 12, n. 2, p. 216-220, 2006.
- ZANNATUL, F.; MUKTADIR, A. K. M. A Review: potentiality of zooplankton as bioindicator. **American Journal of Applied Sciences**, v. 6, n. 10, p. 1815-1819, 2009.
- ZARGAR, S.; GHOSH, T. K. Influence of cooling water discharges from Kaiga nuclear power plant on selected indices applied to plankton population of Kadra reservoir. **Journal of Environmental Biology**, v. 27, n. 2, p. 191-198, 2006.



## **CAPÍTULO 1**

# **INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES LIMNOLÓGICAS NA COMUNIDADE PLANCTÔNICA EM UM VIVEIRO DE PISCICULTURA**

## **Influência das condições limnológicas na comunidade planctônica em um viveiro de piscicultura**

J. S. A. da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo D. Castellane, s / n, CEP 14884-900, Jaboticabal, SP, Brasil

### **Resumo**

O presente estudo avaliou as diferenças entre superfície e fundo de um viveiro de piscicultura e a influência das condições ambientais do viveiro na comunidade planctônica. Amostras de água, plâncton e sedimento foram coletadas durante cinco dias consecutivos em cada mês, durante seis meses, em um ponto de amostragem localizado no centro do viveiro, nas estações de seca e chuva. Todas variáveis da água apresentaram diferenças ( $p < 0,05$ ) entre os períodos de seca e chuva, no entanto, em relação a superfície e fundo PT, STS, STD e OD diferiram ( $p < 0,05$ ) no período de seca e CT, pH, OD e STS no período de chuva. O sedimento não apresentou diferença entre os períodos de seca e chuva, exceto CO e MO no período chuvoso. Elevada densidade da comunidade zooplanctônica e fitoplanctônica, tanto na superfície quanto no fundo do viveiro, foi observada no período de chuva. Dentre as espécies zooplanctônicas, somente náuplios de Copepoda *Argyrodiatomus furcatus* foram abundantes na superfície e fundo em todos os meses. Entretanto, para a comunidade do fitoplâncton, *Euglena* sp. foi a única espécie dominante ao longo do período de amostragem. A densidade de Cyanobacteria foi extremamente baixa, menor que 0,41% do total da comunidade fitoplanctônica, e ausente na estação chuvosa. Este estudo demonstra que o fluxo contínuo de água vindo de outros tanques e viveiros de piscicultura e a ação antropogênica interferem na ecologia do sistema com dominância de espécies que são características de ambientes eutróficos.

**Palavras-chave:** zooplâncton; fitoplâncton; variáveis ambientais; sedimento.

## **Influence of limnological conditions under plankton community in a fishpond**

### **Abstract**

The present research assessed the differences between surface and bottom of a fish farm and the influence of environmental conditions of the fishpond in the plankton community. Water, plankton and sediment were sampled for five consecutive days every month, along six months, at a sampling point in the center of the fishpond, in the dry and wet season. All water variables presented significant differences ( $p < 0.05$ ) between the dry and wet season. Comparing surface and bottom PT, STS, STD and OD were different ( $p < 0.05$ ) in the dry season, while CT, pH, OD and STS were different in the wet season. The sediment presented no differences between dry and wet season, except for CO and MO in the wet season. The density of zooplankton and phytoplankton communities was high both in the surface and bottom in the wet season. Among zooplankton species, only nauplius of the Copepoda *Argyrodiatomus furcatus* were abundant both in the surface and bottom in all months. Among phytoplankton species, *Euglena* sp. was the only dominant species throughout the entire sampling period. Cyanobacteria density was extremely low (less than 0.41% of the phytoplankton community) and was absent in the wet season. This research presents that continuous waterflow from other fishponds and anthropogenic action do interfere in the ecology of the system with species dominance which are characteristic of eutrophic environments.

**Key words:** zooplankton, phytoplankton, environmental variables, sediment.

## 1. Introdução

Os viveiros de piscicultura diferem de outros corpos d'água, por possuírem características particulares, como baixa profundidade, fortes flutuações das condições bióticas e abióticas e principalmente pelas práticas de manejo controladas pelo homem, entrada constante de nutrientes e elevada estocagem de peixe (Sipaúba-Tavares & Dias, 2014).

A comunidade planctônica em viveiros de piscicultura é controlada pelos consumidores e pela fonte de nutrientes introduzidos como fertilizantes e/ou alimentos para peixes. Essa variabilidade contribui para a formação de diferentes habitats que aumenta a diversidade de espécies (Kopp et al., 2016). A comunidade planctônica difere entre si, com diversos requisitos ambientais, sendo beneficiada por mudanças nos parâmetros físicos e químicos da água (Zebek & Szymanska, 2017).

A qualidade da água, o manejo realizado nos viveiros de pisciculturas e o material alóctone formado por macro e micronutrientes, bem como coliformes termotolerantes, impacta os viveiros de piscicultura, afetando a comunidade planctônica por conta da grande quantidade de nutrientes despejados nos viveiros através de ração, fertilizantes e fezes dos peixes, promovendo o surgimento de espécies planctônicas indesejáveis em piscicultura, como Cyanobacteria, que liberam toxinas na água, podendo causar danos aos organismos aquáticos. Diante disso, o manejo ambiental é importante principalmente em ambientes com fluxo contínuo de água para melhorar a produção de peixes e prevenir danos ao sistema (Bussi et al., 2016; Sipaúba-Tavares et al., 2019).

As mudanças sazonais provocam alterações na abundância dos grupos fitoplanctônicos, sendo que no período chuvoso ocorre maior densidade de Chlorophyceae e Cyanobacteria, em função da elevada temperatura (verão) maior intensidade luminosa, e nutrientes que são introduzidos em função do manejo alimentar mais intenso nessa época do ano (Hoang et al., 2018).

Como os viveiros de piscicultura estão sujeitos a grandes variações nas características abióticas devido à sua baixa profundidade, o manejo deve ser adequado pois propicia condições específicas para organismos resistentes. Os elementos críticos em uma cadeia alimentar em viveiro de piscicultura são o fitoplâncton e o zooplâncton, que reagem às alterações dos parâmetros físicos e químicos da água (Celewicz-Goldyn & Kuczyns-Kippen, 2017).

A abundância da comunidade planctônica é controlada através das variáveis ambientais. A temperatura da água é uma das principais variáveis que influenciam no crescimento do fitoplâncton e zooplâncton, além do fósforo total, que se relaciona com a densidade e biomassa do plâncton (Hoang et al., 2018).

O menor volume de água propicia maior densidade de fitoplâncton e o fluxo de água pode causar perdas maiores para o zooplâncton, com alterações importantes na cadeia trófica e na composição da comunidade planctônica (Morales-Baqueiro et al., 2019). A condição eutrófica da água gera alta ocorrência e abundância de espécies de Rotifera, sendo ambiente favorável para os organismos desse grupo, considerados estrategistas-r (Hoang et al., 2018). O grupo Rotifera é importante na composição do zooplâncton no ecossistema aquático, sendo sua estrutura excelente biondicador para avaliar a qualidade da água doce (Ismail & Adnan, 2016).

A aquicultura tem importância para a indústria nacional, no entanto, causa impacto negativo nos diferentes ecossistemas. O objetivo deste estudo foi avaliar as diferenças entre superfície e fundo de um sistema raso artificial e a influência das condições ambientais na comunidade planctônica. As hipóteses compreendem: (1) as condições climáticas influenciam os fatores bióticos e abióticos do viveiro; (2) a baixa profundidade dos viveiros influencia na dinâmica do sistema; (3) as práticas de manejo influenciam a dominância de determinadas espécies fitoplanctônicas e zooplanctônicas.

## **2. Material e Métodos**

### **2.1. Área e local de amostragem**

O estudo foi realizado em um viveiro de piscicultura na fazenda de aquicultura do Caunesp (21°15'19"S e 48°19'21"O). O viveiro possui uma área de 1.822m<sup>2</sup> e profundidade 1,60 m, com fluxo contínuo de água e taxa de renovação diária equivalente a 5% do volume total. O viveiro é o segundo de uma série sequencial de seis viveiros de piscicultura com tamanho diferenciados (área entre 1.822 m<sup>2</sup> e 8.067 m<sup>2</sup>), cada um recebe direta e/ou indiretamente a água do viveiro anterior e de outros tanques adjacentes (Figura 1).

### **2.2. Amostras de água, sedimento e plâncton**

Amostras de água, plâncton (superfície e fundo), e sedimento foram coletados durante 5 dias consecutivos em cada mês em um ponto de coleta localizado no centro do viveiro, incluindo o período seco (julho-setembro) e o período chuvoso (outubro-dezembro) em 2016. As amostras de água foram coletadas na superfície (10 cm) e fundo (1,60 m,

profundidade do ponto amostrado) do viveiro entre 8:00 e 10:00 horas da manhã com garrafa de Van Dorn (5L) e transportadas para o laboratório em frascos de polietileno refrigeradas (500 mL). Condutividade elétrica, temperatura da água (Temp.), oxigênio dissolvido (OD) e pH foram medidos “in situ” com um multissensor Horiba U-5000G. O fósforo total (PT) e o nitrogênio inorgânico total (NIT) foram quantificados por espectrofotometria, seguindo a metodologia de Golterman et al. (1978) e Koroleff (1976). A concentração de clorofila-*a* (clor-*a*) foi determinada extraindo pigmentos com álcool 90%, analisada em espectrofotômetro (663 nm e 750 nm) e processada de acordo com a metodologia apresentada por Nusch (1980). Sólidos totais suspensos (STS), sólidos totais dissolvidos (STD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>) foram determinados de acordo com Boyd & Tucker (1992). As amostras de água para análise microbiológica, utilizando os métodos de tubos múltiplos, foram coletadas em frascos esterilizados de 500 mL e levadas ao laboratório em recipiente isotérmico. O material para análise microbiológica (coliformes termotolerantes - CT) foi esterilizado antes do uso (APHA, 1995). As amostras de sedimentos foram coletadas verticalmente através de uma draga de Eckman, secos ao ar, desagregados suavemente e posteriormente, secos em estufa à 70°C até completa secagem e armazenadas em sacos plásticos. Matéria orgânica (MO), pH, Ca, carbono orgânico (CO), N, P e SO<sub>4</sub> foram determinados de acordo com a metodologia de Raij et al. (2001).

Para amostragem do zooplâncton foram coletados 20 L de água e filtrados em rede de plâncton (58 µm) e fixado com formalina a 4%. O volume total coletado foi medido, armazenado em frascos de polietileno e contado. Copepoda e Cladocera foram contados em câmara reticulada sob um estereomicroscópio (40x). As amostras de Rotifera foram analisadas em câmara de Sedgewick-Rafter sob um microscópio Leitz (100x). As amostras de fitoplâncton foram coletadas em frascos de polietileno e preservadas em solução de lugol a 1%. A abundância fitoplanctônica foi estimada através da contagem células, colônias e filamentos, até 100 indivíduos da espécie mais abundante nas câmaras de sedimentação de Utermöhl, segundo Lund et al. (1958). O fitoplâncton foi contado sob um microscópio invertido Axiovert 40 CFL (Carl Zeiss). A identificação taxonômica seguiu a literatura especializada (Bicudo & Menezes, 2006; Bourrely, 1968, 1970; Koste, 1978; Segers, 1995; Elmoor-Loureiro, 1997; Franceschini et al., 2010).

### **2.3. Dados climáticos**

Os dados mensais de precipitação média e temperatura do ar foram fornecidos pela Estação de Climatologia Agrícola da Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP.

## 2.4. Análise de dados

Todos os dados foram submetidos à análise de variância unidirecional (Anova) e testes post-hoc. O teste de comparação múltipla LSD de Fisher com o Statistica 8.0 foi empregado para comparar as profundidades (superfície e fundo) e período de amostragem (seca e chuva). O teste de Tuckey foi aplicado para sedimento entre as estações. A análise foi considerada significativa ao nível de significância  $p < 0,05$ . As análises de dominância e abundância de espécies foram realizadas para a comunidade planctônica. As espécies foram consideradas dominantes quando a densidade foi superior a 50% do número total de espécies na amostra, e abundantes quando o número de espécimes foi superior à densidade média de todas as espécies ocorrentes (Lobo & Leighton, 1986). A diversidade da comunidade planctônica foi calculada com o índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) (Pielou, 1975). A riqueza (S) foi calculada como o número total de espécies presentes; uniformidade ou equitabilidade (E) foi determinada como:  $H / H_{max}$ , onde  $H$  é o índice de Shannon-Wiener e  $H_{max} = \ln S$ .

## 3. Resultados

As médias mensais das condições meteorológicas durante o período experimental variaram de 0 mm (julho) a 246 mm (novembro) para precipitação e de 19,3°C (julho) a 24,7°C (dezembro) para temperatura (Figura 2).

Todas variáveis da água apresentaram diferenças ( $p < 0,05$ ) entre os períodos de seca e chuva, no entanto em relação a superfície e fundo somente PT, STS, STD e OD diferiram ( $p < 0,05$ ) no período de seca e CT, pH, STS e OD no período de chuva. Em relação aos meses em cada período (seca e chuva) somente pH na seca e STS na chuva foram similares ( $p > 0,05$ ) na superfície, e pH e STS no fundo do viveiro na seca e clorofila-*a* na chuva (Tabela 1; Figura 3).

As concentrações de NIT foram maiores que as de PT, sendo mais elevadas no período de seca, variando de 386 (dez) a 1.080  $\mu\text{g L}^{-1}$  (julho) na superfície e de 346 (dezembro) a 1033  $\mu\text{g L}^{-1}$  (julho) no fundo do viveiro ao longo do período de amostragem. As concentrações de PT no período de chuva (novembro e dezembro) foram maiores, variando de 26  $\mu\text{g L}^{-1}$  (outubro) a 90  $\mu\text{g L}^{-1}$  (dezembro) na superfície e de 15  $\mu\text{g L}^{-1}$  (novembro) a 87  $\mu\text{g L}^{-1}$  (dezembro) no fundo do viveiro (Tabela 1).

