

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROBIOLOGIA

Alan C. Baú

**VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA COMUNIDADE  
FITOPLANCTÔNICA EM UMA SEÇÃO DO RESERVATÓRIO DE  
PASSO REAL, RS, BRASIL**

Santa Maria, RS  
2018

**Alan C. Bau**

**VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA COMUNIDADE  
FITOPLANCTÔNICA EM UMA SEÇÃO DO RESERVATÓRIO DE PASSO  
REAL, RS, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agrobiologia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agrobiologia**.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Maria Angélica Oliveira Linton

Santa Maria, RS  
2018

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Baú, Alan  
VARIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA COMUNIDADE  
FITOPLANCTÔNICA EM UMA SEÇÃO DO RESERVATÓRIO DE PASSO  
REAL, RS, BRASIL / Alan Baú.- 2018.  
49p.; 30 cm

Orientadora: Maria Angélica Oliveira Linton  
Coorientador: Elvis Carissimi  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de  
Pós-Graduação em Agrobiologia, RS, 2018

1. Fitoplâncton 2. Dinoflagelado 3. Espécie Invasora  
I. Oliveira Linton, Maria Angélica II. Carissimi, Elvis  
III. Título.

Alan C. Bau

**VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA COMUNIDADE  
FITOPLANCTÔNICA EM UMA SEÇÃO DO RESERVATÓRIO DE PASSO  
REAL, RS, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Curso de  
Pós-Graduação em Agrobiologia, da  
Universidade Federal de Santa Maria  
(UFSM, RS), como requisito parcial  
para obtenção do título de **Mestre em  
Agrobiologia**.



Prof. Dr<sup>a</sup>. Maria Angélica Oliveira Linton  
(Presidente/Orientadora)  
(UFSM)



Prof<sup>a</sup>. Dra. Noeli Julia Schussler de Vasconcellos (UNIFRA)



Prof<sup>a</sup>. Dr. Galileo Adeli Buriol (UFSM)

Santa Maria, RS  
2018

***Dedico aos meus pais,  
minhas inspirações diárias  
para a conclusão desta  
etapa.***

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais Marli e Airton por serem estes pais presentes e companheiros, sempre apoiando-me nos estudos e conquistas, procurando fazer o melhor por toda a nossa família.

A minha irmã Danieli, pelo carinho e amor dedicado.

A minha namorada Patrícia, pelo amor, carinho e apoio em todos os momentos da nossa vida. Te amo.

À professora Maria Angélica Oliveira Linton, a qual me proporcionou um estágio no Laboratório de Ficologia, repassando todo seu conhecimento e amizade para que eu pudesse desenvolver este trabalho, desde os conselhos antes de sair para campo até as conversas e puxões de orelha no laboratório, serei eternamente grato por tudo que fizeste por mim.

Aos meus parceiros de trabalho de campo, André Domingues e Luis Guillermo Ramires Mérida, os quais sempre estiveram prontos a ajudar.

Aos amigos e companheiros do Laboratório de Ficologia, André Domingues, Ana Paula Vestena Cassol, Jéssica Menegheti, Juliana Ferreira e Luis Guillermo Ramires Mérida, pelo apoio, ajuda e convivência nestes dois anos de mestrado.

As minhas colegas e amigas, Kássia Trapp e Luana Cadore pela amizade e companheirismo nestes dois anos.

Aos meus amigos de Nova Esperança do Sul, os quais sempre me apoiaram e incentivaram nesta caminhada.

Ao Prof. Dr<sup>a</sup>. Watterloo Pereira Filho pelo empréstimo da Garrafa Van Dorn para nossos trabalhos de campo.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia pelo apoio financeiro para realização dos trabalhos de campo no Município de Quinze de Novembro/RS.

À CAPES, pelo apoio financeiro por meio de bolsa de estudos nestes dois anos.

A todos agradeço do fundo do meu coração!

## RESUMO

### VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA EM UMA SEÇÃO DO RESERVATÓRIO DE PASSO REAL, RS, BRASIL

AUTOR: Alan C. Bau  
ORIENTADORA: Maria A. O. Linton

O fitoplâncton é uma comunidade de organismos microscópicos que possui grande importância ecológica e é adaptado a uma série de modificações ambientais. *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 é um dinoflagelado pertencente ao gênero *Ceratium*, encontrado em habitats marinhos que, nos últimos anos, está sendo considerado um organismo invasor em ambientes de água doce na América do Norte e Sul. Este trabalho tem por objetivo descrever um perfil da comunidade fitoplanctônica e a ocorrência de *C. furcoides* em um ciclo anual na coluna d'água no Reservatório Passo Real, Quinze de Novembro, RS. As amostras do fitoplâncton foram coletadas em uma estação de amostragem no reservatório de Passo Real, (-28.744702°S, -53.139704°W). As coletas contemplaram quatro estações climáticas (Inverno, Primavera, Verão e Outono), compostas por quatro amostragens diurnas com início às 9h00min, 13h00min, 16h00min e 18h00min em quatro profundidades da coluna d'água (sub-superfície, profundidade de desaparecimento do disco de Secchi (d. secchi), limite da zona eufótica e profundidade de 8 metros). Utilizou-se uma garrafa de Van Dorn de 5 L para coleta da água. As amostras foram concentradas *in situ* utilizando uma rede de plâncton de abertura de malha de 25 µm acondicionadas em frascos âmbar e preservadas com solução de Lugol a 1%. As variáveis abióticas foram medidas *in situ* e em laboratório com auxílio de aparelhos portáteis. A identificação taxonômica do fitoplâncton foi realizada utilizando bibliografia especializada. A quantificação do fitoplâncton foi realizada em microscópio invertido. Durante o período amostral houve uma grande migração da comunidade fitoplanctônica na coluna d'água. As amostragens revelaram diferenças nas densidades de células entre profundidades, horários e estações climáticas. Pode-se perceber que temperaturas elevadas da coluna d'água são fatores-chaves para a proliferação em massa do dinoflagelado *C. furcoides*.

**Palavras chave:** Fitoplâncton, dinoflagelado, espécie invasora.

## ABSTRACT

### SPATIAL AND TEMPORAL VARIATION OF THE PHYTOPLANKTON COMMUNITY IN A SECTION OF THE RESERVOIR OF PASSO REAL, RS, BRAZIL

AUTHOR: Alan C. Bau  
ADVISER: Maria A. O. Linton

Phytoplankton is a community of microscopic organisms, of great ecological importance and adapted to several environmental modifications. *Ceratium furcoides* is a dinoflagellate of the genus *Ceratium* found in marine habitats but in recent years is being considered an invading organism in freshwater environments both in North and South America. This work aims to describe a profile of the phytoplankton community and the occurrence of *C. furcoides* in an annual cycle in the water column at Passo Real Reservoir, Quinze de Novembro, RS. Phytoplankton samples were collected from one sampling station in the reservoir (-28.744702°S, -53.139704°W) in the four seasons (Winter, Spring, Summer and Autumn) and four times each day: at 9:00 a.m., 1:00 p.m., 4:00 p.m. and 6:00 p.m. in four depths of the water column (sub-surface, depth of disappearance of the Secchi disk (d. secchi), limit of the euphotic zone and depth of 8 meters). A five litre Van Dorn bottle was used for water collection. Samples were concentrated in situ using a 25 µm mesh plankton net in amber flasks and preserved with 1% Lugol solution. The abiotic variables were measured in situ and in the laboratory with the aid of portable devices. The taxonomic identification of phytoplankton was performed using specialized bibliography. Phytoplankton quantification was performed in an inverted microscope. Migration of the phytoplankton community in the water column was observed during the study period. Cell density differed between depths, time of day and seasons. High temperatures in the water column were found as key factors causing intense blooms of the dinoflagellate *C. furcoides*.

Key words: Phytoplankton, dinoflagellate, invader.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características gerais do Reservatório Passo Real, RS .....	17
Tabela 2. Composição taxonômica da comunidade fitoplanctônica em quatro estações climáticas amostradas (Inverno, Primavera, Verão e Outono) e quatro profundidades (Sub – Sub-superfície, DS- Profundidade do disco de secchi, ZF- Limite da zona eufótica e 8M- Profundidade de 8 metros), no reservatório Passo Real, Quinze de Novembro, RS .....	22
Tabela 3. Coeficientes de correlação (r) e significância (p) obtidos pelo teste de ANOSIM entre as Estações Climáticas, Horários e Profundidade no reservatório de Passo Real/RS .....	25
Tabela 4. Valores de significância dos eixos da análise de componentes principais no Reservatório Passo Real, RS.....	28

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização do Reservatório Passo Real, RS .....	17
Figura 2. Precipitação total mensal no período de junho de 2016 a junho de 2017, obtidos na Estação Meteorológica de Ibirubá/RS, próximo ao Reservatório de Passo Real .....	19
Figura 3. Temperaturas médias da coluna d'água do Reservatório de Passo Real nas quatro estações climáticas. Inverno: 09/09/2016; Primavera: 12/12/2016; Verão: 08/03/2017; Outono: 01/05/2017.....	20
Figura 4. Valores do pH nas profundidades da coluna d'água no Reservatório de Passo Real, Eixo X – Profº da coluna d'água em metros, Eixo Y – Horários das amostragens, Sub – Sub-superfície; DS – Profº do disco de secchi; ZF – Limite inferior da zona eufótica e 8 m – Profundidade de 8 metros, em quatro estações climáticas. Inverno: 09/09/2016; Primavera: 12/12/2016; Verão: 08/03/2017; Outono: 01/05/2017.....	21
Figura 5. Condutividade elétrica (us/cm) nas profundidades da coluna d'água no Reservatório de Passo Real. Sub – Sub-superfície; DS – Profundidade do disco de secchi; ZF – Limite inferior da zona eufótica e 8 m – Profundidade de 8 metros, em quatro estações. Inverno: 09/09/2016; Primavera: 12/12/2016; Verão: 08/03/2017; Outono: 01/05/2017.....	21
Figura 6. Turbidez (NTU) nas profundidades da coluna d'água no Reservatório de Passo Real, Sub – Sub-superfície; DS – Profundidade do disco de secchi; ZF – Limite inferior da zona eufótica e 8 m – Profundidade de 8 metros, em quatro estações climáticas. Inverno: 09/09/2016; Primavera: 12/12/2016; Verão: 08/03/2017; Outono: 01/05/2017.....	22
Figura 7. Riqueza de espécies em cada amostragem realizada no reservatório de Passo Real no período de setembro de 2016 a maio de 2017. Profundidades: Sub – Sub-superfície; DS – Profundidade do disco de secchi; ZF – Limite inferior da zona eufótica e 8 m – Profundidade de 8 metros.....	24
Figura 8. Diagrama de ordenação do escalonamento multidimensional não métrico (NMDS), utilizando dados da comunidade fitoplanctônica da represa de Passo Real no período de setembro de 2016 a maio de 2017, variáveis ambientais: CD: Condutividade elétrica; TEMP: Temperatura; DS: Disco de secchi. PH: pH; TUR: Turbidez. ....	24
Figura 9. Biovolume ( $\mu\text{m}^3.\text{ml}^{-1}$ ) médio das classes fitoplanctônicas no reservatório de Passo Real durante o período setembro de 2016 a maio de 2017.....	25

