

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 17/02/2021.

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^a. Dr^a. 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.^a 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

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

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

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ponderações das variáveis utilizadas no índice de comunidades (Fitoplâncton) (Retirado de: Relatório técnico, CETESB – 2006).....	24
Tabela 2. Chave dicotômica para a aplicação do Índice da Comunidade Zooplânctônica em Reservatórios (ICZRES). (Retirado de: Relatório técnico, CETESB – 2006).....	24
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.....	58
Tabela 2. Média e desvio padrão das variáveis analisadas no sedimento (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
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.....	60
Tabela 1. 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
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.....	81
Tabela 3. Aplicação do Índice de estado trófico- IET (Lamparelli, 2004), Índice de comunidades aquáticas-Fitoplâncton - ICA (CETESB, 2006) e Índice da Comunidade Zooplânctônica 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 m²; 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

Figura 3. Variação do oxigênio dissolvido (OD - mg L ⁻¹), sólidos totais dissolvidos (STD - mg L ⁻¹), demanda bioquímica de oxigênios (DBO ₅ - mg L ⁻¹) e condutividade (μS cm ⁻¹) durante o período experimental.....	55
Figura 4. Variação da comunidade zooplanctônicas (ind L ⁻¹) durante 5 dias consecutivos em cada mês do período experimental.....	56
Figura 5. Variação da comunidade fitoplanctônica (ind L ⁻¹) durante 5 dias consecutivos em cada mês do período experimental.....	57
Figura 1. Variação mensal das variáveis físicas e químicas da água.....	77
Figura 2. Abundância relativa temporal dos grupos fitoplanctônicos e zooplanctônicos de um viveiro de piscicultura ao longo do período experimental.....	78
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 ₅), temperatura (°C), Sólidos Totais Suspensos (STS), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Nitrito (NO ₂), Nitrato (NO ₃), 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 zooplânctônica e fitoplânctônica tanto na superfície quanto no fundo do viveiro foram observados no período de chuva. Dentre as espécies zooplânctônicas, somente náuplios de Copepoda *Argyrodiaetus 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 fitoplânctônica 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.

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 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). Pociecha et al. (2018) observaram que as espécies da comunidade zooplancônica 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 zooplancônica 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), Pociecha 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 zooplancônica 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 diatomées. 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 Raëdertiere 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.; PADEDDE, 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.
- SEGBERS, 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**, 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). **Limnologica**, 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.