O oxigênio dissolvido tendeu a decrescer ao longo do período de amostragem, variando de 6  $\text{mg L}^{-1}$  (setembro) a 8,2  $\text{mg L}^{-1}$  (julho) no período seco e de 4  $\text{mg L}^{-1}$  (dezembro) a 6,4 (nov) no período chuvoso. A condutividade, tanto na superfície quanto no

fundo, apresentou concentrações acima de  $117 \mu\text{S cm}^{-1}$  em julho, e nos outros meses manteve-se abaixo de  $59 \mu\text{S cm}^{-1}$ . As concentrações de STD mantiveram-se abaixo de  $282 \text{ mg L}^{-1}$ , com as maiores concentrações no período de seca, tanto na superfície quanto no fundo do viveiro. Já o STS apresentou concentrações mais baixas que o STD variando ao longo do período experimental de  $1 \text{ mg L}^{-1}$  a  $48 \text{ mg L}^{-1}$ . A  $\text{DBO}_5$  apresentou maiores concentrações no período seco com valor máximo de  $16 \text{ mg L}^{-1}$  (julho) enquanto na estação chuvosa foi de  $9 \text{ mg L}^{-1}$  (dezembro). O pH da água foi ácido ao longo do período de amostragem, tanto na superfície quanto no fundo do viveiro (Figura 3; Tabela 1).

As concentrações de clorofila-a variaram de 1 a  $18 \mu\text{g L}^{-1}$  na superfície e de 1 a  $17 \mu\text{g L}^{-1}$  no fundo do viveiro ao longo do período de amostragem. Os coliformes termotolerantes variaram de 45 a 199 NMP  $100 \text{ mL}^{-1}$  na seca e de 20 a 220 NMP  $100 \text{ mL}^{-1}$  na chuva (Tabela 1). No sedimento, os macro e micronutrientes ao longo do período de amostragem não apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), exceto matéria orgânica e carbono orgânico, que no período de chuva nos meses de novembro e dezembro as concentrações foram menores que nos outros meses (Tabela 2).

Elevada densidade da comunidade zooplancônica e fitoplancônica tanto na superfície quanto no fundo do viveiro, foi observada no período de chuva quando ocorre maior fluxo de água. Dentre as espécies zooplancônicas, somente náuplios de Copepoda *Argyrodiatomus furcatus* foi abundante na superfície e fundo em todos os meses ao longo do período de amostragem. Entre as espécies fitoplancônicas destacam-se *Ankistrodesmus gracilis* e *Euglena* sp., sendo esta última a única espécie dominante que ocorreu no viveiro ao longo do período de amostragem, no mês de julho na superfície durante a estação seca (Tabela 3).

Os índices ecológicos foram bem distintos ao longo do período de amostragem para a comunidade planctônica. Na superfície do viveiro foram mais elevados no período de seca, e no fundo somente riqueza foi mais elevado no período de seca. Na seca, a diversidade e equitabilidade foram maiores na superfície, e a riqueza foi similar entre as profundidades para a comunidade zooplancônica e para a comunidade fitoplancônica, a riqueza foi maior no fundo do viveiro (Tabela 3).

A comunidade zooplancônica foi composta por 30 espécies, duas de Cladocera, duas de Copepoda e 26 espécies de Rotifera, este último representou 67% da comunidade zooplancônica ao longo do período de amostragem, sendo 75% na estação seca e 59% na estação chuvosa. Duas espécies de Cladocera, duas espécies de Copepoda e quatro espécies de Rotifera estiveram presentes e/ou abundantes em todo período experimental. As espécies



abundantes de Rotifera foram: *Asplanchna multiceps*, *Brachionus caudatus*, *Keratella colearis* e *Trichocerca sp.*. Porém, somente náuplios de *Argyrodiaptomus furcatus* (Copepoda, Calanoida) foram abundantes em todos os meses ao longo do período de amostragem (Tabela 3).

A comunidade fitoplanctônica foi composta por 49 espécies, sendo 11 de Bacillariophyceae, 24 de Chlorophyceae, 1 de Chrysophyceae, 1 de Cyanobacteria, 4 de Euglenophyceae, 1 de Prasinophyceae e 7 de Zygnematophyceae. Do total de indivíduos, 13 espécies foram presentes e/ou abundantes em todos os meses do período de amostragem e, em geral, as espécies abundantes (14) foram presentes em todos os meses, exceto *Dynobryon sp.* e *Phacus longicauda*. Somente *Trebauria schmidlei* (Chlorophyceae) e *Staurodesmus cuspidatus* (Zygnematophyceae) estiveram presentes apenas no período seco, o restante foi presente nos dois períodos. Chlorophyceae foi a mais abundante da comunidade fitoplanctônica, representando 43% do total de indivíduos, 26% no período seco e 60% no período chuvoso, ao longo do período de amostragem (Tabela 3).

Durante os cinco dias consecutivos em cada mês foram observadas flutuações na comunidade planctônica (Figura 8 e 9). No início das chuvas (outubro) houve um aumento da densidade da comunidade zooplanctônica. Para Cladocera o fundo apresentou maior densidade e para Copepoda e Rotifera, a variação foi mais intensa entre as profundidades, exceto Copepoda no período seco. A elevada densidade observada em outubro ocorreu devido aos náuplios e adultos de *A. furcatus* (Copepoda) (Figura 8). No período seco, para a comunidade zooplanctônicas, a flutuação foi menos intensa com maior densidade no fundo do viveiro. Em relação à comunidade fitoplanctônica, a flutuação foi diferente entre os grupos, sendo menor para Chlorophyceae, Euglenophyceae e Zygnematophyceae no período seco. Bacillariophyceae, Chrysophyceae e Prasinophyceae flutuaram ao longo do período de amostragem. Cyanobacteria flutuou de 3 a 39 ind L<sup>-1</sup> no período seco, e no chuvoso apresentou um pico em novembro (52 ind L<sup>-1</sup>), o qual também foi observado para Bacillariophyceae (1.750 ind L<sup>-1</sup>), Chlorophyceae (28.000 ind L<sup>-1</sup>) e Euglenophyceae (31.625 ind L<sup>-1</sup>). Zygnematophyceae (969 ind L<sup>-1</sup>) apresentou este pico em outubro (Figura 5).

#### 4. Discussão

As variáveis bióticas (plâncton) e abióticas da água ao longo do período experimental abrangendo as estações de seca e chuva foram fortemente influenciadas pelas condições climáticas e pelo fluxo contínuo de água, onde o material alóctone proveniente de outros

tanques e viveiros de piscicultura fluem para o viveiro estudado. Este viveiro possui baixa profundidade (1,60 m), no entanto, algumas variáveis da água apresentaram diferenças entre as profundidades, principalmente em função da influência antropogênica neste sistema raso de criação de peixes. Os sistemas rasos artificiais permitem maior interação entre superfície e fundo. A matéria orgânica ( $< 169,2 \text{ g L}^{-1}$ ) e pH ( $< 6,7$ ) ácido influenciaram diretamente a qualidade da água afetando a concentração de  $\text{DBO}_5$ , principalmente no período de chuva. A influência antropogênica nos viveiros de piscicultura está relacionada às práticas de manejo introduzindo fertilizantes, adubos, ração e conseqüentemente resíduos solúveis e fezes dos peixes, que de forma direta ou indireta interferem nas condições limnológicas do viveiro.

Durante o período de seca, a  $\text{DBO}_5$  apresentou elevadas concentrações acima de  $13,5 \text{ mg L}^{-1}$  (superfície), enquanto que no período chuvoso, em função do fluxo contínuo de água, reduziu para menos  $9,5 \text{ mg L}^{-1}$  (fundo). Este padrão conseqüentemente influenciou o OD na água que tendeu a decrescer ao longo do período experimental nas duas profundidades, devido à ação bacteriana.

A matéria orgânica apresenta papel vital na manutenção da qualidade do sedimento em piscicultura, sendo a chave determinante na retenção dos nutrientes neste compartimento, principalmente N, P e K (Rahman et al., 2004). Neste estudo, as concentrações de N e P estiveram acima de  $1 \text{ mg L}^{-1}$ . Segundo Shao et al. (2014), o acúmulo e distribuição de fósforo no sedimento estão relacionados com a carga de fontes alóctones e autóctones, com as propriedades do sedimento, distribuição do tamanho das partículas e pH. Além disso, os sedimentos liberam fósforo na água, principalmente em função da baixa profundidade do viveiro (Silva, et al, 2018).

As variações da comunidade planctônica são refletidas pelas condições abióticas da água. Elevadas densidades de Rotifera nas diferentes profundidades ao longo do período de amostragem estão associadas à sua rápida adaptabilidade às condições adversas do meio. Como os viveiros de piscicultura são muito dinâmicos e com muito material alóctone, promovem o aumento de bactérias e detritos na água, sendo fonte de alimento destas pequenas espécies que se adaptam às mudanças ambientais e às amplas faixas de temperatura (Abubackar & Abubackar, 2013). Neste estudo, a menor densidade de Rotifera em outubro, durante o período chuvoso, esteve relacionada com a predominância do Copepoda *Thermocyclops decipiens*, onde ocorreu uma competição por alimento, com elevada densidade de Chlorophyceae ( $< 76\%$  do total de fitoplâncton). No mês de outubro (período chuvoso) também foi observado elevada densidade da comunidade zooplanctônica em

relação aos outros meses, com reduzido teor de clorofila-*a* e moderada densidade da comunidade fitoplanctônica, exceto Chrysophyceae, que flutuou com densidade similar ao longo do período de amostragem, exceto em julho (período seco), onde ocorreu ausência de chuva. Com a redução da comunidade zooplanctônica, principalmente Copepoda, foi observado aumento na densidade da comunidade fitoplanctônica na superfície, exceto Bacillariophyceae e Cyanobacteria, onde as maiores densidades ocorreram no fundo do viveiro.

A específica sensibilidade das espécies da comunidade planctônica com os diferentes habitats é ainda desconhecida, e um conjunto de fatores podem inibir um determinado grupo e outros não (Gutierrez & Mayora, 2016). O número de espécies zooplanctônicas (Cladocera, Copepoda e Rotifera) está estritamente relacionado com o grau de variabilidade das condições ambientais e disponibilidade alimentar (Adamczuk et al., 2015).

A predominância de Rotifera e elevada densidade de Copepoda quando comparado aos Cladocera, são comuns em viveiro de piscicultura, devido às condições meso-eutróficas deste sistema, onde predominam espécies mais oportunistas com capacidade de suportar a dinâmica destes sistemas de criação de peixes (Sipaúba-Tavares et al., 2011; 2019).

Foi observada uma relação inversa entre Chlorophyceae e Euglenophyceae nas duas profundidades, onde *Euglena* sp. foi a única espécie dominante (julho-seca) da comunidade planctônica. No período de seca, o grupo Euglenophyceae representou quase o dobro da densidade de Chlorophyceae em relação ao total de indivíduos da comunidade fitoplanctônica. A dominância de *Euglena* sp. no viveiro está associada às suas características ecológicas, sendo bioindicadora de ambientes eutróficos. Este grupo fitoplanctônico se apresenta em ambientes rasos, lênticos e com alto teor de matéria orgânica (BORTOLINI et al., 2014). Além disso, servem de alimento para o zooplâncton, com preferência por ambientes com amplitude de temperatura entre 16-24°C, elevada condutividade (13-114  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), oxigênio entre 5,8 e 8,5  $\text{mg L}^{-1}$  e elevada matéria orgânica (Alves-da-Silva et al., 2013). Grande parte destas variáveis foram similares às obtidas neste estudo, favorecendo a dominância destas espécies no viveiro. Bacillariophyceae, ao longo do período de amostragem apresentou baixa densidade, sendo que espécies deste grupo são sensíveis às mudanças ambientais. A condutividade no viveiro estudado esteve acima de 60  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , alcançando níveis de 125  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . De acordo com Celewicz-Goldyn & Kuczyns-Kippen (2017), a abundância deste gênero ocorre em baixa condutividade e baixo fluxo de água.

As diferenças na maior ou menor densidade dos grupos planctônicos estão estritamente ligadas à adaptabilidade às características físico-químicas, como pH, OD, matéria orgânica, condutividade, entre outros (Zebek & Szymanka, 2017).

As coletas realizadas ao longo de 5 dias consecutivos apresentaram melhor visualização das variações que ocorreram na comunidade planctônica, indicando a influência dos fatores abióticos em relação aos organismos planctônicos indicadores da qualidade da água.

O presente estudo mostra que a ocorrência das populações planctônicas está relacionada com as condições climáticas locais e fluxo de material alóctone no viveiro, Copepoda apresentou elevada abundância, principalmente pela presença de náuplios de Calanoida. Em viveiros de piscicultura onde a atividade antropogênica afeta as condições limnológicas (bióticas e abióticas), Rotifera é um grupo dominante, como ocorreu no viveiro estudado. A presença constante de espécies de Cladocera *Bosmina hagmani* e *Diaphanosoma birgei*, elevada densidade de Rotifera, presença de *Thermocyclops decipiens* e dominância da espécie *Euglena sp.* entre o fitoplâncton, bem como elevada matéria orgânica, condutividade, DBO<sub>5</sub> e STD, demonstram as condições eutróficas deste viveiro. No entanto, a densidade de Cyanobacteria foi extremamente baixa, menor que 0,41% do total da comunidade fitoplanctônica, e ausente no período de chuva na superfície. Assim, esse estudo demonstra que o fluxo contínuo de água vindo de outros tanques e viveiros de piscicultura e a ação antropogênica interferem na ecologia do sistema com dominância de espécies que caracterizam o ambiente como eutrófico.

### **Agradecimentos**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudo (processo nº 1768967).

### **Referências Bibliográficas**

- ABUBAKAR, M.M.; ABUBAKAR, J.Y. Some aspects of the limnology of Nguru lake, northeastern Nigeria. **International Journal of Basic and Applied Sciences**, 2013, 2(2): 140.
- ADAMCZUK, M.; MIECZAN, T.; TARKOWSKA-KUKURYK, M.; DEMETRAKI-PALEOLOG, A. Rotatoria–Cladocera–Copepoda relations in the long-term monitoring of water quality in lakes with trophic variation (E. Poland). **Environmental earth sciences**, 2015, 73(12): 8189-8196.