Figura 10: Morfologia do dinoflagelado <i>Ceratium furcoides</i> encontrado na represa Passo Real durante o período amostral.....	26
Figura 11. Densidade celular de <i>C. furcoides</i> correspondente às quatro amostragens realizadas (09/09/2016, 12/12/2016, 08/03/2017 e 01/05/2017), Unidade de densidade de células – cél/ml, n° 1,2,3, 4 – amostragens realizadas no reservatório Passo Real .....	27
Figura 12. Densidade celular de <i>C. furcoides</i> , correspondente a sua migração vertical no período amostral e a temperatura da coluna d’água nas diferentes profundidades coletadas.....	28
Figura 13. Diagrama da de dispersão da análise de Componentes com os dois primeiros eixos da ordenação. Cfurc: <i>C. furcoides</i> ; C°: Temperatura da água; Turb: Turbidez; D.sec: Disco de Secchi; Ri: Riqueza; pH: pH; CD: Condutividade elétrica	29

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	1
REVISÃO DE LITERATURA .....	4
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	8
CAPÍTULO I: Perfil da comunidade fitoplanctônica e a ocorrência de <i>Ceratium furcoides</i> (LEVANDER) LANGHANS 1925, em um ponto amostral do reservatório Passo Real, RS .....	12
<b>Resumo</b> .....	12
CHAPTER I: Profile of the phytoplankton community and the occurrence of <i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans 1925, in a sampling point of the reservoir Passo Real, RS .....	13
<b>Abstract</b> .....	13
INTRODUÇÃO .....	14
MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
RESULTADOS.....	19
DISCUSSÃO .....	29
CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	33
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	37

## INTRODUÇÃO

O processo de construção de reservatórios acarreta mudanças nos mecanismos físicos que ocorrem no ambiente aquático, como os processos de movimento e mistura de matéria particulada e dissolvida. Esses mecanismos em um corpo d'água resultam em transportes físicos que influenciam nas características do ambiente, como temperatura e luz (TRENTIN et al. 2016).

Reservatórios de água doce são ecossistemas artificiais construídos pelo homem com o propósito principal de armazenar água para os diversos usos, tais como a produção de energia elétrica e de biomassa, contenção de enchentes, abastecimento doméstico e industrial, transporte, irrigação, piscicultura e recreação (TUNDISI, 1998). Estes sistemas tem uma grande importância na capacidade de retenção de água, pois auxiliam no processo de urbanização de muitas cidades que dependem exclusivamente dos mesmos.

Os ecossistemas aquáticos vem sofrendo diversos impactos ambientais oriundos da atividade humana. O desmatamento, a carência generalizada de água e o uso indevido das terras são fatores que prejudicam diretamente o ecossistema aquático. Estes problemas exigem um manejo integrado que auxilie na conservação da qualidade e quantidade destes recursos (TUNDISI, 2008).

Estes impactos ambientais que ocorrem no ecossistema aquático vêm se tornando pauta de trabalhos de diversos órgãos governamentais, tais como a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), para tentar reverter estes processos (DE MORAES, 2009). Pode-se perceber que a qualidade de água é diretamente afetada pela presença de diversos organismos, detritos, nutrientes e agroquímicos que entram em contato com o ecossistema.

Os impactos ambientais afetam diretamente a comunidade fitoplanctônica, a qual possui um papel importante em corpos d'água lênticos, pois representa a base da teia trófica planctônica, transferindo o carbono inorgânico para níveis tróficos superiores. O fitoplâncton é uma comunidade de organismos microscópicos, possui grande importância ecológica e pode se adaptar a diferentes condições ambientais, tornando-se útil nos estudos de monitoramento de todos os processos presentes no reservatório. Inclui microalgas unicelulares, isoladas, pluricelulares ou coloniais e possui um papel

fundamental na estrutura dos ecossistemas aquáticos, principalmente em sistemas de água fechados, tais como lagos e reservatórios (FERNANDES, 2005).

No Brasil, os períodos de crescimento do fitoplâncton variam conforme os contrastes climatológicos. As florações de microalgas ocorrem com temperaturas elevadas ( $> 25^{\circ}\text{C}$ ) e um pH neutro a básico (7 a 9), causam diminuição da transparência da água e, principalmente, a redução da diversidade de espécies (DOMINGOS et al. 2012).

Nas últimas décadas, o estudo da comunidade fitoplanctônica tem sido fortemente relacionado ao problema da eutrofização, definida pela quantidade excessiva de nutrientes presentes. Diante das condições ambientais dos sistemas aquáticos, as florações de algas são fenômenos de crescimento excessivo, globalmente distribuídas e reguladas por diversas variáveis ambientais interligadas geográfica e ecologicamente, ocorrendo naturalmente em água doce ou marinha. Esta ocorrência nos corpos d'água confere um aspecto desagradável à água, representando riscos à população. A distribuição e proliferação destas florações são influenciadas por diversos fatores, tais como elevada concentração de fósforo e nitrogênio, luz, temperatura e pH (PAERL & HUISMAN, 2008).

Nos últimos anos além de cianobactérias, outro organismo planctônico vem chamando a atenção dos pesquisadores pela sua ocorrência em ambientes de água doce. Dinoflagelados da classe Dinophyceae, gênero *Ceratium*, são comumente encontrados em ambientes de água doce e considerados invasivos em águas continentais (DA SILVA et al. 2012).

Organismos do gênero *Ceratium* são considerados tolerantes ao estresse, devido às habilidades natatórias que auxiliam no processo de migração vertical diurna para os microhabitats de luz e nutrientes mais favoráveis (CAVALCANTE et al. 2013). Estes dinoflagelados possuem uma elevada taxa de crescimento e mobilidade na coluna d'água. Na última década, diversos pesquisadores relataram seu aparecimento nos ambientes aquáticos da América do Norte e Sul tornando-se um organismo invasor nestes ecossistemas (DA SILVA et al. 2012).

Com uma rápida expansão deste dinoflagelado nos ecossistemas sul-americanos, a pesquisa que investiga seus requisitos ecológicos e níveis de

tolerância é necessária para entender sua potencial dispersão e possíveis impactos sobre esses ecossistemas (CAVALCANTE et al. 2016). O estudo das variáveis ambientais tem o intuito de observar as oscilações presentes, tanto na estrutura da comunidade quanto na estratificação da massa de água de um ponto do reservatório, podendo relatar a dinâmica dos organismos existentes diante das condições do momento.

A estratificação térmica é uma das condições que levam à divisão de camadas em um meio aquático. Consiste na formação de camadas horizontais de água com diferentes densidades, estáveis, ordenadas de forma que as menos densas flutuem sobre as mais densas. Em ambientes lênticos de regiões tropicais e subtropicais a diferença de temperatura da água de aproximadamente 2°C entre a superfície e o fundo da coluna d'água é suficiente para estabelecer uma diferença de densidade, induzindo uma estratificação termal (MOUSINHO DE MEIS; TUNDISI, 1986), citado por (BRANCO et al. 2009).

Percebe-se que diferenças de temperaturas geram camadas d'água com diferentes densidades, que em si já formam uma barreira física (resistência térmica relativa), impedindo que se misturem e, se a energia do vento não for suficiente para misturá-las, o calor não se distribui uniformemente, criando condições de estabilidade térmica (ESTEVES, 1998).

O objetivo do trabalho foi avaliar as variações espaciais (profundidades) e temporais (estações do ano) existentes na comunidade fitoplanctônica em um ponto do reservatório de Passo Real. Objetivou-se também monitorar a dinâmica do fitoplâncton e condicionantes limnológicos nas escalas de tempo diurna e sazonal e de distribuição vertical na coluna d'água, descrever os fatores abióticos presentes nas amostragens, ocorrência de *C. furcoides* e sua migração vertical na coluna d'água e identificar os grupos de microalgas presentes no fitoplâncton de acordo com a variação dos fatores abióticos.

O estudo e caracterização destes ecossistemas aquáticos se justifica, uma vez que estes sofrem diferentes impactos ambientais oriundos da atividade humana, afetando diretamente as espécies e a população ao seu redor. A hipótese deste trabalho foi de que no reservatório Passo Real ocorre uma alteração na comunidade fitoplanctônica pela modificação das variáveis ambientais tanto em escala espacial quanto temporal.