ALVES-DA-SILVA, S.M.; CABREIRA, J.D.C.; CONSONI, K.F.; LOBO, E.A. Gênero *Strombomonas* Deflandre (Euglenophyceae pigmentadas em ambiente lótico subtropical, município de Triunfo, RS, Brasil: riqueza e distribuição geográfica. **Hoehnea**, 2013, 40(2): 381-402.

APHA - American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th ed.; American Public Health Association Washington, D.C., 1995, 1100 p.

BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. Gênero de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. São Carlos: Rima, 2006, 508 p.

BORTOLINI, J. C. et al. Phytoplankton functional and morphological groups as indicators of environmental variability in a lateral channel of the Upper Paraná River floodplain. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 26, n. 1, p. 98–108, 2014.

BOURRELY, P. Les algues D'eau douce: les jaunes et brunes – Chrysophycées, Phéophycées, Xantophycées et deatomées. Paris: **Éditiones N. Boubée & Cie**, 1968.

BOURRELY, P. Les algues D'eau douce: Euglénies, Péridiniens, algues rouges et algues blues. Paris: **Éditiones N. Boubée & Cie**, 1970.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. Water quality and pond soil analyses for aquaculture. **Alabama Agricultural Experiment Station**, Auburn, USA. 1992, 183 p.

BUSSI, G.; WHITEHEAD, P.G.; BOWES, M.J.; READ, D.S.; PRUDHOMME, C.; DADSON, S.J. Impacts of climate change, land-use change and phosphorus reduction on phytoplankton in the River Thames (UK). **Science of the Total Environment**, 2016, 572: 1507-1519.

CELEWICZ-GOLDYN, S.; KUCZYNSKA-KIPPEN, N. Ecological value of macrophyte cover in creating habitat for microalgae (diatoms) and zooplankton (rotifers and crustaceans) in small field and forest water bodies. **PLoS One**, 2017,12(5): e0177317.

ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A. Manual of identification of limnic cladocerans of Brazil. Editora Universa-UCB, Taguatinga – DF, Brasil. 1997, 156 p.

FRANCESCHINI, I.M.; BURLIGA, A.L.; REVIERS, B.; PRADO, J.F.; RÉZIG, S.H. Algas: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica. São Paulo: Artmed Editora S.A., 2010, 332 p.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. Methods for physical & chemical analysis of freshwaters. **Blackwell Scientific Publication**, Oxford. 1978, 213p.

- GUTIERREZ, M. F.; MAYORA, G. Influence of macrophyte integrity on zooplankton habitat preference, emphasizing the released phenolic compounds and chromophoric dissolved organic matter. **Aquatic ecology**, 2016, 50(1): 137-151.
- HOANG, H.T.T.; DUONG, T.T.; NGUYEN, K.T.; LE, Q.T.P.; LUU, M. T. N.; TRINH, D.A.; LE, A. H.; HO, C.T.; DANG, K.D.; NÉMERY, J.; ORANGE, D.; KLEIN, J. Impact of anthropogenic activities on water quality and plankton communities in the Day River (Red River Delta, Vietnam). **Environmental monitoring and assessment**, 2018, 190(2): 67.
- ISMAIL, A.H.; ADNAN, A.A.M. Zooplankton composition and abundance as indicators of eutrophication in two small man-made lakes. **Tropical Life Sciences Research**, 2016, 27(1): 31-38. <https://dx.doi.org/10.21315/tlsr2016.27.3.5>
- KOPP, R.; REZNÍCKOVÁ, P.; HADASOVÁ, L., PETREK, R.; BRABEC, T. Water quality and phytoplankton communities in newly created fishponds. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, 2016, 64(1): 71-80. <https://dx.doi.org/10.11118/actaun201664010071>
- KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: E. GRASHOF and E. KREMLING, orgs. Methods of seawater analysis. German: Verlag Chemie Weinheim, 1976, 181p.
- KOSTE, W. Rotatoria. Die Raedertiere Mitteleuropas, 2. Berlin: Borntraeger., 1978: 673.
- LOBO, E.; LEIGHTON, G. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de la zona central de Chile. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, 1986, 22(1): 1-29.
- LUND, J.W.G.; KIPLING, C.; LECREN, E.D. The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical bases of estimating by counting. **Hidrobiologia**, 1958, 11: 143-170.
- MORALES-BAQUERO, R.; PÉREZ-MARTÍNEZ, C.; RAMOS-RODRIGUES, E.; SÁNCHEZ-CASTILLO, P.; VILLAR-ARGAIZ, M.; CONDE-PORCUNA, J.M. Zooplankton advective losses may affect chlorophyll-a concentrations in fishless high-mountain lakes. **Limnetica**, 2019, 38(10): 55-62. <https://dx.doi.org/10.23818/limn.38.12>.
- NUSCH, E.A. Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigments determination. **Archive für Hydrobiologie**, 1980, 14:14-36. <https://dx.doi.org/10.1127/0003-9136>.
- PIELOU, E. C. Ecological diversity. **New York: John Wiley**, 1975, 165 p.
- RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLE, H.; QUAGGIO, J.A. Chemical analysis for evaluation of fertility of tropical soils. **Technical Bulletin**: Instituto Agronômico, Campinas - SP, Brazil, 2001, 285 p.

RAHMAN, M.M. YAKUPITIYAGE, A.; RANAMUKHAARACHCHI, S.L. Agricultural use of fishpond sediment for environmental amelioration. **Science & Technology Asia**, 2004, 9(4): 1-10.

SEGERS, H. Rotifera: the Lecanidae (Monogononta). In DUMONT, H.J.F. (ed). Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. **Netherlands: SPB Academic**, 1995, 248p.

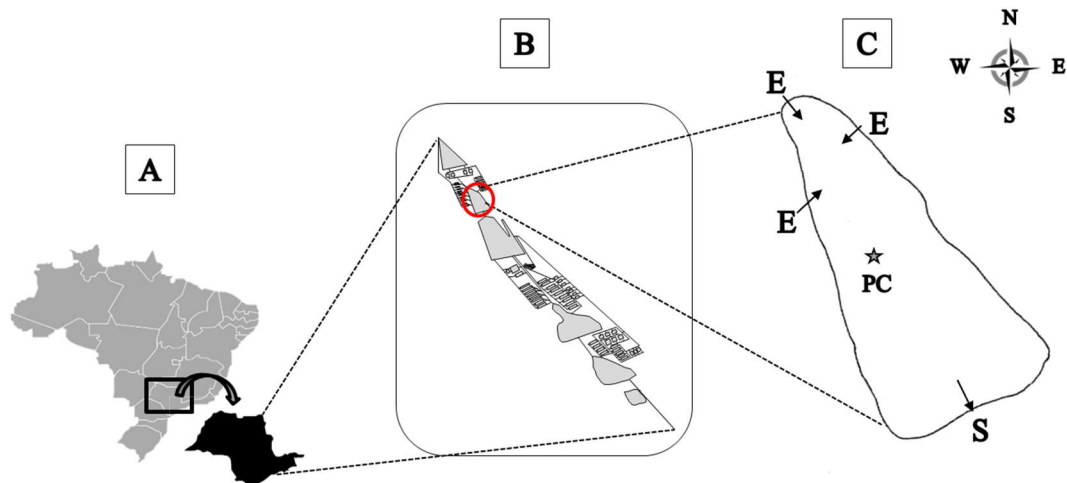
SHAO, X.; LIANG, X.; WU, M.; GU, B.; LI, W.; SHENG, X.; WANG, S. Influences of sediment properties and macrophytes on phosphorous speciation in the intertidal marsh. **Environmental Science and Pollution Research**, 2014, 21(17): 10432-10441.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; DONADON, A.R.V.; MILLAN, R.N. Water quality plankton populations in an earthen polyculture pond. **Brazilian Journal of Biology**, 2011, 71(4): 845-855.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; DIAS, S.G. Water quality and community associated with macrophytes in a shallow water-supply reservoir on an aquaculture farm. **Brazilian Journal of Biology**, 2014, 74(2):420-428.

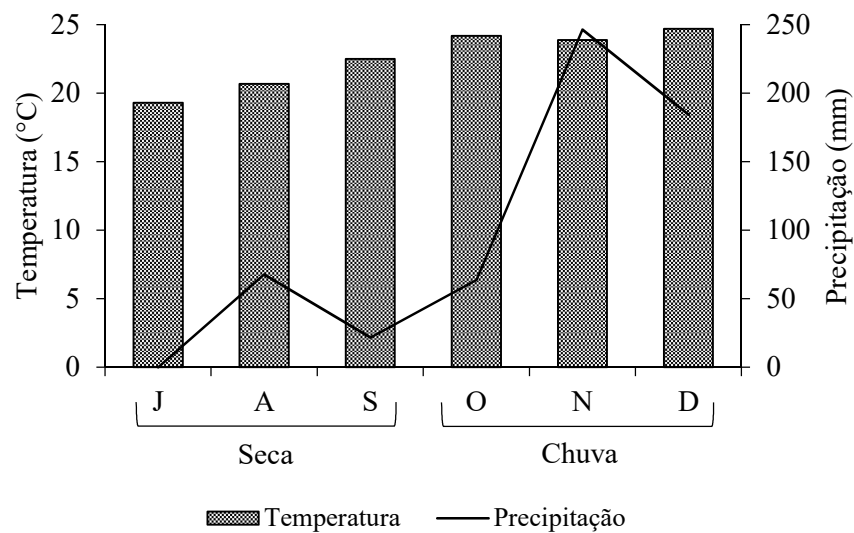
SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; MILLAN, R.; CAPITANO, E.C.O.; SCARDOELLI-TRUZZI, B. Abiotic parameters and plankton community of an earthen fish pond with continuous water flow. **Acta Limnologica Braziliensia**, 2019, 31: e 13. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X3018>.

ZEBEK, E.; SZYMANSKA, U. Abundance, biomass and community structure of pond phytoplankton related to the catchment characteristics. **Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems**, 2017, 418: 45.

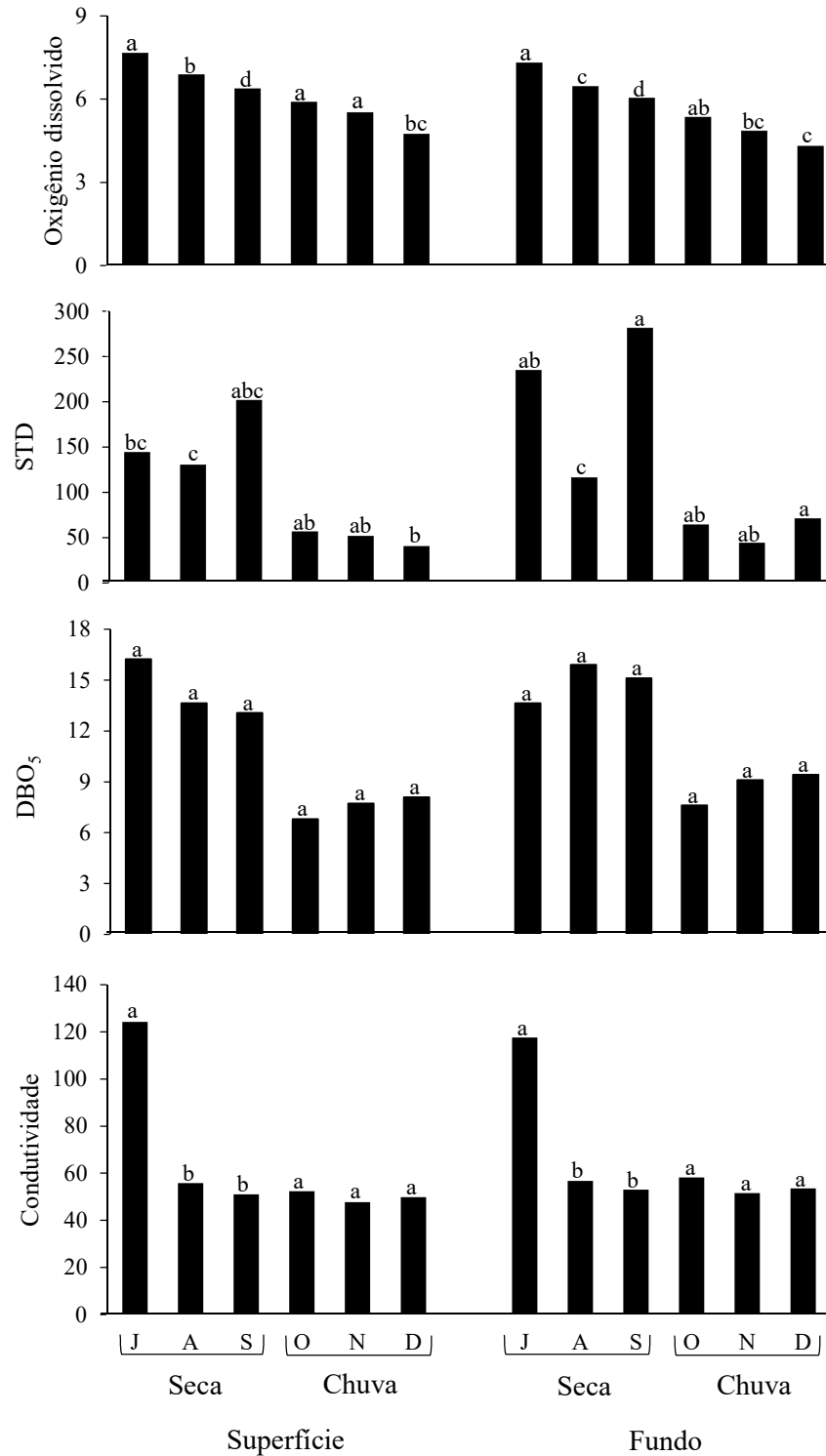


**Figura 1.** Diagrama dos viveiros de aquicultura: A = localização geográfica do sudeste do Brasil (Estado de São Paulo); B = fazenda de aquicultura da Universidade Estadual Paulista; C = viveiro estudado com o ponto de coleta (PC) onde: E= entradas de água e S= saída de água.

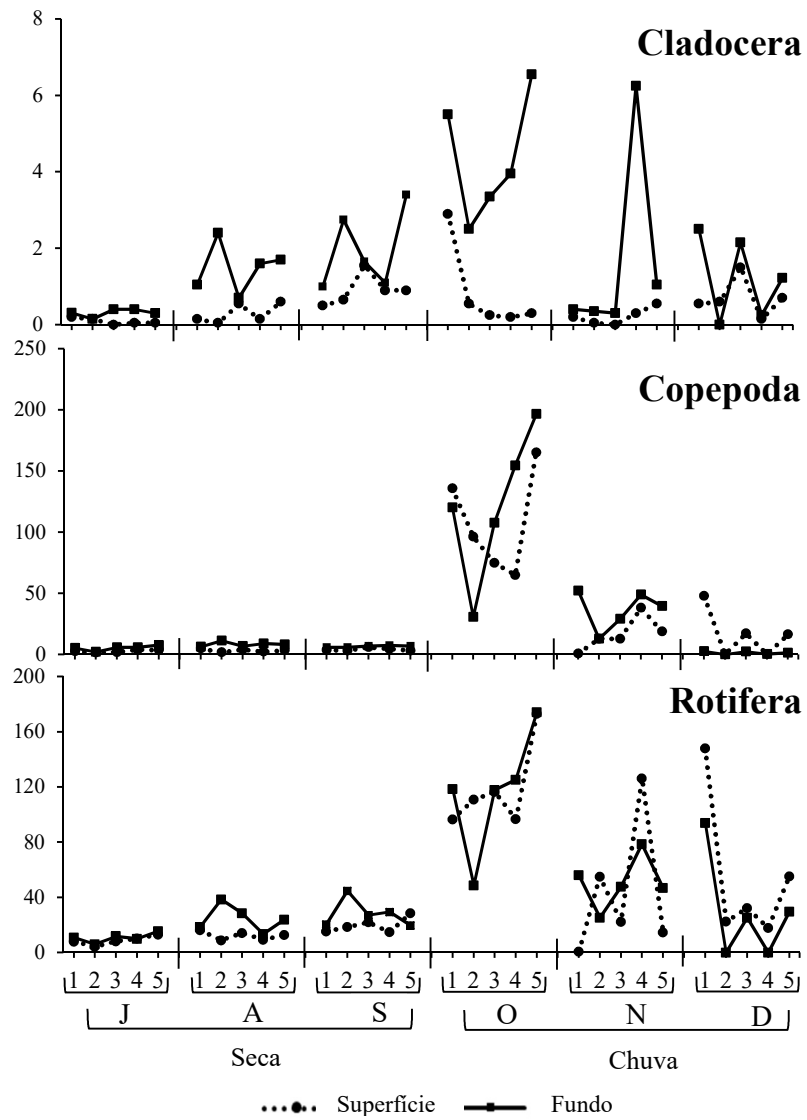




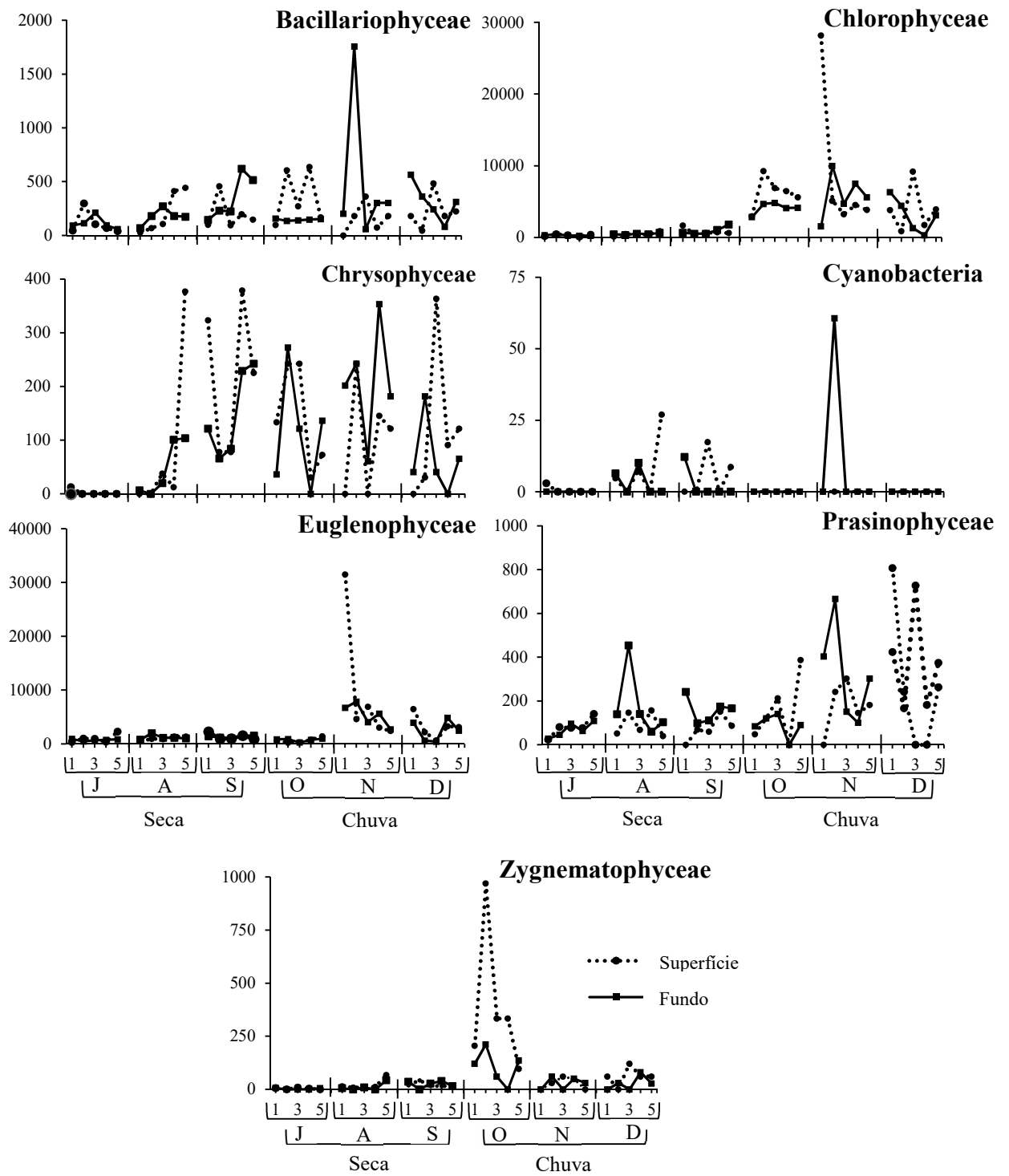
**Figura 2.** Variação mensal da precipitação (mm) e temperatura do ar (°C) durante o período experimental, indicando o período de seca e chuva.



**Figura 3.** Variação do oxigênio dissolvido (OD - mg L<sup>-1</sup>), sólidos totais dissolvidos (STD - mg L<sup>-1</sup>), demanda bioquímica de oxigênios (DBO<sub>5</sub> - mg L<sup>-1</sup>) e condutividade (μS cm<sup>-1</sup>) durante o período experimental. Em cada linha as médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente (p>0.05)



**Figura 4.** Variação da comunidade zooplantônica (ind L<sup>-1</sup>) durante 5 dias consecutivos em cada mês do período experimental.



**Figura 5.** Variação da comunidade fitoplantônica (ind L<sup>-1</sup>) durante 5 dias consecutivos em cada mês do período experimental.

**Tabela 1.** Média, desvio padrão, valores máximos e mínimos (entre parêntesis) das variáveis medidas na água durante o período de seca e chuva na superfície e fundo do viveiro. Em cada linha as médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente ( $p>0.05$ ) entre os meses em cada período (seca/chuva). Anova diferente entre estações, \*=  $p<0,05$ ; ns= não significativo.

Variáveis	TEMPO (meses)					
	SECA			CHUVA		
	J	A	S	O	N	D
<b>SUPERFÍCIE</b>						
Temp	20±0,2 <sup>b</sup> (20-21)	21±0,1 <sup>a</sup> (21-21)	21±0,3 <sup>a</sup> (23-24)	24±0,2 <sup>b</sup> (23-24)	28±0,8 <sup>a</sup> (27-29)	28±0,6 <sup>a</sup> (27-28)
CT	184±98 <sup>a</sup> (110-330)	107±51 <sup>ab</sup> (45-170)	88±19 <sup>b</sup> (68-110)	103±48 <sup>ab</sup> (45-170)	52±23 <sup>c</sup> (20-78)	131±67 <sup>a</sup> (45-220)
pH	6,3±0,2 <sup>a</sup> (6,1-6,6)	6,2±0,3 <sup>a</sup> (5,9-6,6)	6,4±0,1 <sup>a</sup> (6,3-6,5)	6,2±0,2 <sup>b</sup> (5,9-6,5)	6,6±0,1 <sup>a</sup> (6,5-6,7)	6,5±0,3 <sup>a</sup> (6,2-7)
PT	9±3,3 <sup>c</sup> (5-13)	7±2 <sup>c</sup> (6-10)	21±3 <sup>a</sup> (17-24)	8±5 <sup>d</sup> (2-16)	38±10 <sup>c</sup> (26-51)	63±18 <sup>a</sup> (43-90)
NIT	977±84 <sup>a</sup> (864-1080)	922±30 <sup>ab</sup> (900-974)	905±54 <sup>b</sup> (817-963)	805±82 <sup>a</sup> (672-890)	621±84 <sup>b</sup> (509-737)	527±106 <sup>b</sup> (386-671)
Clor- <i>a</i>	5±3 <sup>ab</sup> (1,4-8)	9±6 <sup>a</sup> (3-17)	2±1 <sup>b</sup> (2-5)	5±2 <sup>b</sup> (4-9)	7±4 <sup>ab</sup> (3-12)	11±4 <sup>a</sup> (7-18)
STS	18±12 <sup>a</sup> (4-33)	5±1 <sup>b</sup> (4-7)	3±1 <sup>b</sup> (2-5)	10±7 <sup>b</sup> (2-19)	8±5 <sup>b</sup> (3-14)	5±2 <sup>b</sup> (3-9)
<b>FUNDO</b>						
Temp	20±0,3 <sup>b</sup> (20-21)	21±0,1 <sup>a</sup> (21-21)	21±0,3 <sup>a</sup> (21-22)	23±0,3 <sup>b</sup> (23-24)	28±0,6 <sup>a</sup> (27-28)	28±0,4 <sup>a</sup> (27-28)
CT	121±51 <sup>ab</sup> (61-170)	117±46 <sup>ab</sup> (45-170)	100±65 <sup>b</sup> (45-199)	68±15 <sup>b</sup> <sup>bc</sup> (45-78)	60±15 <sup>b</sup> <sup>bc</sup> (45-82)	46±18 <sup>c</sup> (20-68)
pH	6,4±0,6 <sup>a</sup> (5,8-6,2)	6±0,2 <sup>a</sup> (5,8-6,2)	6,2±0,2 <sup>a</sup> (5,9-6,4)	6,0±0,2 <sup>b</sup> (5,8-6,2)	6,5±0,1 <sup>a</sup> (6,3-6,7)	6,1±0,3 <sup>b</sup> (5,6-6,4)
PT	18±7 <sup>ab</sup> (11-29)	8±2 <sup>c</sup> (6-11)	12±9 <sup>bc</sup> (6-28)	16±5 <sup>d</sup> (11-22)	41±17 <sup>bc</sup> (15-54)	58±25 <sup>ab</sup> (33-87)
NIT	990±67 <sup>a</sup> (872-1033)	929±43 <sup>ab</sup> (888-1002)	956±30 <sup>ab</sup> (923-992)	785±47 <sup>a</sup> (727-835)	533±53 <sup>b</sup> (478-614)	586±170 <sup>b</sup> (346-817)
Clor- <i>a</i>	6±3 <sup>ab</sup> (2-8)	8±6 <sup>a</sup> (2-17)	1±1 <sup>b</sup> (1-2)	7±2 <sup>ab</sup> (5-10)	9±2 <sup>ab</sup> (7-12)	7±4 <sup>ab</sup> (1-11)
STS	7±3 <sup>b</sup> (3-10)	4±1 <sup>b</sup> (3-6)	3±2 <sup>b</sup> (1-6)	8±5 <sup>b</sup> (1-14)	21±16 <sup>a</sup> (6-48)	5±2 <sup>b</sup> (2-8)

Temp = temperatura (°C); CT = coliforms termotolerantes (NMP 100 mL<sup>-1</sup>); PT = fósforo total (µg L<sup>-1</sup>); NIT = nitrogênio inorgânico total (µg L<sup>-1</sup>); Clor-*a* = clorofila -*a* (µg L<sup>-1</sup>); STS = sólidos totais solúveis (mg L<sup>-1</sup>).

**Tabela 2.** Média e desvio padrão das variáveis analisadas no sedimento ( $\text{g L}^{-1}$ ) do viveiro durante o período experimental. Em cada linha as médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente ( $p > 0.05$ ) ao longo do tempo.