## REVISÃO DE LITERATURA

O reservatório da Usina Hidrelétrica Passo Real (UHE) possui 233,39km<sup>2</sup> de área e uma potência efetiva de 158 MW. Situam-se no seu entorno os municípios de Fortaleza dos Valos, Quinze de Novembro, Alto Alegre, Campos Borges, Ibirubá, Salto do Jacuí, Jacuizinho e Selbach. A barragem, cuja altura mínima é de 16,3 metros e máxima de 58 metros, forma um reservatório de regularização para os aproveitamentos à jusante (CEEE, 2011). Existem diversos trabalhos já realizados na área descrita no Reservatório de Passo Real, por exemplo: KRAMER; REIS; PEREIRA FILHO (2009), GAIDA et al. (2012), DOMINGUES (2014) e TRENTIN et al. (2016). Além do reservatório Passo Real, existem outros reservatórios, que constituem um sistema em cascata, distribuídos a jusante da seguinte forma: Ernestina (1954), seguido por Passo Real (1973), Maia Filho (1963), Itaúba (1978) e Dona Francisca (2000).

Inaugurada em 1973, a barragem de Passo Real possui em seu entorno uma intensa exploração agrícola, além disso, apresenta condições ideais para a análise das variáveis limnológicas em virtude da variabilidade das características da água nos demais setores do reservatório (KRAMER; REIS; PEREIRA FILHO, 2009). A agricultura mostra-se como a principal atividade econômica nesta área, presente em pequenas e médias propriedades ao sul e em médias e grandes propriedades nas porções central e noroeste da área de estudo (KRAMER, 2009). Caracteriza-se pelo domínio de quatro principais culturas ao longo do ano, representadas por soja e trigo em maior área, milho e fumo em menores porções.

Esta intensa exploração agrícola ao entorno do reservatório Passo Real afeta diretamente o ecossistema aquático. Os principais problemas globais são o intenso uso de agroquímicos nas lavouras, uso inadequado das terras ao entorno, a intensa urbanização. Esses problemas contribuem para o aumento das fontes de contaminação dos ecossistemas, diminuem a disponibilidade de água e causam problemas na saúde pública. Conseqüentemente, a geração de energia, produção alimentar e biodiversidade são alterados (TUNDISI, 2008).

O reservatório Passo Real está localizado no centro-norte do Estado do Rio Grande do Sul e no Planalto Sul Rio-grandense e sofre grande influência de atividades agrícolas que compõem o cenário a seu entorno. O clima é controlado



por massas de ar de origem tropical marítima no verão e polar marítima no inverno. O outono e a primavera são períodos de transição, com a entrada de massas quentes e úmidas e massas frias e instáveis (FRIEDRICH, 1993).

Com relação à precipitação, no estado do Rio Grande do Sul ocorre uma distribuição similar ao longo dos doze meses do ano, em decorrência das massas de ar oceânicas que penetram no estado. O volume de chuvas, no entanto, é diferenciado, ao sul do estado a precipitação média situa-se entre 1.299 e 1.500mm e, ao norte a média está entre 1.500 e 1.800 mm, com intensidade maior de chuvas a nordeste do Estado (CARGNIN et al. 2014).

No Brasil, os primeiros reservatórios d'água de sistemas em cascata foram construídos entre as décadas de 1960 e 1970, com a finalidade de irrigação agrícola. Posteriormente, destinaram-se à prevenção de cheias e, mais recentemente, a outros usos como a navegação, abastecimento de água potável, pesca, abastecimento hídrico industrial, geração de energia elétrica e recreação (TUNDISI & TUNDISI, 2008). Estas finalidades podem afetar diretamente o ecossistema, modificando suas características naturais físicas e biológicas e os microrganismos que estão presentes (NILSSON et al. 2007).

O fitoplâncton é um grupo polifilético de microrganismos fotossintetizantes (algas, cianobactérias e bactérias) adaptados a viverem parcial ou continuamente em águas abertas (BRASIL et al. 2011). Podem incluir microalgas unicelulares, isoladas, pluricelulares ou coloniais e representam a base da cadeia alimentar nos ecossistemas aquáticos (FERNANDES, 2005). A estrutura do fitoplâncton pode estar relacionada com uma multiplicidade de fatores ambientais, dependendo do tipo do ecossistema, latitude e escalas temporais e espaciais (CROSSETII et al. 2014).

Existem diversos parâmetros e fatores físico-químicos que influenciam a variabilidade da comunidade fitoplânctônica, tanto espacial quanto temporal criando flutuações em microescalas de tempo (RIVAS-ROJAS et al. 2007), enquanto que as correntes podem afetar a estrutura da comunidade (PIRELA-OCHOA et al. 2008). A abundância, biomassa e distribuição vertical da comunidade fitoplanctônica na coluna de água são afetadas por vários fatores físicos, químicos e biológicos que ocorrem em diferentes escalas de tempo e promovem sucessões ecológicas (SALAZAR-GOMEZ et al. 2011).

Nas duas últimas décadas vários estudos sobre comunidades de microalgas em represas no Brasil foram realizados. Alguns exemplos de destaque incluem SILVA, TRAIN E RODRIGUES (2001) que avaliaram a estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica a jusante e montante do reservatório de Corumbá, Caldas Novas, Goiás. FERREIRA et al. (2005) monitoraram o fitoplâncton e microcistina no reservatório da UHE Americana. ARAGÃO et al. (2007) estudaram a comunidade fitoplanctônica no reservatório do Carpina-PE, com ênfase em cianobactérias. FERRÃO FILHO et al. (2009) investigaram as florações de cianobactérias tóxicas no reservatório do funil no município de Resende – RJ. BUZELLI et al. (2013) fizeram uma análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. CASSOL et al. (2014) fizeram o primeiro registro de uma floração da espécie *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 no reservatório de Itaúba, Rio Grande do Sul, Brasil. LUCAS et al. (2015) verificaram as variações temporais da comunidade fitoplanctônica no reservatório Rosário/CE e DE LIMA (2017) investigou a ocorrência e toxicidade de cianobactérias em reservatórios do estado de Pernambuco.

Na última década vários estudos foram realizados com dinoflagelados do gênero *Ceratium* no Brasil, tais como FERRAREZE et al. (2006), SANTOS-WISNIEWSKI et al. (2007), MATSUMURA-TUNDISI et al. (2010), OLIVEIRA et al. (2011), DA SILVA et al. (2012), CAVALCANTE et al. (2013), CASSOL et al. (2014), JATI et al. (2014), MOREIRA et al. (2015), CAVALCANTE et al. (2016) e CAMPANELLI et al. (2017).

Este gênero de microalgas pode ser considerado invasor, capaz de desenvolver florações devido à sua mobilidade e resistência à sedimentação, à ocupação da camada superficial e ao uso otimizado de recursos como luz e nutrientes (MAC DONAGH et al. 2005). Mesmo que as florações não sejam tóxicas, elas ainda trazem efeitos nocivos para as comunidades aquáticas como condições anóxicas, causando a morte de algumas espécies (PITCHER et al. 2011) e um aumento significativo de valores de pH neste ecossistema, (ALMEIDA et al. 2016).

O grande tamanho celular de *Ceratium* evita a predação pelo zooplâncton, a presença de flagelos permite migrar para estratos profundos ricos em nutrientes em diferentes momentos do dia, bem como para mudar sua

distribuição em relação aos gradientes de luz (ALMANZA et al. 2016). Os dinoflagelados também contribuem para o fluxo de carbono e assim fornecem energia para peixes e outros organismos aquáticos (LEAL et al. 2016).

Ecossistemas aquáticos são complexos e diversificados espacial e temporalmente, portanto, os processos físicos, químicos e biológicos devem ser conhecidos em profundidade para a promoção e desenvolvimento de técnicas de gerenciamento integrado (MITHYA et al. 2010). Diante dos impactos ambientais que os afetam, é importante ressaltar que deve-se priorizar melhores práticas de manejo, conservação das águas superficiais e das matas ciliares, para se ter locais de refúgio para as espécies que dependem diretamente destes ambientes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMANZA, V. et al. Características morfológicas y limnológicas de las floraciones de *Ceratium furcoides* (Dinophyta) en un lago somero de Chile Central. **Limnetica**, v. 35, n. 1, p. 253–268, 2016.

ALMEIDA, C. R. et al. The effectiveness of conventional water treatment in removing *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans, *Microcystis* sp . and microcystins. **Water SA**, v. 42, n. 4, p. 606–611, 2016.

ARAGÃO, N. K. C. V et al. Estudo da comunidade fitoplanctônica no reservatório do Carpina-PE, com ênfase em Cyanobacteria. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)**, v. 66, n. 3, p. 240–248, 2007.

BRANCO, C. W. C. et al. Impact of climate on the vertical water column structure of Lajes Reservoir (Brazil): A tropical reservoir case. **Lakes & Reservoirs: Research & Management**, v. 14, n. 3, p. 175–191, 2009.

BRASIL, J.; Huszar, V. L. M. O papel dos traços funcionais na ecologia do fitoplâncton continental. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 4, p. 799–834, 2011.

CAMPANELLI, L. C. et al. Record of the occurrence of dinoflagellate *Ceratium furcoides* in a fish farming lake located in the countryside of São Carlos (SP, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, n. August, p. 426–427, 2017.

CARGNIN, A. P. et al. Atlas Socioeconômico do Rio Grande Do Sul: Quinze Anos Acompanhando as Transformações do Estado. **Geo UERJ**, v. 2, n. 24, 2014.

CASSOL, A. P. V et al. First record of a bloom of the invasive species *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 in Rio Grande do Sul state, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 2, p. 515–517, 2014.

CAVALCANTE, K. P. et al. First record of expansive *Ceratium Schrank*, 1793 species (Dinophyceae) in Southern Brazil, with notes on their dispersive patterns in Brazilian environments. v. 9, n. 4, p. 862–866, 2013.

CAVALCANTE, K. P. et al. Towards a comprehension of *Ceratium* (Dinophyceae) invasion in Brazilian freshwaters: autecology of *C. furcoides* in subtropical reservoirs. **Hydrobiologia**, v. 771, n. 1, p. 265–280, 2016.

CEEE. Plano de uso e ocupação do solo no entorno do Reservatório da UHE Passo Real. p. 1–262, 2011.

CROSSETII, L. O. et al. The influence of environmental variables on spatial and temporal phytoplankton dissimilarity in a large shallow subtropical lake (Lake Mangueira, southern Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 26, n. 2, p. 111–118, 2014.