Nutrientes	Tempo (meses)					
	Seca			Chuva		
	J	A	S	O	N	D
<b>Ca</b>	2,4±0,3 <sup>a</sup>	2,0±0,3 <sup>a</sup>	1,9±0,0 <sup>a</sup>	1,8±0,2 <sup>a</sup>	1,7±0,2 <sup>a</sup>	1,5±0,3 <sup>a</sup>
<b>CO</b>	98,2±12,1 <sup>a</sup>	88,6±8,1 <sup>a</sup>	91,4±0,6 <sup>a</sup>	86,3±11,9 <sup>a</sup>	81,2±13,7 <sup>ab</sup>	47,3±16,3 <sup>b</sup>
<b>N</b>	3,7±0,2 <sup>a</sup>	3,3±0,1 <sup>a</sup>	3,3±0,2 <sup>a</sup>	3,1±0,4 <sup>a</sup>	2,7±0,5 <sup>a</sup>	3,0±1,8 <sup>a</sup>
<b>P</b>	2,6±0,5 <sup>a</sup>	2,0±1,0 <sup>a</sup>	2,9±1,3 <sup>a</sup>	2,7±0,9 <sup>a</sup>	1,8±1,0 <sup>a</sup>	1,9±1,6 <sup>a</sup>
<b>SO<sub>4</sub></b>	5,1±1,3 <sup>a</sup>	4,8±1,3 <sup>ab</sup>	5,2±0,3 <sup>a</sup>	4,8±0,5 <sup>a</sup>	4,4±0,3 <sup>a</sup>	3,2±1,3 <sup>a</sup>
<b>pH</b>	4,5±0,0 <sup>a</sup>	4,5±0,0 <sup>a</sup>	4,5±0,0 <sup>a</sup>	4,36±0,1 <sup>a</sup>	4,39±0,1 <sup>a</sup>	4,55±0,1 <sup>a</sup>
<b>MO</b>	169,2±21,1 <sup>a</sup>	152,8±14,0 <sup>a</sup>	157,5±1,0 <sup>a</sup>	148,8±20,5 <sup>a</sup>	139,9±23,6 <sup>ab</sup>	81,6±28,2 <sup>b</sup>

CO = carbono orgânico; MO = matéria orgânica.

**Tabela 3.** Número total de organismos da comunidade planctônica, porcentagem de abundância dos diferentes grupos fitoplanctônicos e zooplanctônicos, número total de espécies abundantes e dominantes e os índices ecológicos na superfície e fundo durante o período experimental.

Comunidades	Prof	Seca			Chuva		
		J	A	S	O	N	D
<b>Zooplâncton</b>							
Total de indivíduos (ind L <sup>-1</sup> )	S	58	79	124	1.135	303	346
Cladocera (%)	U	0,79	1,91	3,64	0,37	0,36	0,81
Copepoda (%)	E	23,10	20,05	16,05	47,31	27,35	35,31
Rotifera (%)	R	76,12	78,04	80,32	52,32	72,29	63,88
Equitabilidade(E)	F	0,54	0,53	0,52	0,23	0,46	0,51
Riqueza (S)	Í	22	23	25	21	19	19
Diversidade (H')	C	0,72	0,70	0,72	0,30	0,57	0,64
Número total de espécies abundantes	I	4	4	4	1	3	2
Número total de espécies dominantes	E	—	—	—	—	—	—
<hr/>							
Total de indivíduos (ind L-1)		65	172	184	1.216	445	189
Cladocera (%)		1,92	4,34	5,39	1,80	1,88	2,59
Copepoda (%)	F	31,67	23,82	17,43	50,11	40,88	34,41
Rotifera (%)	U	66,41	71,84	77,18	48,10	57,24	63,00
Equitabilidade (E)	N	0,44	0,41	0,49	0,37	0,58	0,60
Riqueza (S)	D	22	23	24	18	18	14
Diversidade (H')	O	0,57	0,56	0,67	0,44	0,72	0,67
Número total de espécies abundantes		3	3	4	1	3	3
Número total de espécies dominantes		—	—	—	—	—	—
<hr/>							
<b>Fitoplâncton</b>							
Total de indivíduos (ind L <sup>-1</sup> )		7.605	9.527	13.478	39.830	95.808	31.424
Bacillariophyceae (%)	S	7,33	11,13	7,41	4,47	0,84	2,84
Chlorophyceae (%)	U	20,77	24,44	30,99	78,51	46,96	49,90
Crysophyceae (%)	P	0,16	4,48	8,03	1,81	0,53	1,54
Cyanobacteria (%)	E	0,04	0,41	0,19	—	—	—
Euglenophyceae (%)	R	66,18	53,51	49,80	8,40	50,62	40,16
Prasinophyceae (%)	F	5,28	4,88	2,73	1,93	0,91	4,77
Zygnematophyceae (%)	Í	0,25	1,15	0,84	4,87	0,15	0,77
Equitabilidade (E)	C	0,49	0,59	0,61	0,61	0,48	0,60
Riqueza (S)	I	27	27	23	24	21	28
Diversidade (H')	E	0,73	0,90	0,90	0,92	0,63	0,90
Número total de espécies abundantes		5	8	6	4	3	7
Número total de espécies dominantes		1	—	—	—	—	—
<hr/>							
Total de indivíduos (ind L <sup>-1</sup> )		6.199	10.745	14.751	21.656	61.939	19.789
Bacillariophyceae (%)		9,27	8,19	11,76	2,71	4,24	5,93
Chlorophyceae (%)		25,32	23,29	31,67	76,36	47,55	61,19
Crysophyceae (%)		—	2,15	5,03	2,62	1,68	1,33
Cyanobacteria (%)	F	—	0,15	0,08	—	0,10	—
Euglenophyceae (%)	U	59,65	57,28	45,25	13,84	43,57	26,08
Prasinophyceae (%)	N	5,55	8,38	5,39	2,02	2,63	5,31
Zygnematophyceae (%)	D	0,21	0,56	0,81	2,45	0,23	0,16
Equitabilidade (E)	O	0,58	0,57	0,60	0,62	0,61	0,61
Riqueza (S)		28	28	29	26	26	26
Diversidade (H')		0,88	0,86	0,92	0,95	0,90	0,90
Número total de espécies abundantes		8	6	8	4	6	5
Número total de espécies dominantes		1	1	—	—	—	—

— = não encontrado; Prof = profundidade.

## **CAPÍTULO 2**

### **AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES TRÓFICAS DE UM VIVEIRO DE PISCICULTURA**



## **Avaliação das condições tróficas de um viveiro de piscicultura**

J. S. A. da Silva<sup>1</sup> e L. H. Sipaúba-Tavares<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo D. Castellane, s / n, CEP 14884-900, Jaboticabal, SP, Brasil

### **Resumo**

Os viveiros de piscicultura são ambientes rasos e têm influência direta do clima local, manejo e fluxo de água, tornando-se necessários à avaliação trófica baseada nas condições bióticas e ambientais para a manutenção de uma produção saudável. A avaliação de fatores ambientais que interferem na comunidade planctônica e nas condições limnológicas de ambientes rasos que são constantemente manejados é de fundamental importância no entendimento destes ecossistemas artificiais. Foram aplicados os índices de Pielou, índice de comunidade aquática (Fitoplâncton), índice da comunidade zooplânctônica em reservatório e o índice de Carlson modificado por Lamparelli, este último índice com melhores resultados para às variáveis do viveiro de piscicultura estudado. Os resultados indicaram um ambiente mesotrófico (período seco) e eutrófico (período de chuva) em função das condições bióticas e abióticas do viveiro. O índice de Carlson modificado por Lamparelli foi o que mais se adaptou às variáveis estudadas, no entanto, as classificações da qualidade da água com base nas espécies planctônicas precisam ser reavaliadas, uma vez que espécies específicas de ambientes oligomesotróficos, como, por exemplo, *Aulacoseira sp.* e *Argyrodiaptomus furcatus*, são encontradas juntamente com espécies indicadoras de águas eutróficas, como *Pediastrum sp.* e *Brachionus sp.*

**Palavras-chave:** Fitoplâncton, zooplâncton, índice do estado trófico, parâmetros físico-químicos.

## Assessment of trophic conditions in a fishpond

### Abstract

Fishponds are shallow environments which promote direct influence in local weather, management and waterflow. Thus, trophic evaluations based on biotic and environmental conditions are necessary to maintain a healthy production. The assessment of environmental factors which impact the plankton community and the limnological conditions of shallow environments with constant management presents fundamental importance in understanding those artificial ecosystems. Were applied the Pielou index, aquatic community index (phytoplankton), reservoir zooplankton community index and Carlson index modified by Lamparelli, the last obtaining better results for the studied fishpond. The results indicated a mesotrophic (dry season) and eutrophic (wet season) condition according to biotic and abiotic conditions in the fishpond. The Carlson index modified by Lamparelli was the better fit to the study. However, the ranking of water quality based on plankton species must be reassessed, once specific species from oligomesotrophic environments, such as *Aulacoseira* sp and *Argyrodiaptomus furcatus*, were found together with species which indicates an eutrophic state, such as *Pediastrum* sp and *Brachionus* sp.

**Keywords:** Phytoplankton, zooplankton, trophic state index, physic-chemical parameters.

## 1. Introdução

Avaliar as condições tróficas em sistema de criação de peixes é de relevância, visto que estes organismos serão usados para consumo, e assim, as condições limnológicas devem estar equilibradas para uma produção saudável. A relação dos aspectos físico-químicos com as comunidades fitoplanctônicas e os índices tróficos promovem informações mais precisas da qualidade da água, e conseqüentemente, excelentes formas de monitoramento ecológico (Soria et al., 2019).

A união de avaliações mais simples da água, como a transparência, aferida através do disco de Secchi, com análises microscópicas completas do plâncton, enfatiza a importância dos dados com menor periodicidade na biomassa fitoplanctônica ao longo do tempo (Katsiapi et al., 2016).

Plantas, animais e plâncton são organismos vivos bioindicadores do ecossistema aquático, oferecendo informações diferentes para a indicação da qualidade da água (Parmar et al., 2016). O fitoplâncton possui ciclo de vida curto. Dessa forma, responde rapidamente aos poluentes em sistemas aquáticos, atuando como excelente bioindicador de mudanças na qualidade da água (Das et al., 2018).

A comunidade zooplanctônica em sistemas de água doce é formada principalmente por Rotifera, microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) e protozoários (Cavan et al., 2017). A maior diversidade zooplanctônica do grupo Cladocera ocorre em maior proporção em águas com menor trofia. Por outro lado, o grupo Rotifera domina o zooplâncton em águas eutróficas, sendo ótimos indicadores de eutrofização (Dembowska et al., 2015; Kuczyńska-Kippen & Joniak, 2016).

Os índices de diversidade, riqueza, abundância e equitabilidade fitoplanctônica e zooplanctônica sofrem mudanças importantes, que ocorrem em razão das alterações sazonais que interferem na diversidade planctônica (Tang et al., 2019).

O monitoramento é importante para manter uma boa qualidade da água, necessária para a vida aquática. Esse monitoramento permite informações do sistema aquático e previne transtornos, uma vez que ocorrem flutuações nas comunidades e parâmetros físico-químicos nas diferentes estações do ano (Kumar et al., 2017).

A disponibilidade de nutrientes na água influencia fortemente nas comunidades planctônicas, interferindo na estrutura e diversidade das espécies (Machado et al., 2015). Por isso, muitos índices de comunidades planctônicas e de parâmetros ambientais da água foram

criados para melhor explicar os processos e mudanças que ocorrem na água (Bomfim et al., 2019).

Avaliar o estado trófico de ambientes rasos que constantemente passam por problemas de eutrofização é essencial, visto que examina o impacto dos fatores ambientais na comunidade planctônica que interferem nas respostas das comunidades e na trofia dos sistemas aquáticos (Tang et al., 2019).

Sistemas rasos artificiais com forte ação antropogênica são ambientes que possuem características específicas com dominância de espécies com ciclo de vida curto (Rotifera), e que suportam as constantes alterações de manejo como Copepoda, principalmente *Thermocyclops decipiens* (Sipaúba-Tavares et al., 2019). No entanto, juntamente com essas espécies em viveiros de pisciculturas, são constantes aquelas de ambiente oligomesotrófico (*Argyrodiaptomus furcatus*) encontradas de forma abundante nestes ambientes (Sipaúba-Tavares et al., 2017).

Três Índices de estado trófico baseados em parâmetros físicos e químicos e comunidade planctônica (fitoplâncton e zooplâncton) foram testados para avaliar a trofia de um viveiro. As hipóteses são: (1) as espécies planctônicas se adaptaram às diferentes trofias da água; (2) índices do estado trófico existentes baseados na comunidade planctônica e parâmetros físico-químicos podem ser aplicados em viveiro de piscicultura.

## **2. Material e métodos**

### Área de estudo

O estudo foi realizado em um viveiro localizado no Centro de Aquicultura da UNESP – CAUNESP, Jaboticabal-SP. O viveiro possui 1.822 m<sup>2</sup>, e recebe efluente de tanques de peixes dos laboratórios de peixes ornamentais e reprodução de peixes, e água do viveiro de abastecimento. A amostragem foi realizada de julho a dezembro de 2016 na superfície e fundo, em um ponto localizado no centro do viveiro. As coletas de água e plâncton foram realizadas durante cinco dias consecutivos em cada mês amostrado.

### **2.1. Dados climáticos**

Os dados mensais de precipitação média e temperatura do ar foram fornecidos pela Estação de Climatologia Agrícola da Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP.

## 2.2. Variáveis físico-químicas

As amostras de água foram coletadas diretamente em frascos de polietileno na superfície e com auxílio de uma garrafa de Van Dorn no fundo do viveiro, armazenadas em frascos plásticos para análise. A profundidade do viveiro foi medida por meio de um ecobatímetro Speedtech. Temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD) e condutividade foram medidos “in situ” com sonda multiparâmetros Horiba U-5000G. Os compostos nitrogenados e fósforo total (PT) foram analisados por espectrofotometria, de acordo com a metodologia de Golterman et al. (1978) e Koroleff (1976). Clorofila-*a* (clor-*a*) foi determinada extraindo pigmentos com álcool 90%, analisada em espectrofotômetro (663 nm e 750 nm) e processada de acordo com a metodologia apresentada por Nusch (1980). Sólidos totais suspensos (STS), sólidos totais dissolvidos (STD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>) foram determinados de acordo com Boyd & Tucker (1992). Para a análise microbiológica (coliformes termotolerantes - CT), foi utilizado o método de tubos múltiplos, os frascos de 500ml foram esterilizados antes da coleta (APHA, 1995) e após coletadas, as amostras foram transportadas para o laboratório em recipiente isotérmico.

## 2.3. Comunidade Plânctônica

Para análise do zooplâncton foram coletados 20L de água e filtrados em rede de plâncton (58 µm), concentrado e fixado com formalina a 4% e armazenado em frascos de polietileno. Copepoda e Cladocera foram contados em câmara reticulada sob um estereomicroscópio (40x). As amostras de Rotifera foram analisadas em câmara de Sedgewick-Rafter sob um microscópio Leitz (100x). As amostras de fitoplâncton foram coletadas em frascos de polietileno e preservadas em solução de lugol a 1%. A abundância de fitoplâncton foi calculada por meio da contagem de células nas câmaras de sedimentação de Utermöhl, segundo Lund et al. (1958) sob um microscópio invertido Axiovert 40 CFL (Carl Zeiss), sendo contados pelo menos 100 espécimes da mais abundante. A identificação taxonômica foi baseada na seguinte literatura: Bicudo & Menezes, 2006; Bourrely, 1968, 1970; Koste, 1978; Segers, 1995; Elmoor-Loureiro, 1997 e Franceschini et al., 2010.

## 2.4. Análise dos dados

As relações entre plâncton e qualidade da água foram investigadas usando Análise de Correspondência Canônica (ACC) (Ter Braak, 1987). O teste de Monte Carlo foi aplicado

para verificar se os autovalores de probabilidade dos eixos de ordenação foram atribuídos aleatoriamente (999 interações;  $p= 0,05$ ). A Análise de Correspondência Canônica foi realizada com PC-ORD 5.0 (McCune & Mefford, 2006).

As análises de dominância e abundância das espécies planctônicas foram consideradas dominantes quando a densidade foi maior do que 50% do total do número de indivíduos presentes e abundantes, quando o número de indivíduos for maior do que a densidade total das espécies que ocorreram (Lobo & Leighton, 1986).

Foi testada a aplicação dos índices de comunidade aquática (Fitoplâncton), Índice da comunidade zooplânctônica para reservatórios artificiais (ICZRES), através da chave dicotômica desenvolvida pela CETESB (2006) e o índice de Carlson modificado por Lamparelli (2004). Foram calculados também para a comunidade planctônica os índices de diversidade de Shannon-Wiener  $H'$  ( $\log_e$ ); riqueza (S) calculada como o total de espécies presentes; uniformidade e equitabilidade (E) determinado como  $H/H_{max}$ , onde H é o índice de Shannon-Wiener e  $H_{max} = \ln S$  (Pielou, 1975). Os índices foram calculados para os períodos de seca e chuva.

### 3. Resultados

Foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre superfície e fundo para as variáveis pH (dezembro), PT (julho e setembro), STS (julho e novembro), STD (julho e setembro), STD (dezembro) e OD (agosto e dezembro). A temperatura do ar foi mais baixa no mês de julho, com  $19,3^\circ\text{C}$ , aumentando com o decorrer dos meses, chegando ao valor máximo em dezembro, com  $24,7^\circ\text{C}$ . A precipitação foi maior no período de chuva, com 246 mm em novembro.

Todas as variáveis ambientais apresentaram diferença ( $p < 0,05$ ) entre os períodos de seca e chuva. O pH foi ácido ao longo de todo o período experimental, variando entre 5,98 e 6,60. O PT foi mais elevado nos meses de novembro e dezembro, com  $38 \mu\text{g L}^{-1}$  e  $63 \mu\text{g L}^{-1}$  na superfície e  $41 \mu\text{g L}^{-1}$  e  $58 \mu\text{g L}^{-1}$  no fundo, respectivamente. A clorofila-a foi extremamente baixa ao longo de todo o período experimental, variando de 1 a  $10 \mu\text{g L}^{-1}$  (Figura 1).

A redução das concentrações de OD tanto na superfície quanto no fundo foi observada ao longo do período experimental enquanto a temperatura da água aumentava. STD variou no período de seca, apresentando maior concentração no mês de setembro ( $479 \text{ mg L}^{-1}$ ) e uma queda no período chuvoso. Já o STS apresentou baixas concentrações ao longo de todo

o período experimental. A maior concentração obtida na seca ocorreu em julho (33 mg L<sup>-1</sup> - superfície), e no período chuvoso em novembro (48 mg L<sup>-1</sup> – fundo) (Figura 1).

Nitrato decresceu ao longo do período experimental com concentrações mais elevadas, variando de 952 µg L<sup>-1</sup> (julho-superfície) a 265 µg L<sup>-1</sup> (dezembro-fundo) no período de seca. No início do período chuvoso (outubro) foi observada a maior concentração de nitrito com 20,5 µg L<sup>-1</sup> no fundo do viveiro (Figura 1).

No início do período seco (julho) a condutividade foi mais elevada. Posteriormente, decresceu para 57 µs cm<sup>-1</sup> e manteve-se constante no restante do período experimental. No período de seca a DBO<sub>5</sub> apresentou valores mais elevados e no período de chuva não ultrapassou 19,6 µg L<sup>-1</sup>.

Foram identificadas 30 espécies zooplanctônicas pertencentes a Cladocera (2), Copepoda (2) e Rotifera (26). A comunidade fitoplanctônica foi constituída por 49 espécies pertencentes às classes Bacillariophyceae (11), Chlorophyceae (24), Chrysophyceae (1), Cyanobacteria (1), Euglenophyceae (4), Prasinophyceae (1) e Zygnemaphyceae (7).

Todas as espécies dos grupos Cladocera e Copepoda encontradas no viveiro estiveram presentes ao longo de todo período experimental, porém as espécies de Rotifera, *Asplanchna brightwellii*, *Brachionus caudatus* e *Polyarthra vulgaris* não foram encontradas no período seco; e as espécies *Brachionus quadridentatus*, *Cephalodella sp.*, *Lecane lunares*, *Proales globulifera* e *Testudinella patina* não foram encontradas no período de chuva (Tabela 1).

Em relação à comunidade fitoplanctônica, 3 espécies foram presentes somente no período de seca, sendo elas: *Diademesmis confervacea*, *Diacanthos belenophorus* e *Phacus orbicularis*; e 6 só foram presentes no período de chuva: *Nupela praecipua*, *Coelastrum cambricum*, *Kirchneriella obesa*, *Scenedesmus convergens*, *Treubaria schmidlei* e *Staurastrum johnsonii* (Tabela 2).

A única espécie dominante foi *Euglena sp.* (Euglenophyceae), sendo que *Messastrum gracile* (Chlorophyceae) entre as espécies de fitoplâncton e náuplios de *Argirodiaptomus furcatus* (Copepoda) entre as espécies de zooplâncton foram abundantes em todos os meses do período experimental. Somente 6 espécies de zooplâncton e 14 de fitoplâncton foram abundantes em pelo menos um mês ao longo do período experimental (Tabelas 1 e 2).

Rotifera foi o grupo mais abundante, representando mais de 70% na superfície e 63% no fundo no período de seca. No período chuvoso, em outubro, o grupo Copepoda foi mais abundante com, 50% no fundo. Nos outros meses, Rotifera foi dominante, representando acima de 67% de abundância relativa. Cladocera foi a menos abundante, abaixo de 3% de

abundância relativa, sendo que no período chuvoso na superfície esteve abaixo de 0,6% de abundância relativa (Figura 2).

Dentre os grupos fitoplanctônicos, Chlorophyceae e Euglenophyceae foram os que apresentaram maior porcentagem de abundância, sendo que no período de seca houve maior abundância de Euglenophyceae (>55%) e na chuva de Chlorophyceae, exceto no mês de novembro, na superfície, onde Euglenofíceae representou 50% de abundância relativa e Chloophyceae 46% de abundância relativa (Figura 2).

Prasinophyceae e Chrysophyceae foram representados apenas por uma espécie *Monomastix sp.* e *Dinobryon sp.* respectivamente, ao longo do período experimental, ambas espécies foram abundantes em determinados meses estudados. Bacillariophyceae esteve presente ao longo do período experimental, com maior porcentagem de abundância na seca, variando de 0,8 a 11% na superfície e de 2 a 11% no fundo (Figura 2). Os grupos com a menor abundância relativa foram Cyanobactéria com 0,08%, Zygnematophyceae com 1% e Chrysophyceae com 2% (Figura 2).

A análise de correspondência canônica (ACC) mostrou as principais variáveis ambientais que influenciaram os grupos Rotifera, Copepoda e Prasinophyceae foram Oxigênio dissolvido, pH, temperatura, nitrito fósforo total e clorofila-a. Cladocera, Bacillariophyceae, Chrysophyceae, Zygnematophyceae, Euglenophyceae e Chlorophyceae, estiveram mais relacionados a sólidos totais suspensos. Enquanto Cyanobactéria apresentou maior relação com nitrato, demanda bioquímica de oxigênio e sólidos totais dissolvidos (Figura3).

A ACC extraiu dois eixos, os quais explicam 25,2% da variação geral dos dados de plâncton (Figura 3). A correlação espécies-ambiente foi de 18,8% para o eixo 1 e 6,4% para o eixo 2, indicando forte correlação entre a distribuição do plâncton e as variáveis ambientais utilizadas para a ordenação. O teste de Monte Carlo revelou que a ordenação dos eixos 1 e 2 foram estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ). O primeiro eixo (18,8 % de variância nos dados) apresentou associação positiva entre pH, °C, Clr-a com Chrysophyceae Euglenophyceae e Prasinophyceae. E a condutividade, OD e NO<sub>2</sub> com Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Zygnematophuceae, Cladocera, Copepoda e Rotifera. O eixo 2 (6,4% de variação dos dados) apresentou elevada associação entre Cyanobactéria e NO<sub>3</sub> e negativa correlação com DBO<sub>5</sub> (Figura 3).

O IET de Lamparelli classificou o período seco em mesotrófico e o chuvoso em eutrófico (Tabela 3).



Não foi possível a aplicação do Índice de comunidades (fitoplâncton), uma vez que a qualidade da água não se enquadrou em nenhuma categoria. Já o ICZRES apresentou boa qualidade da água em função da abundância de espécies Calanoida e Cyclopoida e da clorofila-a calculada (Tabela 3).

Os índices ecológicos diferiram entre as comunidades planctônicas. A diversidade, equitabilidade e riqueza foram maiores no período de seca para a comunidade zooplanctônica. Na comunidade fitoplanctônica a riqueza foi maior no período seco, a diversidade foi similar entre as estações e a equitabilidade foi maior no período chuvoso (Tabela 3).

#### 4. Discussão

A variação temporal interfere fortemente na comunidade planctônica, o que foi demonstrado pela presença e ausência de espécies ao longo do período experimental. Quando a biomassa planctônica aumenta, maior a eutrofização do ambiente (Kraus, et al., 2019). Neste estudo, Cyanobacteria apresentou maior relação com o nitrato. O mesmo foi observado por Cottingham et al. (2015), explicada pela capacidade deste grupo fixar o  $\text{NO}_3$  da água. A condutividade ficou bem abaixo do limite estabelecido para água doce ( $2000 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), com menos de  $174 \mu\text{S cm}^{-1}$ . Esta variável é um excelente indicador de alterações na água, pois responde rapidamente às cargas de poluição e evaporação da água (Das et al., 2018).

A variação na comunidade planctônica e as variáveis físico-químico são influenciadas pelo fluxo da água e apresentam maior abundância no período chuvoso, exceto o grupo Bacillariophyceae, pois é característico de águas alcalinas, enquanto Chlorophyceae domina águas com pH ácido, o que foi encontrado neste estudo. O pH tem função importante na comunidade planctônica, influenciando a dominância das espécies (Das et al., 2018).

Foi observado neste estudo dominância de *Euglena sp.* Amadea et al. (2017) também observaram essa dominância em função do movimento livre pelos flagelos. A espécie *Euglena sp.* é capaz de mudar de posição para obter melhor radiação solar (fototropismo positivo) (Richter et al., 2003).

A relação entre a qualidade da água, ecologia, meio ambiente e a cadeia alimentar norteiam os conjuntos de organismos planctônicos na água, refletidos pelos índices ecológicos, criados para avaliar a qualidade dos corpos hídricos (Bomfim et al, 2019).

Espécies zooplanctônicas dos gêneros *Asplanchna*, *Keratella*, *Brachionus* e Copepodas Cyclopoida são indicadores de águas eutróficas (Goyal, 2018). Neste estudo foi

observado que a espécie *Brachionus quadridentatus* esteve presente apenas no inverno seco, o que também foi observado por El-Damhogy et al. (2016). Porém, resultado contrário ocorreu com a espécie do mesmo gênero *Brachionus caudatus* que esteve presente apenas no verão chuvoso. Uzma (2009) afirma que a ocorrência de várias espécies simultâneas do gênero *Brachionus* podem indicar eutrofia da água.

Espécie do gênero *Polyarthra* foi encontrada apenas em novembro e dezembro, estando relacionada aos meses com temperaturas mais altas, o que também foi observado por Bartumeus e Catalan (2008). Pocięcha et al. (2018) observaram que as espécies da comunidade zooplanctônica mais abundantes em águas eutróficas são *Keratella cochlearis*, *Trichocerca pusilla*, *Bosmina longirostris* e *Diaphanosoma brachyurum*, principalmente pela presença de fósforo total, que aumenta a produtividade primária do fitoplâncton, essas espécies também foram encontradas nesse estudo, indicando desta forma a eutrofização da água.

As espécies do gênero *Chlorella* e *Ankistrodesmus* foram consideradas indicadoras de estado oligotrófico da água, *Aulacoseira* de ambientes oligo-mesotróficos (Marchetto et al., 2009). *Pediastrum duplex* e *Coelastrum microporum* estão relacionadas a eutrofização. *Oocystis sp.* são encontradas em águas mesotróficas (Maggio et al., 2016), e para Goyal (2018), as espécies *Ankistrodesmus sp.*, *Navicula sp.*, *Euglena sp.*, *Melosira sp.*, *Oocystis sp.* e *Chlorella sp.* são indicadoras de poluição da água.

Os índices aplicados neste estudo apresentam bom desempenho no monitoramento e avaliação do estado trófico da água em reservatórios, porém apresentam falhas na aplicação para viveiros, uma vez que não foi possível a sua aplicação. O mesmo ocorreu para o índice de comunidades aquáticas (Fitoplâncton). Os valores de densidade da comunidade fitoplanctônica não se adequaram aos estipulados pelo índice, e os valores de clorofila encontrados também não estavam de acordo com a densidade de organismos proposta pelo índice em cada categoria.