DA SILVA, L. C. et al. Invasion of the dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 at tropical reservoir and its relation to environmental variables. **Biota Neotrop. Biota Neotrop**, v. 12, n. 2, p. 93–100, 2012.

DE LIMA, V. H. M. Cianobactérias em reservatórios do estado de Pernambuco: ocorrência e toxicidade. **Holos**, v. 4, p. 111–124, 2017.

DE MORAES, L. A. F. A visão integrada da ecoidrologia para o manejo sustentável dos ecossistemas aquáticos. **Oecologia Australis**, v. 13, n. 4, p. 676–687, 2009.

DOMINGUES, A. Padrões Hidrometeorológicos e seus efeitos nas florações de cianobactérias no Reservatório Passo Real, Rio Grande do Sul. **Dissertação** (Mestrado em Agrobiologia) - Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, 2014.

DOMINGOS, P. et al. Eventos de mortandade de peixes associados a florações fitoplânctônicas a lagoa Rodrigo de Freitas: Programa de 10 anos de monitoramento. **Oecologia Australis**, v. 16, n. 3, p. 441–446, 2012.

ESTEVES, F. **Fundamentos de limnologia**. [s.l.] Interciência, 1998.

FERNANDES, L. F., LAGOS, P. D., WOSIACK, A. C., PACHECO, C. V., DOMINGUES, L., & ZENDER-ALVES, L. (2005). Comunidades fitoplânctônicas em ambientes lênticos. ANDREOLI, CV; CARNEIRO, C. Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados. Curitiba: Finep, 303-366.

FERRÃO-FILHO AS, SOARES MC, ROCHA MIA, MAGALHÃES VF, AZEVEDO SMFO (2009) Florações de cianobactérias tóxicas no reservatório do Funil: dinâmica sazonal e Consequências para o zooplâncton. *Oecol Bras* 13(2):346–365

FERRAREZE, M.; Nogueira, M. G. Phytoplankton assemblages and limnological characteristics in lotic systems of the Paranapanema Basin (Southeast Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 18, n. 4, p. 389–405, 2006.

FERREIRA RR, CAVENAGHI AL, VELINI ED, CORRÊA MR, NEGRISOLI E, BRAVIN LFN et al., Monitoramento de fitoplâncton e microcistina no Reservatório da UHE Americana. *Planta Daninha*. 2005; 23(2): p: 203-214.

FRIEDRICH, J. N. Mapeamento do uso da terra por compartimento geomorfológico da subbacia da barragem Dona Francisca–RS com imagens multiespectrais TM do LANDSAT-5. 1993. 63f. **Monografia (Especialização em interpretação de imagens orbitais e suborbitais)**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1993.

GAIDA, WILLIAM, et al. "Dynamics of vegetation and land use using the NDVI in the Alto Jacui river basin/Dinamica da vegetacao e uso da terra com uso do NDVI na bacia hidrografica do Alto Jacui." *Geo Uerj* (2012): 684-699.

JATI, S. et al. First record of the occurrence of *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans (Dinophyceae) in the Upper Paraná River Floodplain (PR/MS), Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 3, p. 235–236, 2014.

KRAMER, G. Avaliação espaço-temporal das relações entre ecossistemas terrestre e aquático: estudo de caso da bacia da UHE Passo Real da região sul do Brasil. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências - Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, 2009.

KRAMER, G.; Reis, J.; Pereira Filho, W. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil. p. 3967–3973, 2009.

LEAL, R.; Silva, A. M. P. Da. Bioenergia da Biomassa Residual: Potencial Energético da Combustão da Casca de Arroz em Dourados-MS e Região. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 5, n. 1, p. 91–105, 2016.

LUCAS, F. H. R. et al. Variação temporal da comunidade fitoplanctônica no Reservatório Rosário/CE. **Cadernos de Cultura e Ciência**, v. 14, n. 2, p. 35–43, 2015.

MAC DONAGH, M. E.; CASCO, M. A.; CLAPS, M. C. Colonization of a Neotropical Reservoir (Córdoba, Argentina) by *Ceratium hirundinella* (O. F. Müller) Bergh. **Annales de Limnologie - International Journal of Limnology**, v. 41, n. 4, p. 291–299, 2005.

MATSUMURA-TUNDISI, T. et al. Occurrence of *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 bloom at the Billings Reservoir, São Paulo State, Brazil. **Brazilian journal of biology**, v. 70, n. 3, p. 825–829, 2010.

MITHYA, D. et al. Variação Nictemeral de alguns parâmetros limnológicos do açude Araras, Ceará. p. 1–10, 2010.

MOREIRA, R. A. et al. First record of *Ceratium furcoides* (Dinophyta), an invasive species, in a temporary high-altitude lake in the Iron Quadrangle (MG, Southeast Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 1, p. 98–103, 2015.

MORETI BUZELLI, G.; BIANCHETTI DA C. SANTINO, M. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Ambiente & Água, An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 8, n. 1, 2013.

MOUSINHO DE MEIS, M. R.; Tundisi, J. G. Geomorphological and limnological processes as a basis for lake typology. The middle Rio Doce lake system. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 58, n. 1, p. 103–120, 1986.

NILSSON, C. et al. Restoring riverine landscapes: the challenge of identifying priorities, reference states, and techniques. **Ecology and Society**, v. 12, n. 1, p. 16, 2007.

OLIVEIRA, H. S. B.; Moura, A. D. N.; Cordeiro-Araújo, M. K. First record of *Ceratium* Schrank, 1973 (Dinophyceae: Ceratiaceae) in freshwater ecosystems in the semiarid region of Brazil. **Check List**, v. 7, n. 5, p. 626–628, 2011.

PAERL, H. W.; Huisman, J. Blooms like it hot. **Science**, v. 320, n. 5872, p. 57–58, 2008.

PIRELA-OCHOA, E. et al. Hidrografía Y Cambios En La Comunidad Del Microfitoplancton. v. 47, n. 1, p. 3–16, 2008.

PITCHER, G. C.; Probyn, T. A. Anoxia in southern Benguela during the autumn of 2009 and its linkage to a bloom of the dinoflagellate *Ceratium balechii*. **Harmful Algae**, v. 11, p. 23–32, 2011.

RIVAS-ROJAS, T. et al. Variación diaria de algunas variables físico-químicas y de la biomasa del fitoplancton en una playa tropical, cumaná, estado sucre, venezuela. **Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela**, v. 46, n. 1, p. 13–21, 2007.

SALAZAR-GOMEZ, I. et al. Cambios diarios de la biomasa fitoplanctónica en la bahía de Mochima, Venezuela, durante la época de lluvia. **Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela**, v. 50, n. 1, p. 69–77, 2011.

SANTOS-WISNIEWSKI, M. J. et al. First record of the occurrence of *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925, an invasive species in the hydroelectricity power plant Furnas Reservoir, MG, Brazil. **Brazilian journal of biology**, v. 67, n. 4, p. 791–793, 2007.

SILVA, C. A. DA; Train, S.; Rodrigues, L. C. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica a jusante e montante do reservatório de Corumbá, Caldas Novas, Estado de Goiás, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 23, n. June 2016, p. 283–290, 2001.

TRENTIN, A. B. et al., 2016. Caracterização espectral das águas do Reservatório Passo Real – RS / BRASIL. n. June, 2016.

TUNDISI, J. G. Impactos ecológicos da construção de represas: aspectos específicos e problemas de manejo. **Limnologia e manejo de represas**, v. 1, p. 1–90, 1998.

TUNDISI, J. G.; Tundisi, T. M. **Limnologia**. [s.l.] Oficina de Textos, 2008.

## **CAPÍTULO I: Perfil da comunidade fitoplanctônica e a ocorrência de *Ceratium furcoides* (LEVANDER) LANGHANS 1925, em um ponto amostral do reservatório Passo Real, RS**

### **Resumo**

O fitoplâncton é uma comunidade de organismos microscópicos que possui grande importância ecológica e é adaptado a uma série de modificações ambientais. *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 é um dinoflagelado pertencente ao gênero *Ceratium*, encontrado em habitats marinhos que, nos últimos anos, está sendo considerado um organismo invasor em ambientes de água doce na América do Norte e Sul. Este trabalho tem por objetivo descrever um perfil da comunidade fitoplanctônica e a ocorrência de *C. furcoides* em um ciclo anual na coluna d'água no Reservatório Passo Real, Quinze de Novembro, RS. As amostras do fitoplâncton foram coletadas em uma estação de amostragem no reservatório de Passo Real, (-28.744702°S, -53.139704°W). As coletas contemplaram quatro estações climáticas (Inverno, Primavera, Verão e Outono), compostas por quatro amostragens diurnas com início às 9h00min, 13h00min, 16h00min e 18h00min em quatro profundidades da coluna d'água (sub-superfície, profundidade de desaparecimento do disco de Secchi (d. secchi), limite da zona eufótica e profundidade de 8 metros). Utilizou-se uma garrafa de Van Dorn de 5 L para coleta da água. As amostras foram concentradas *in situ* utilizando uma rede de plâncton de abertura de malha de 25 µm acondicionadas em frascos âmbar e preservadas com solução de Lugol a 1%. As variáveis abióticas foram medidas *in situ* e em laboratório com auxílio de aparelhos portáteis. A identificação taxonômica do fitoplâncton foi realizada utilizando bibliografia especializada. A quantificação do fitoplâncton foi realizada em microscópio invertido. Durante o período amostral houve uma grande migração da comunidade fitoplanctônica na coluna d'água. As amostragens revelaram diferenças nas densidades de células entre profundidades, horários e estações climáticas. Pode-se perceber que temperaturas elevadas da coluna d'água são fatores-chaves para a proliferação em massa do dinoflagelado *C. furcoides*.

Palavras chave: Fitoplâncton, dinoflagelado, espécie invasora.