Já o índice da comunidade zooplanctônica para reservatórios artificiais (ICZRES) calculado indicou boa qualidade da água do viveiro estudado, resultado contrário ao encontrado no índice de estado trófico de Carlson modificado por Lamparelli, que mostrou a transição da qualidade da água de mesotrófica para eutrófica no decorrer dos meses estudados.

De acordo com Boaventura et al (2019), Dembowska et al. (2015), Goyal (2018), Machado et al. (2015), Pocięcha et al. (2018), Soria et al. (2019) e Tang et al. (2019), a maioria das espécies encontradas neste estudo são características de ambiente eutrófico,

porém foram encontradas espécies de ambientes oligo-mesotróficos, representando o fim de uma transição na qualidade da água ou talvez a adaptação dessas espécies as diferentes trofias da água.

De acordo com os resultados obtidos neste estudo verificou-se que o índice de comunidade aquática (Fitoplâncton) e o índice da comunidade zooplânctônica para reservatórios artificiais (ICZRES) não são aplicáveis em viveiros, uma vez que nem todos os fatores contidos no índice (biótico e abiótico) foram observados no viveiro estudado. Deste modo, é necessária a criação de índices de comunidade planctônica, bem como índices baseados em variáveis ambientais específicas para viveiros. As classificações da qualidade da água com base nas espécies planctônicas precisam ser reavaliadas, uma vez que espécies específicas de ambientes oligotróficos são encontradas juntamente com espécies indicadoras de águas eutróficas.

### **Agradecimentos**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudo (processo nº 1768967).

### **Referências Bibliográficas**

- AMADEA, E.; TAKARINA, N. D.; WARDHANA, W. Phytoplankton distribution and community structure in estuary and fishpond at Subang, Blanakan, West Java. In: **AIP Conference Proceedings**. AIP Publishing LLC, v. 1862, n. 1, p. 030120, 2017.
- APHA - American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th ed.; American Public Health Association Washington, D.C., p. 1100, 1995.
- BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. Gênero de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. São Carlos: Rima, p. 508, 2006.
- BOMFIM, E. D. O., KRAUS, C. N., LOBO, M. T. M., NOGUEIRA, I. D. S., PERES, L. G. M., BOAVENTURA, G. R., LAQUES, A. E.; GARNIER, J.; SEYLER, P.; MARQUES, D. M.; BONNET, M. P. Trophic state index validation based on the phytoplankton functional group approach in Amazon floodplain lakes. **Inland Waters**, v. 9, n. 3, p. 309-319, 2019.
- BOURRELY, P. Les algues D'eau douce: les jaunes et brunes – Chrysophycées, Phéophycées, Xantophycées et deatomées. Paris: **Éditiones N. Boubée & Cie**, 1968.
- BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. Water quality and pond soil analyses for aquaculture. **Alabama Agricultural Experiment Station**, Auburn, USA. p. 183, 1992.

- CAVAN, E. L.; HENSON, S. A.; BELCHER A.; SANDERS, R. Role of zooplankton in determining the efficiency of the biological carbon pump. **Biogeosciences**, v. 14, p. 177–186, 2017.
- CETESB-COMPANHIA DE TECNOLOGIA. AMBIENTAL DE SANEAMENTO, Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo. Anexo V. Brasil, p. 146, 2006.
- COTTINGHAM, K. L.; EWING, H. A.; GREER, M. L.; CAREY, C. C.; WEATHERS, K. C. Cyanobacteria as biological drivers of lake nitrogen and phosphorus cycling. **Ecosphere**, v. 6, n. 1, 2015. art1. doi:10.1890/es14-00174.1
- DAS, D.; PATHAK, A.; PAL, S. Diversity of phytoplankton in some domestic wastewater-fed urban fish pond ecosystems of the Chota Nagpur Plateau in Bankura, India. **Applied Water Science**, v. 8, n. 3, p. 84, 2018.
- DEMBOWSKA, E. A.; NAPIÓRKOWSKI, P.; MIESZCZANKIN, T.; JÓZEFOWICZ, S. Planktonic indices in the evaluation of the ecological status and the trophic state of the longest lake in Poland. **Ecological Indicators**, v. 56, p. 15-22, 2015.
- EL-DAMHOGY, K. A.; NASEF, A. M.; HENEASH, A. M. M.; KHATER, M. E. Diversity and distribution of Brachionus community (Rotifera: Brachionidae) at lake Maryout, Alexandria, Egypt. *Int. J. Fish. & Aquat. Stud*, v. 4, n. 5, p. 500-506, 2016.
- ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A. Manual of identification of limnic cladocerans of Brazil. Editora Universa-UCB, Taguatinga – DF, Brasil. 1997, 156 p.
- FRANCESCHINI, I. M.; BURLIGA, A. L.; REVIERS, B.; PRADO, J. F.; RÉZIG, S. H. Algas: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica. São Paulo: Artmed Editora S.A. 2010, 332 p.
- GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. Methods for physical & chemical analysis of freshwaters. **Blackwell Scientific Publication**, Oxford. 1978, 213p.
- GOYAL, S. Pollution and trophic indicator species of bicherli pond, Beawar (RAJASTHAN). **Technology**, v. 4, n. 2, p. 35-47, 2018.
- KATSIAPI, M.; MOUSTAKA-GOUNI, M.; SOMMER, U. Assessing ecological water quality of freshwaters: PhyCoI—a new phytoplankton community index. **Ecological informatics**, v. 31, p. 22-29, 2016.
- KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: E. GRASHOF and E. KREMLING, orgs. *Methods of seawater analysis*. German: Verlag Chemie Weinheim, 1976, 181p.
- KOSTE, W. Rotatoria. *Die Raedertiere Mitteleuropas*, 2. Berlin: Borntraeger. 1978, 673p.

KRAUS C. N.; BONNET, M. P.; NOGUEIRA I. DE S.; LOBO M. T. M. P. S.; MARQUES D. DA M.; GARNIER J.; VIEIRA L. C. G. Unraveling flooding dynamics and nutrients' controls INLAND WATERS 317 upon phytoplankton functional dynamics in Amazonian floodplain lakes. *Water (Switzerland)*. v. 11, n. 1, p. 154, 2019.

KUCZYŃSKA-KIPPEN, N.; JONIAK, T. Zooplankton diversity and macrophyte biometry in shallow water bodies of various trophic state. *Hydrobiologia*, v. 774, n. 1, p. 39-51, 2016.

KUMAR, D.; KARTHIK, M.; RAJAKUMAR, R. Study of seasonal water quality assessment and fish pond conservation in Thanjavur, Tamil Nadu, India. *J. Entomol. Zool. Stud*, v. 5, p. 1232-1238, 2017.

LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2004.

LOBO, E.; LEIGHTON, G. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de la zona central de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, v. 22, n. 1, p. 1-29, 1986.

LUND, J. W. G.; KIPLING, C.; LECREN, E. D. The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical bases of estimating by counting. *Hidrobiologia*, v. 11, p. 143-170, 1958.

MACHADO, K. B.; BORGES P. P.; CARNEIRO, F. M.; DE SANTANA, J. F. VIEIRA, L. C. G., DE MORAES HUSZAR, V. L.; NABOUT, J. C. Using lower taxonomic resolution and ecological approaches as a surrogate for plankton species. *Hydrobiologia*, v. 743, p. 255–267, 2015. doi: 10.1007/s10750-014-2042-y.

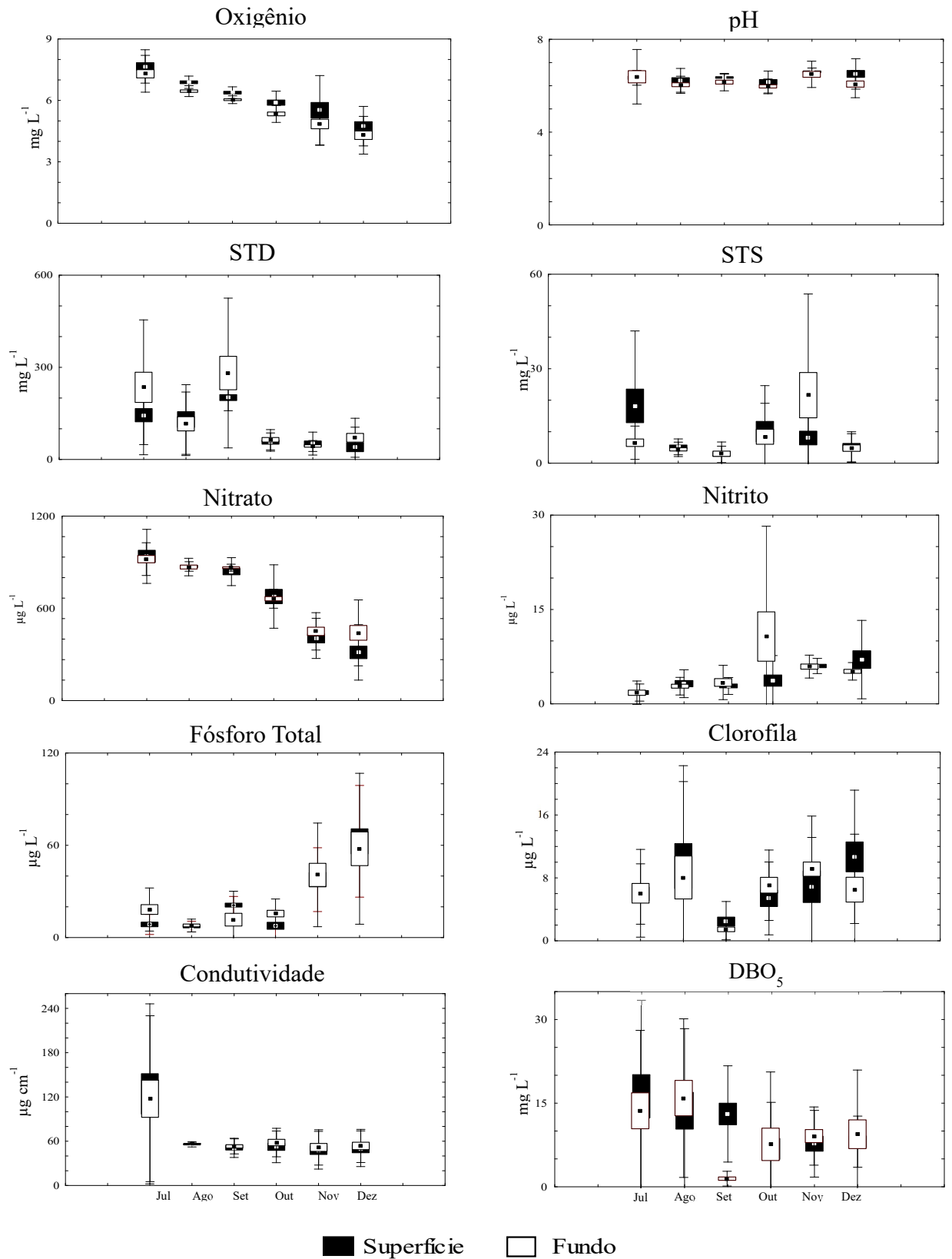
MAGGIO, J. D.; FERNÁNDEZ C.; PARODI ER, D. M. S.; ESTRADA V. Modeling phytoplankton community in reservoirs. A comparison between taxonomic and functional groups-based models. *J. Environ. Manag.* v. 165, p. 31-52, 2016.

MARCHETTO, A.; PADEDDA, B. M.; MARIANI, M. A.; LUGLIE, A.; SECHI, N. A numerical index for evaluating phytoplankton response to changes in nutrient levels in deep Mediterranean reservoirs. *Journal of Limnology*, v. 68, n. 1, p. 106-121, 2009.

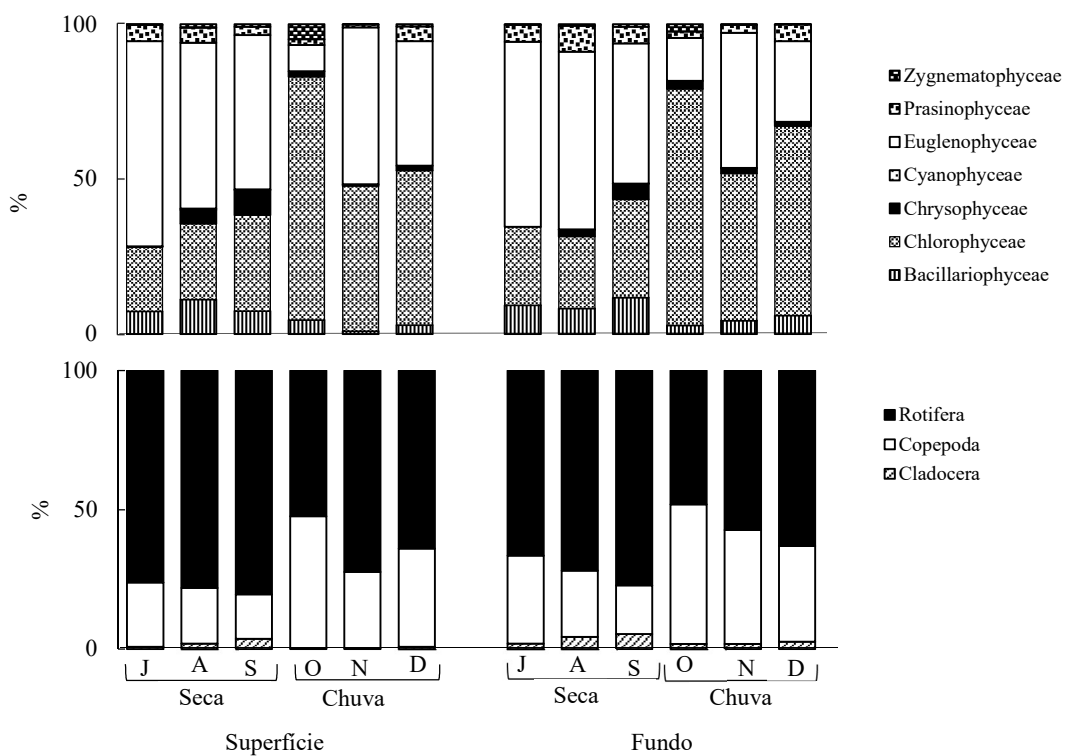
MCCUNE, B.; MEFFORD M. J. PC-ORD, version 5.0, **Multivariate analysis of ecological data.** MjM Software Desing, Glaneden Beach, p. 40, 2006.

NUSCH, E. A. Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigments determination. *Archive für Hydrobiologie*, v. 14, p. 14-36, 1980. <https://dx.doi.org/10.1127/0003-9136>.

- PARMAR, T. K., RAWTANI, D.; AGRAWAL, Y. K. Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. **Frontiers in Life Science**, v. 9, n. 2, p. 110–118, 2016. DOI: 10.1080/21553769.2016.1162753.
- PIELOU, E. C. Ecological diversity. **New York: John Wiley**, 1975, 165 p.
- POCIECHA, A.; BIELAŃSKA-GRAJNER, I.; KUCIEL, H.; WOJTAL, A. Z. Is zooplankton an indicator of the water trophic level in dam reservoirs? **Oceanological and Hydrobiological Studies**, v. 47, n. 3, p. 288–295, 2018. doi:10.1515/ohs-2018-0027.
- RICHTER, P.; BÖRNIG, A.; STREB, C.; NTEFIDOU, M.; LEBERT, M.; HÄDER, D. P. Effects of increased salinity on gravitaxis in *Euglena gracilis*. **Journal of plant physiology**, v. 160, n. 6, p. 651-656, 2003.
- SEGERS, H. Rotifera: the Lecanidae (Monogononta). In DUMONT, HJF. (ed). Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. **Netherlands: SPB Academic**, p. 248, 1995.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; DURIGAN, P. A. BERCHIELLI-MORAIS, F. A.; MILLAN, R. N. Influence of inlet water on the biotic and abiotic variables in a fish pond. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 2, p. 277-283, 2017.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; MILLAN, R.; CAPITANO, E. C. O.; SCARDOELLI-TRUZZI, B. Abiotic parameters and plankton community of an earthen fish pond with continuous water flow. **Acta Limnologica Braziliensia**, 2019, 31: e 13. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X3018>.
- SORIA, J. M.; MONTAGUD, D.; SÒRIA-PERPINYÀ, X.; DOLORES SENDRA, M.; VICENTE, E. Phytoplankton Reservoir Trophic Index (PRTI): a new tool for ecological quality studies. **Inland Waters**, p. 1-8, 2019.
- TANG, C.; YI, Y.; YANG, Z.; ZHOU, Y.; ZERIZGHI, T.; WANG, X.; CUI, X.; DUAN, P. Planktonic indicators of trophic states for a shallow lake (Baiyangdian Lake, China). **Limnologia**, v. 78, p. 125712, 2019.
- TER BRAAK C. J. The analysis of vegetation-environment relationship by canonical correspondence analysis. **Vegetatio**, v. 69, n. 1-3, p. 69-77, 1987.
- UZMA A. **Studies on plankton communities of some eutrophic water bodies of Aligarh**. MSc thesis, Fish. Aqua. Unit, Dep. Zoo., Aligarh Muslim Univ. (AMU), Aligarh, India, 2009.

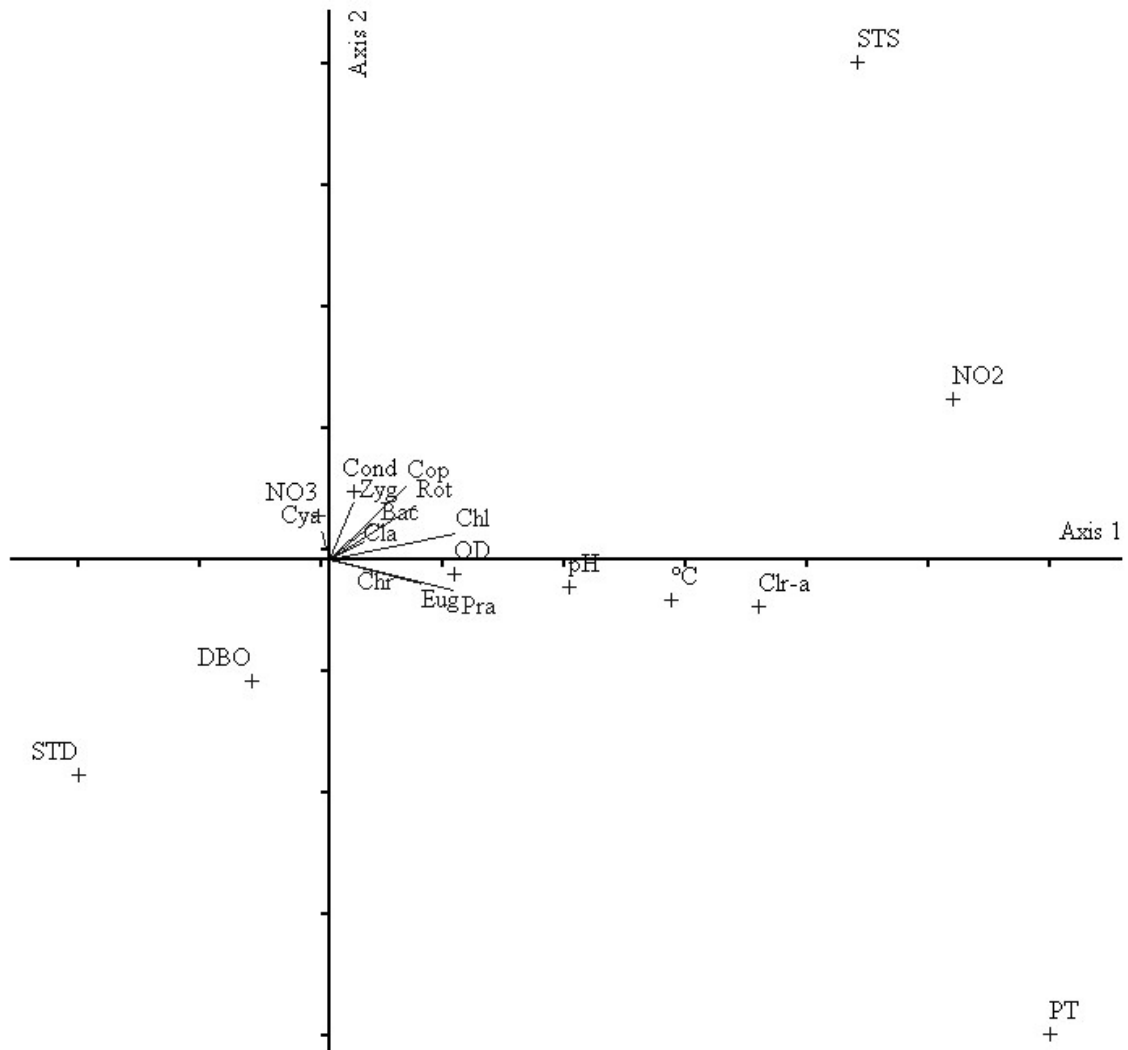


**Figura 1.** Variação mensal das variáveis físicas e químicas da água.



**Figura 2.** Abundância relativa temporal dos grupos fitoplanctônicos e zooplanctônicos de um viveiro de piscicultura ao longo do período experimental.





**Figura 3.** Análise de correspondência canônica (ACC) demonstrando as relações entre a comunidade fitoplanctônica, comunidade zooplanctônica e parâmetros físico-químicos no viveiro estudado. Variáveis biológicas: Chlorophyceae (Chl), Bacillariophyceae (Bac), Cyanobacteria (Cya), Chrysophyceae (Chr), Zygnemaphyceae (Zyg), Euglenophyceae (Eug), Prasinophyceae (Pra), Cladocera (Cla), Copepoda (Cop) e Rotifera (Rot). Variáveis ambientais: pH, Oxigênio dissolvido (OD), Condutividade elétrica (Cond), Demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), temperatura (°C), Sólidos Totais Suspensos (STTS), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Nitrito (NO<sub>2</sub>), Nitrato (NO<sub>3</sub>), Fósforo Total (PT) e Clorofila-a (Clr-a).

**Tabela 1.** Relação das espécies zooplancônicas encontradas na superfície e fundo do viveiro estudado no período de seis meses, onde: + = presente; - = ausente; A = abundante; D = dominante.

Taxa	Superfície						Fundo					
	Seca			Chuva			Seca			Chuva		
	J	A	S	O	N	D	J	A	S	O	N	D
<b>Cladocera</b>												
<i>Bosmina hagmani</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Diaphanosoma birgei</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Copepoda</b>												
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	A
Náuplios	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
<i>Thermocyclops decipiens</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Náuplios	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-
<b>Rotifera</b>												
<i>Ascomorpha sp.</i>	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Asplanchna brightwellii</i>	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+
<i>Asplanchnopsis multiceps</i>	A	A	A	+	+	+	A	A	A	+	+	+
<i>Brachionus caudatus</i>	-	-	-	+	A	A	-	-	-	+	A	A
<i>Brachionus quadridentatus</i>	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>Cephalodella sp.</i>	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Cephalodella uncinata</i>	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
<i>Colurella uncinata</i>	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>Daphnia sp.</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Epiphanes macrourus</i>	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+
<i>Keratella coclearis</i>	A	A	A	+	+	+	A	A	A	+	+	+
<i>Lecane bulla</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>Lecane globulifera</i>	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-
<i>Lecane lunaris</i>	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Lecane monostyla</i>	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-
<i>Lecane signifera</i>	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Lecane submagna</i>	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-
<i>Lephadella ovalis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
<i>Monommata arndti</i>	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+	-
<i>Platylabus quadricornis</i>	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>Polyarthra vulgaris</i>	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+
<i>Proales doliaris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Proales globulifera</i>	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Proalinopsis caudatus</i>	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>Testudinella patina</i>	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Trichocerca sp.</i>	A	A	A	+	A	+	+	+	A	+	A	+

**Tabela 2.** Relação das espécies fitoplanctônicas encontradas na superfície e fundo do viveiro estudado no período de seis meses, onde: + = presente; - = ausente; A = abundante; D = dominante.

Taxa	Superfície					Fundo					Taxa	Superfície					Fundo								
	Seca		Chuva			Seca		Chuva				Seca		Chuva			Seca		Chuva						
	J	A	S	O	N	D	J	A	S	O		N	D	J	A	S	O	N	D	J	A	S	O	N	D
<b>Bacillariophyceae</b>											<b>Euglenophyceae</b>														
<i>Aulacoseira agassizii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>Euglena sp.</i>	D	A	A	A	+	A	D	D	A	A	A	A
<i>Diadismis sp.</i>	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	<i>Phacus longicauda</i>	A	+	+	-	+	+	A	A	+	+	+	+
<i>Diadismis confervacea</i>	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	<i>Phacus orbicularis</i>	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Melosira sp.</i>	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	<i>Trachelomonas</i>	+	+	+	+	A	A	+	+	+	+	A	A
<i>Navicula cryptonella</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	<b>Prasinophyceae</b>												
<i>Nupela cymbelloidea</i>	-	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	<i>Monomastix sp.</i>	A	A	+	+	+	A	A	A	A	+	+	A
<i>Nupela praecipua</i>	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+	<b>Zygnematophyceae</b>												
<i>Pinnularia acrosphaeria</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	<i>Closterium ehrenbergii</i>	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-
<i>Pinnularia gibba</i>	-	+	-	+	-	+	+	+	+	-	+	+	<i>Hyalotheca dissiliens</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	+
<i>Pinnularia viridis</i>	+	A	+	+	+	+	A	+	+	+	+	+	<i>Spirogyra sp.</i>	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+
<i>Sellaphora sp.</i>	+	A	+	+	+	+	A	A	+	+	+	+	<i>Staurastrum johnsonii</i>	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-
<b>Chlorophyceae</b>											<i>Staurastrum sebaldi</i>														
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	A	A	A	+	+	+	A	A	A	+	+	+	<i>Staurodesmus convergens</i>	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-	+
<i>Chlorella sp.</i>	+	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	<i>Staurodesmus cuspidatus</i>	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chroococcus distans</i>	A	+	A	+	+	A	A	+	+	+	+	+													
<i>Coelastrum cambricum</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-													
<i>Coelastrum microporum</i>	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-													
<i>Coelastrum palii</i>	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-													
<i>Coelastrum reticulatum</i>	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+													
<i>Crucigenia fenestrata</i>	+	+	+	A	+	+	+	+	+	A	+	+													
<i>Crucigenia quadrata</i>	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-													
<i>Desmodesmus armatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	A													
<i>Diacanthos belenophorus</i>	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-													
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	+	+	+	+	+	A	+	+	+	+	A	+													
<i>Kirchneriella obesa</i>	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+													
<i>Messastrum gracile</i>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A													
<i>Oocystis sp.</i>	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+													
<i>Pediastrum duplex</i>	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+													
<i>Pediastrum tetras</i>	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+													
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+													
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+													
<i>Scenedesmus convergens</i>	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-													
<i>Scenedesmus linearis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+													
<i>Tetraedron trigonum</i>	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+													
<i>Tetrastrum elegans</i>	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-													
<i>Treubaria schmidlei</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-													
<b>Chrysophyceae</b>																									
<i>Dinobryon sp.</i>	+	A	A	+	+	+	-	+	A	+	+	+													
<b>Cyanobacteria</b>																									
<i>Merismopedia sp.</i>	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-													

**Tabela 3.** Aplicação do Índice de estado trófico- IET (Lamparelli, 2004), Índice de comunidades aquáticas-Fitoplâncton - ICA (CETESB, 2006) e Índice da Comunidade Zooplanctônica em Reservatórios-ICZRES (CETESB, 2006) no período de seca e chuva e variação do índice de diversidade Shannon-Wiener  $H'$  ( $\log_e$ ), índice de equitabilidade ( $J'$ ) e índice de riqueza (S) nos períodos de seca e chuva no viveiro estudado, onde: F= fitoplâncton e Z= zooplâncton.

Estações	IET	Índices									
		ICA		ICZRES		$H'$ ( $\log_e$ )		S		$J'$	
		F	Z	F	Z	F	Z	F	Z		
Seca	58	*	24	0,87	0,65	23	27	0,57	0,48		
Chuva	62	*	24	0,87	0,56	18	25	0,58	0,45		

\*Não se aplica