## **CHAPTER I: Profile of the phytoplankton community and the occurrence of *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925, in a sampling point of the reservoir Passo Real, RS**

### **Abstract**

Phytoplankton is a community of microscopic organisms, of great ecological importance and adapted to several environmental modifications. *Ceratium furcoides* is a dinoflagellate of the genus *Ceratium* found in marine habitats but in recent years is being considered an invading organism in freshwater environments both in North and South America. This work aims to describe a profile of the phytoplankton community and the occurrence of *C. furcoides* in an annual cycle in the water column at Passo Real Reservoir, Quinze de Novembro, RS. Phytoplankton samples were collected from one sampling station in the reservoir (-28.744702°S, -53.139704°W) in the four seasons (Winter, Spring, Summer and Autumn) and four times each day: at 9:00 a.m., 1:00 p.m., 4:00 p.m. and 6:00 p.m. in four depths of the water column (sub-surface, depth of disappearance of the Secchi disk (d. secchi), limit of the euphotic zone and depth of 8 meters). A five litre Van Dorn bottle was used for water collection. Samples were concentrated in situ using a 25 µm mesh plankton net in amber flasks and preserved with 1% Lugol solution. The abiotic variables were measured in situ and in the laboratory with the aid of portable devices. The taxonomic identification of phytoplankton was performed using specialized bibliography. Phytoplankton quantification was performed in an inverted microscope. Migration of the phytoplankton community in the water column was observed during the study period. Cell density differed between depths, time of day and seasons. High temperatures in the water column were found as key factors causing intense blooms of the dinoflagellate *C. furcoides*.

Key words: Phytoplankton, dinoflagellate, invader.

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas os ecossistemas aquáticos vêm passando por diversos impactos ambientais através de ações antropogênicas diretas. Rodrigues et al. (2015) comentam que a interferência humana nos ecossistemas de água doce vem afetando severamente as suas características naturais físicas e biológicas, alterando a sua produtividade. Estes processos de interferências acarretam vários problemas globais para os ecossistemas aquáticos e afetam diretamente a comunidade fitoplanctônica.

O fitoplâncton é uma comunidade de organismos fotossintetizantes de grande importância ecológica, adaptada a modificações ambientais, sendo útil em estudos de monitoramento de processos presentes em reservatórios. Esta comunidade é composta de microalgas unicelulares, isoladas, pluricelulares ou coloniais, representa a base da cadeia alimentar e possui um papel fundamental na estrutura de ecossistemas aquáticos, tais como lagos e reservatórios (FERNANDES, 2005).

Estudos sobre a comunidade fitoplanctônica têm se tornado pauta de diversos trabalhos devido ao problema da eutrofização, definido pela quantidade excessiva de nutrientes em sistemas aquáticos. O desenvolvimento de florações de algas e a falta de transparência da água são alguns dos principais efeitos desse problema (RODRÍGUEZ-GÓMEZ & AKÉ-CASTILLO, 2015).

Um organismo que está sendo considerado invasor dos ecossistemas aquáticos brasileiros é o dinoflagelado *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans pertencente à classe Dinophyceae, ordem Gonyaulacales, família Ceratiaceae e gênero *Ceratium* Schrank (GUIRY, 2013). Nos últimos anos, registros apontam o aparecimento deste dinoflagelado em rios e reservatórios de todo o Brasil, no sudeste (SANTOS-WISNIEWSKI et al. 2007), (MATSUMURA-TUNDISI et al. 2010), nordeste (AQUINO et al. 2011) e regiões do sul (CAVALCANTE et al. 2016). No Rio Grande do Sul o primeiro registro de floração deste dinoflagelado foi no Reservatório de Itaúba (CASSOL et al. 2014).

Segundo Pires et al. (2012) os organismos pertencentes ao gênero *Ceratium* são considerados invasores em áreas subtropicais e com registro de sua presença em vários corpos d'água em todos os estados tróficos. Estes dinoflagelados promovem a diminuição da diversidade, competem com a

habilidade de floração das cianobactérias e têm a capacidade de se adaptar às variáveis ambientais colonizando frequentemente os ambientes aquáticos com maior temperatura, intensidade luminosa, fotoperíodo e uma estação climática favorável (MATSUMURA-TUNDISI et al. 2010).

As florações de *Ceratium* sp. não apresentam riscos de toxicidade, porém, podem trazer sérios riscos para o tratamento de água devido ao consumo de oxigênio dissolvido após a decomposição, comprometendo a qualidade da água e aumentando os custos do tratamento (MATSUMURA-TUNDISI et al. 2010). Elevadas densidades de células podem ser prejudiciais aos ecossistemas, causando vários impactos, tais como aumento de pH e prejuízos às espécies nativas.

A invasão desta espécie em ambientes aquáticos tem se tornado uma preocupação constante. Nos últimos anos vários registros foram feitos relatando as problemáticas que ocorrem no processo de conservação das paisagens naturais e principalmente aos programas de monitoramento das bacias hidrográficas destinadas ao consumo humano (EWERTS et al. 2013).

A migração vertical diária na coluna d'água é considerada um dos aspectos mais importantes e característicos do fitoplâncton, pois verifica-se a grande movimentação das microalgas nas diferentes profundidades dos ambientes aquáticos. Na última década, vários estudos foram realizados sobre o dinoflagelado *Ceratium furcoides*, mas este é o primeiro a estudar sua migração vertical diária em reservatórios em cascata no Rio Grande do Sul. Durante as florações, cianobactérias, tais como *Microcystis* spp. e certos dinoflagelados, apresentam migração vertical eficiente e possuem excelentes capacidades natatórias (WETZEL, 1993), facilitando o encontro de áreas com maior quantidade de recursos.

Estudos sobre a qualidade da água contribuem para o estabelecimento de políticas e estratégias de gerenciamento que podem ajudar, inclusive, na conservação dos recursos hídricos e espécies aquáticas.

Este trabalho procura descrever um perfil da comunidade fitoplanctônica presente, a ocorrência de *C. furcoides* e sua migração vertical na coluna d'água no reservatório Passo Real, Quinze de Novembro, RS, em um ciclo anual contemplado pelas quatro estações climáticas (inverno, primavera, verão e outono).

## MATERIAIS E MÉTODOS

O reservatório da UHE Passo Real localiza-se na porção centro-norte do estado do Rio Grande do Sul e seu perímetro é de 610,27 km. Constitui-se no maior reservatório das usinas hidrelétricas de concessão da Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica – (CEEE-GT), com 233,39km<sup>2</sup> de área (Tabela 1). A usina hidrelétrica de Passo Real está localizada no entorno dos municípios de Fortaleza dos Valos, Quinze de Novembro, Alto Alegre, Campos Borges, Ibirubá, Salto do Jacuí, Jacuizinho e Selbach. Sua potência efetiva é de 158 MW, altura mínima de 16,3 metros e máxima de 58 metros (CEEE, 2011).

As amostras do fitoplâncton foram coletadas em uma estação de amostragem (-28.744702°S, -53.139704°W) do reservatório de Passo Real, localizado no Município de Quinze de Novembro, RS (Figura 1). As coletas foram realizadas nas quatro estações climáticas do ano (Inverno – 09/09/2016, Primavera – 12/12/2016, Verão – 08/03/2017 e Outono – 01/05/2017), em quatro profundidades da coluna d'água (sub-superfície, profundidade de desaparecimento do disco de Secchi (d. secchi), limite da zona eufótica, estimado pela multiplicação do valor da profundidade do disco de Secchi por três (Esteves, 1998) e profundidade de 8 metros) e quatro horários (9h00min, 13h00min, 16h00min e 18h00min), perfazendo um total de 64 amostras.

As profundidades de coleta das amostras foram determinadas *in situ*, com auxílio de um disco de secchi que serve para medir a penetração vertical da luz solar na coluna d'água (transparência da água). Utilizou-se uma garrafa Van Dorn de 5L para a coleta da água. As amostras foram concentradas *in situ* utilizando uma rede de plâncton de abertura de malha de 25 µm, acondicionadas em frascos âmbar de 200 ml e preservadas com solução de Lugol a 1%.

O tempo de residência do reservatório foi calculado segundo (SPELLMAN, 2008), através da fórmula:

$$TRT = V / (Q \times 86.400)$$

Sendo V= volume útil do reservatório de Passo Real, calculado de acordo com os dados do Operador Nacional de Sistema Elétrico e o volume total do reservatório, considerado como constante 158200000 m<sup>3</sup>, Q= média da vazão (m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>) para cada mês também obtidos do banco de dados do Operador

Nacional de Sistema Elétrico, 86.400= número de segundos contidos em um dia.

Tabela 1. Características gerais do Reservatório Passo Real, RS.

	Passo Real
Ano de operação	1973
Área (Km <sup>2</sup> )	233,39
Perímetro (Km)	610,27
Potência (MW)	158
Volume total (hm <sup>3</sup> )	3,67
Profundidade média (m)	16,3
Profundidade máxima (m)	58
Zona eufótica média (m)	2,03
Tempo médio de residência (dias)	271

Fonte: CEEE, 2011.

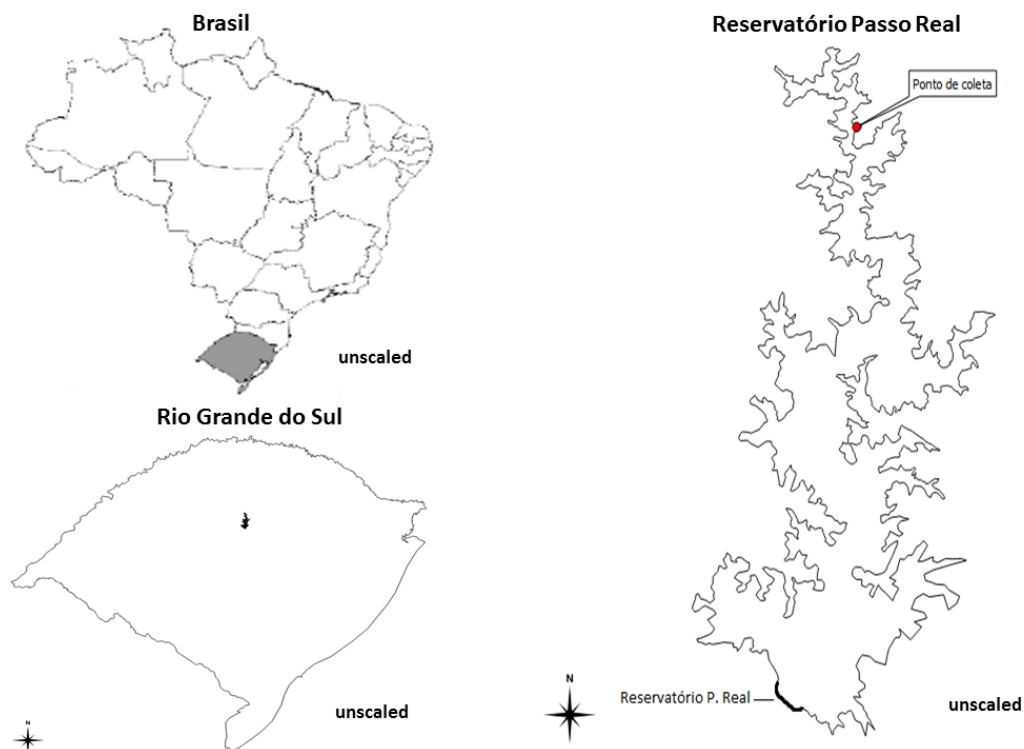


Figura 1. Mapa de localização do Reservatório Passo Real, RS

Para a caracterização das variáveis ambientais foram determinados *in situ* a temperatura, a qual foi medida com o auxílio de um termômetro portátil CBAK-370, transparência da água medida pelo disco de secchi, condutividade elétrica (CE) com condutímetro portátil QUIMIS Q795P e turbidez com turbidímetro portátil QUIMIS Q279P. Foram coletadas amostras extras em garrafas de 600 ml

e levadas a laboratório para determinação do pH com potenciômetro QUIMIS Q400AS. Os dados de precipitação pluvial foram obtidos da estação meteorológica de Ibirubá/RS - Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a qual fica distante 10 km do ponto de coleta.

A identificação taxonômica do fitoplâncton foi realizada para o nível de gênero de acordo com Bicudo & Menezes (2006) e infra genérico utilizando bibliografia especializada. Para as análises qualitativas foram confeccionadas lâminas temporárias, observadas em microscópio óptico Leica DM 750 em aumentos de até 1000 X. A quantificação do fitoplâncton foi realizada seguindo a metodologia de contagem descrita por Uthermöhl (1958) através de campos aleatórios obtendo uma média de 30 campos, utilizando microscópio invertido (Motic AE31). O biovolume foi calculado conforme fórmulas estabelecidas por HILLEBRAND et al. (1999) e SUN & LIU (2003).

A identificação de padrões na estrutura das comunidades, foi realizada através de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS), uma análise multivariada de ordenação que não utiliza pressupostos sobre o padrão de distribuição das variáveis estudadas. Vetores das variáveis limnológicas foram ajustados ao mapa bidimensional pela função Envfit. A matriz de similaridade baseada nas espécies do fitoplâncton foi calculada pelo índice de Bray-Curtis. Diferenças entre as estações climáticas, horários e profundidades foram verificadas através da análise de similaridade Anosim, calculada pelo índice de Bray-Curtis. A fim de identificar padrões espaciais e temporais na organização das variáveis ambientais foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA), por meio da matriz de correlação, considerando o nível de significância de  $p < 0,005$ . As análises multivariadas foram realizadas com o pacote Vegan (Oksanen et al., 2016) no ambiente computacional R versão 3.3.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016).

## RESULTADOS

### Variáveis abióticas

No decorrer do período amostral no reservatório Passo Real as variáveis abióticas sofreram alterações em seus valores entre as estações climáticas que foram amostradas. Durante o período amostral a precipitação teve como valor máximo 324,2 mm (Março/2017) e mínimo 15,4 mm (Junho/2016). A média mensal foi de 144,29 mm segundo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (Figura 2).

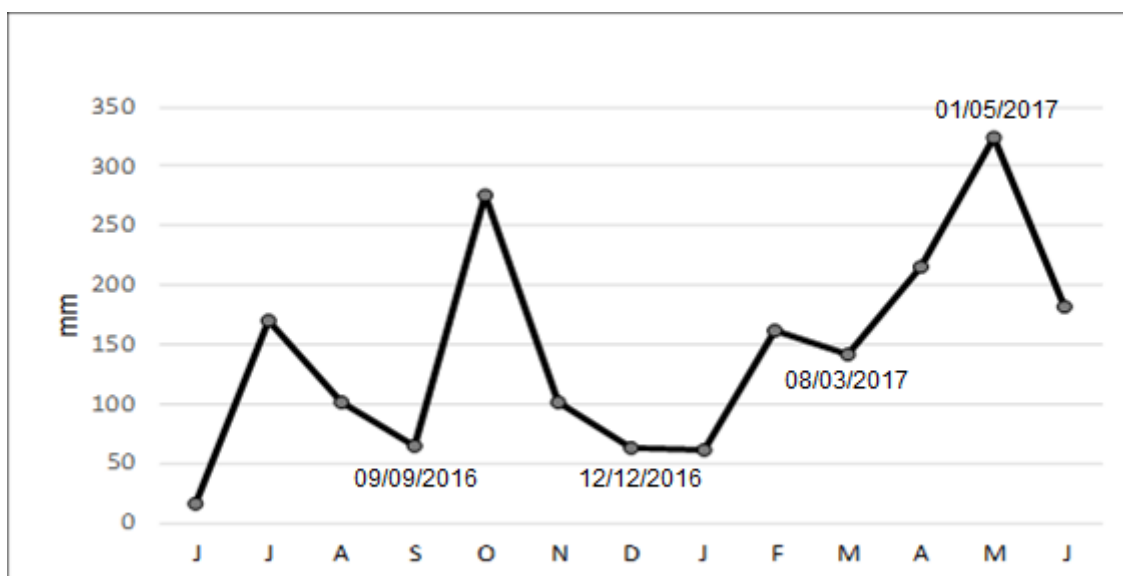


Figura 2. Precipitação total mensal no período de junho de 2016 a junho de 2017, obtidos na Estação Meteorológica de Ibirubá/RS, localizado em torno de 10 km do Reservatório de Passo Real.

Nos três meses que antecederam a primeira amostragem ocorreu um índice inferior de chuvas no ponto de coleta em relação ao período amostral, 15,4; 169,4; e 102,2 mm respectivamente. Durante o período amostral, o qual contemplou as quatro estações climáticas (Inverno, verão, outono e inverno), houve um alto índice de chuvas no Reservatório Passo Real, comparado ao ano anterior, totalizando 1875,8 mm de Junho de 2016 a Junho de 2017 segundo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Nos meses que contemplaram o período de coleta, entre Setembro/2016 a Maio/2017, os gradientes de temperaturas foram verificados em quatro profundidades da coluna d'água (sub-superfície, profundidade de disco de Secchi, limite da zona eufótica e profundidade de 8 metros) e quatro horários (9h00min, 13h00min, 16h00min e 18h00min). Este estudo da estrutura térmica

em um setor do reservatório Passo Real permitiu identificar as variações nos valores de temperaturas entre as estações climáticas amostradas. Durante a amostragem realizada no verão pôde-se perceber uma diferença de 3 °C entre as profundidades da coluna d'água e horários coletados (figura 3).

Os maiores valores de temperatura foram observados no verão (Março/2017 com 31,3°C) e os menores valores foram observados no outono (Abril/2017 com 17,80°C).

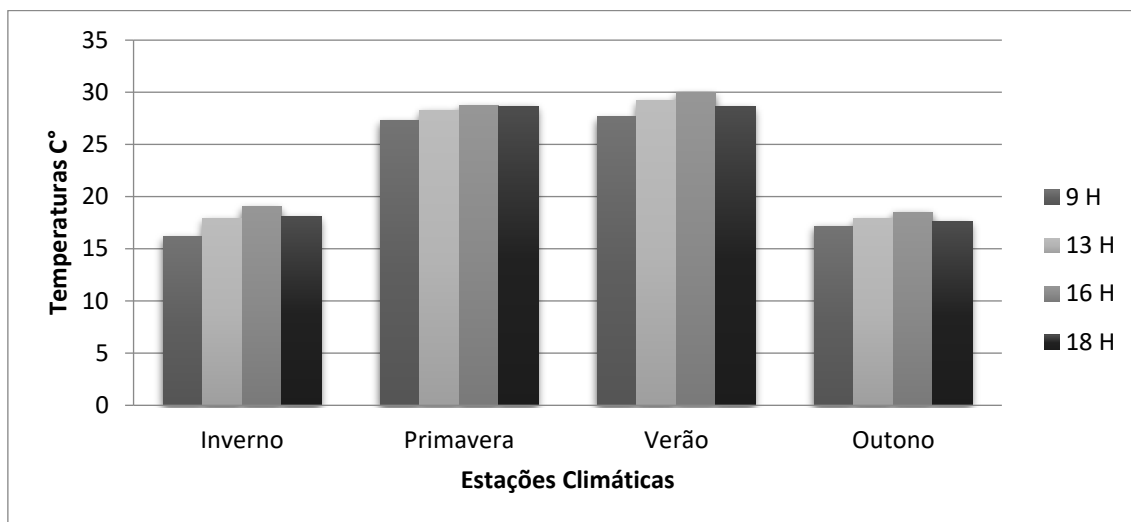


Figura 3. Temperaturas médias da coluna d'água do Reservatório de Passo Real nas quatro estações climáticas. Inverno: 09/09/2016; Primavera: 12/12/2016; Verão: 08/03/2017; Outono: 01/05/2017.

Foram verificados os valores das profundidades da zona eufótica em todas as datas de amostragem correspondendo a um ciclo das quatro estações. Em setembro de 2016, a profundidade de transparência da água medida pelo disco de secchi ficou entre 0,40 e 1,20 m. Os resultados do mês de dezembro de 2016 evidenciaram os maiores valores ficando entre 1,20 e 3,60 m. No mês de março de 2017 os valores continuaram entre 1,15 e 3,45 m. A transparência no mês de maio apresentou os menores valores ficando entre 0,20 e 0,60 m.

O reservatório Passo Real apresentou uma pequena diferença nos valores de pH durante o ciclo amostral, variando entre 5,11 a 6,83. Entretanto, no mês de dezembro de 2016 o ponto amostral teve uma alteração gradual nos valores ficando entre 8,58 e 9,17 (figura 4).



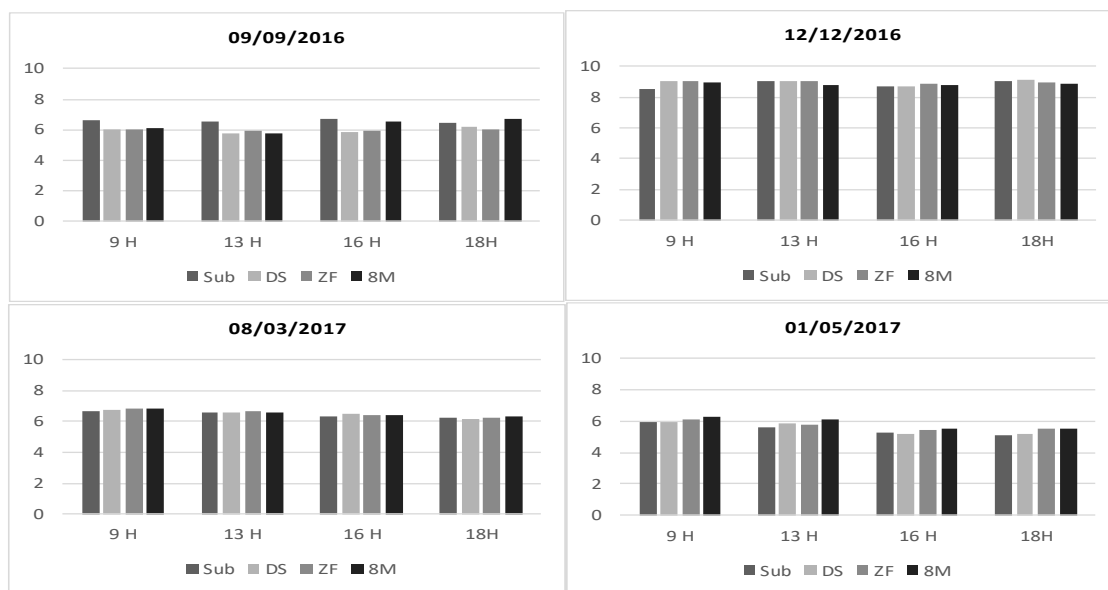


Figura 4. Valores do pH nas profundidades da coluna d'água no Reservatório de Passo Real, Eixo X – Profº da coluna d'água em metros, Eixo Y – Horários das amostragens, Sub – Sub-superfície; DS – Profº do disco de secchi; ZF – Limite inferior da zona eufótica e 8 m – Profundidade de 8 metros, em quatro estações climáticas. Inverno: 09/09/2016; Primavera: 12/12/2016; Verão: 08/03/2017; Outono: 01/05/2017.

Como pode se observar nas figuras 5 e 6, a condutividade elétrica e turbidez tiveram uma variação gradativa durante o período amostral no reservatório Passo Real. O processo de estratificação consiste na formação de camadas horizontais de água com diferentes densidades, estáveis, ordenadas de forma que as menos densas fluem sobre as mais densas, com um grau mínimo de mistura entre elas.

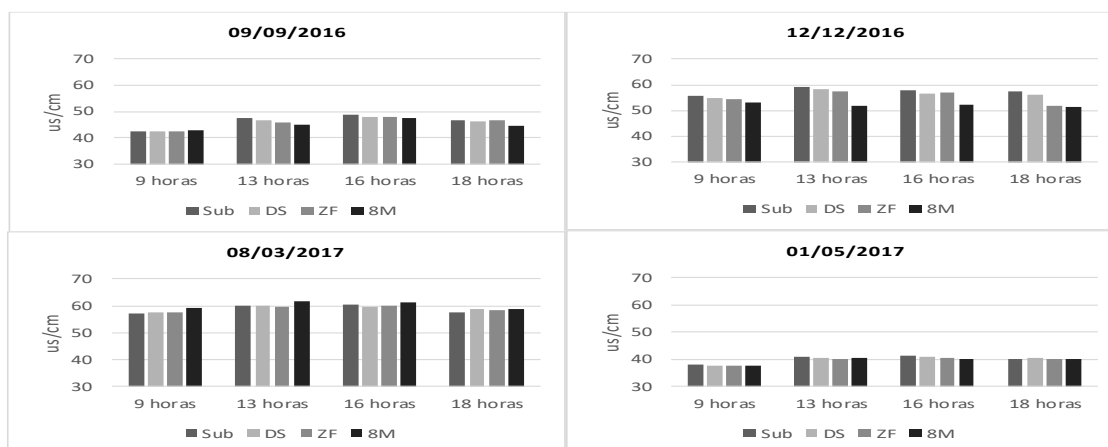


Figura 5. Condutividade elétrica (us/cm) nas profundidades da coluna d'água no Reservatório de Passo Real. Sub – Sub-superfície; DS – Profundidade do disco de secchi; ZF – Limite inferior da zona eufótica e 8 m – Profundidade de 8 metros, em quatro estações. Inverno: 09/09/2016; Primavera: 12/12/2016; Verão: 08/03/2017; Outono: 01/05/2017.

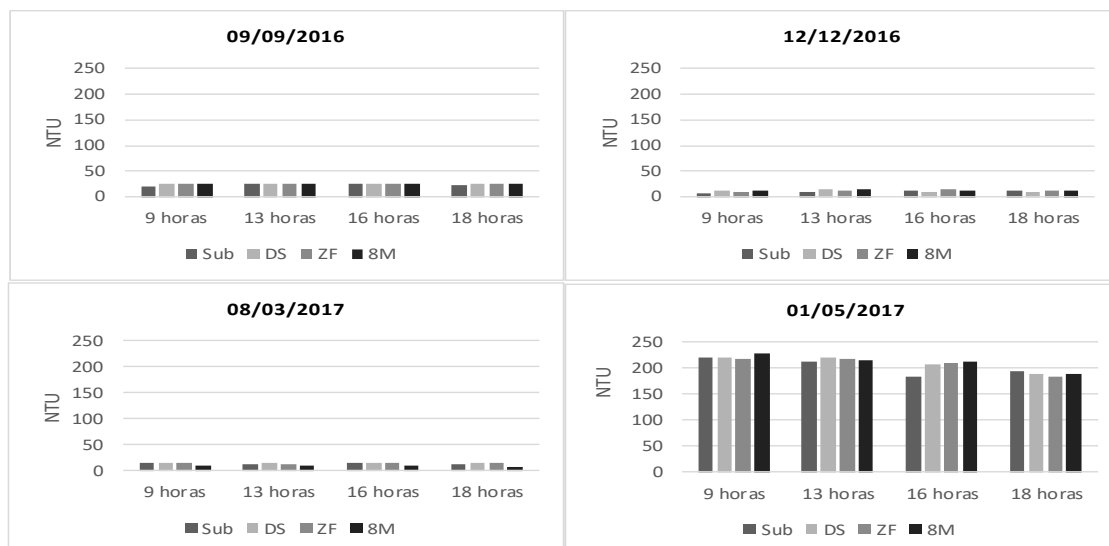


Figura 6. Turbidez (NTU) nas profundidades da coluna d'água no Reservatório de Passo Real, Sub – Sub-superfície; DS – Profundidade do disco de secchi; ZF – Limite inferior da zona eufótica e 8 m – Profundidade de 8 metros, em quatro estações climáticas. Inverno: 09/09/2016; Primavera: 12/12/2016; Verão: 08/03/2017; Outono: 01/05/2017.

### Comunidade fitoplanctônica

Durante o período amostral houve uma redução na riqueza de espécies do reservatório Passo Real. Foram identificadas 15 espécies e 04 gêneros planctônicos (tabela 2) distribuídos em seis classes como seguem: Dinophyceae 83,444%, Bacillariophyceae 1,984%, Conjugatophyceae 0,384%, Cyanobacteria 14,073%, Chlorophyceae 0,086% e Xantophyceae 0,029%.

Tabela 2 – Composição taxonômica da comunidade fitoplanctônica em quatro estações climáticas amostradas (Inverno, Primavera, Verão e Outono) e quatro profundidades (Sub – Sub-superfície, DS- Profundidade do disco de secchi, ZF- Limite da zona eufótica e 8M- Profundidade de 8 metros), no reservatório Passo Real, Quinze de Novembro, RS. Lista de espécies: **Alcg** - *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* (Otto Müller) Simonsen 1979, **Anaba** - *Anabaena* sp, **Anabcir** - *Anabaena circinalis* Rabenhorst ex Bornet & Flahault 1886, **Anabsol** - *Anabaena solitaria* Klebahn 1895, **Cfurc** - *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925, **Closac** - *Closterium acutum* Brébisson in Ralfs 1848, **Coelindi** - *Coelastrum indicum* W.B.Turner 1892, **Fragi** – *Fragilaria* sp, **Isthlobu** - *Isthmochloron lobulatum* (Nägeli) Skuja 1948, **Melova** - *Melosira varians* C.Agardh 1827, **Micraero** - *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing 1846, **Pedi** – *Pediastrum* sp, **Pedu** - *Pediastrum duplex* var. *gracillimum* West & G.S.West 1895, **Phorm** - *Phormidium* sp, **Scenec** - *Scenedesmus*

*ecornis* var. *disciformis* (Chodat) Chodat 1926, **Sneelli** - *Scenedesmus ellipticus* Corda 1835, **Staana** - *Staurastrum anatinum* Cooke & Wills 1881, **Stalept** - *Staurastrum leptocladum* var. *cornutum* Wille 1884, **Statetra** - *Staurastrum tetracerum* var. *irregulare* (West & G.S.West) A.J.Brook 1982. X marca a presença da espécie e - marca a ausência das espécies nas amostras do reservatório Passo Real.

#### Composição taxonômica da comunidade fitoplanctônica

Espécies	Inverno				Primavera				Verão				Outono			
	Sub	DS	ZF	8M	Sub	DS	ZF	8M	Sub	DS	ZF	8M	Sub	DS	ZF	8M
<i>Alcg</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Anaba</i>	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-	-	-	X	X	X	X
<i>Anabcir</i>	-	-	-	-	X	X	X	X	-	X	X	-	-	-	-	-
<i>Anabsol</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	X	-	-	-	-
<i>Cfurc</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Closac</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-	-	-
<i>Coelindi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Fragi</i>	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Isthlobu</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	X	-	-	-	-
<i>Melova</i>	X	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Micraero</i>	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
<i>Pedi</i>	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pedu</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	X	X	-	X	-
<i>Phorm</i>	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scenec</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sneelli</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-
<i>Staana</i>	-	-	-	-	X	-	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-
<i>Stalept</i>	-	-	-	-	-	X	-	-	X	X	X	X	X	-	-	-
<i>Statetra</i>	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-

No decorrer deste ciclo de amostragens pode-se perceber uma grande migração da comunidade fitoplanctônica na coluna d'água, variando entre as profundidades, horários e estações climáticas. A maior riqueza foi encontrada na terceira amostragem, realizada no dia 08/03/2017 (Verão), com dez táxons na sub-superfície da coluna d'água às 9h00min e a menor riqueza com um táxon no limite da zona eufótica às 16h00min (Figura 7).

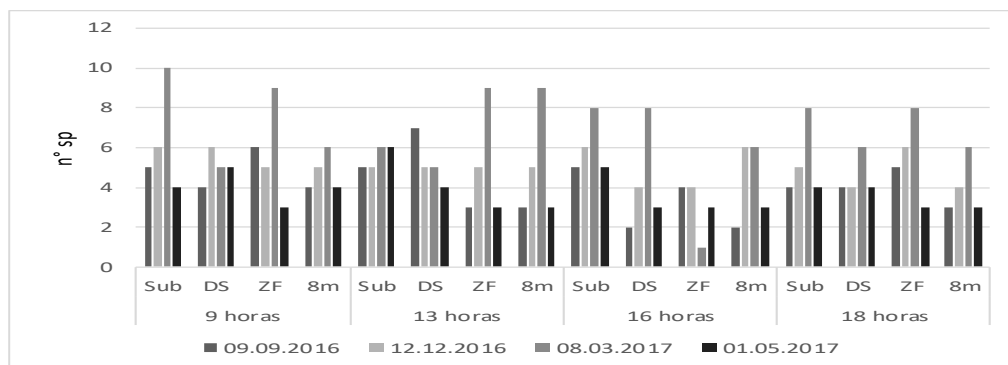


Figura 7. Riqueza de espécies em cada amostragem realizada no reservatório de Passo Real no período de setembro de 2016 a maio de 2017. Profundidades: Sub – Sub-superfície; DS – Profundidade do disco de secchi; ZF – Limite inferior da zona eufótica e 8 m – Profundidade de 8 metros.

Na Figura 8 é apresentado o mapa bidimensional do NMDS considerando os dados obtidos nas quatro amostragens realizadas no reservatório Passo Real. O mapa mostra um padrão sazonal na organização da comunidade fitoplanctônica associada aos vetores das variáveis limnológicas pela função Envfit e um valor de 0,17 de stress. Através deste mapa pode-se constatar uma separação das espécies por estação do ano. A amostragem realizada no verão esteve associada a maiores temperaturas, pH e condutividade elétrica. Na primavera houve um leve aumento da transparência da água, elevados valores de pH e temperatura que acarretaram uma maior concentração de células devido à alta densidade do dinoflagelado *Ceratium furcoides*, já no outono ocorreu um aumento nos valores de turbidez. As espécies presentes mostraram estar diretamente relacionadas às variáveis ambientais da coluna d'água nas diferentes profundidades amostradas.

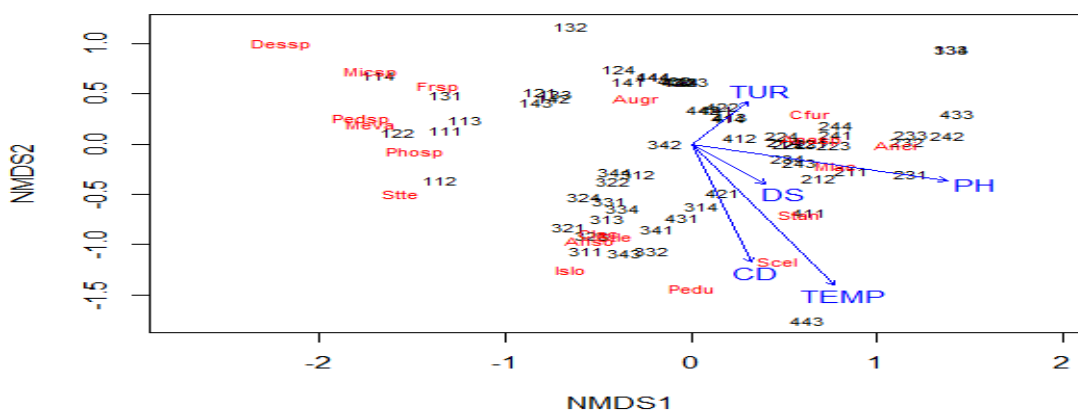


Figura 8. Diagrama de ordenação do escalonamento multidimensional não métrico (NMDS), utilizando dados da comunidade fitoplanctônica da represa de Passo Real no período de setembro de 2016 a maio de 2017, variáveis ambientais: CD: Condutividade elétrica; TEMP: Temperatura; DS: Disco de secchi. PH: pH; TUR: Turbidez.

O biovolume das classes fitoplanctônicas pode ser observado na figura 9. A classe Dinophyceae foi responsável por grande parte do biovolume algal no período amostral. As espécies de algas mais representativas em biovolume foram, por classe: Bacillariophyceae - *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* (Otto Müller) Simonsen 1979 e *Melosira varians* C. Agardh 1827, Cyanobacteria - *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing 1846, *Anabaena circinalis* Rabenhorst ex Bornet & Flahault 1886 e Dinophyceae: *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925.

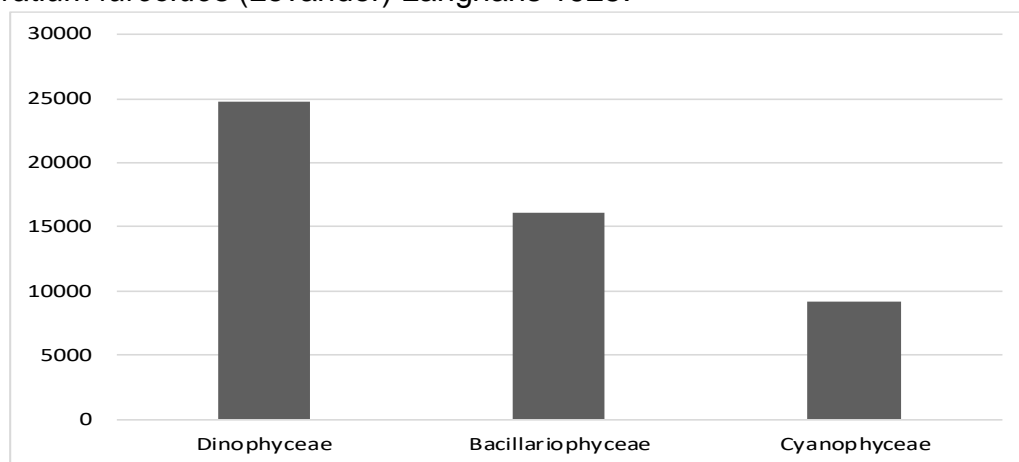


Figura 9. Biovolume ( $\mu\text{m}^3.\text{ml}^{-1}$ ) médio das classes fitoplanctônicas no reservatório de Passo Real durante o período setembro de 2016 a maio de 2017.

O teste de ANOSIM identificou diferenças entre as quatro estações climáticas amostradas ( $p=0,001$ ), as diferenças nos padrões espaciais verticais foram significativas (entre as profundidades e horários). As diferenças entre as densidades de células foram observadas entre as estações climáticas, horários e profundidades (Tabela 3). Diante das quatro saídas a campo realizadas, pôde-se perceber que o reservatório Passo Real apresenta um reduzido número de espécies no ponto amostral e dominância do dinoflagelado *C. furcoides* em todas as estações climáticas, horários e profundidades.

Tabela 3. Coeficientes de correlação ( $r$ ) e significância ( $p$ ) obtidos pelo teste de ANOSIM entre as Estações Climáticas, Horários e Profundidade no reservatório de Passo Real/RS.

	Estações Climáticas	Horários	Profundidades
$r$	0,581	0,226	0,164
$p$	0,001	0,001	0,001

### Floração de *Ceratium furcoides*

Durante o período amostral, variações na densidade celular do dinoflagelado *C. furcoides* foram perceptíveis (figura 10). As amostragens revelaram que temperaturas da coluna d'água elevadas são fatores-chave para o desenvolvimento em massa deste dinoflagelado. Conforme visto na figura 11, foram encontradas diferenças nas densidades de células entre as estações climáticas, horários e profundidades amostrados.

Nas quatro estações climáticas (Inverno, Primavera, Verão e Outono) este dinoflagelado esteve presente, variando em suas densidades de células. No inverno ocorreu redução em seu número de células ficando com apenas 16,86 cél·ml<sup>-1</sup> e uma temperatura média de 18 °C. Na primavera foram encontradas as maiores densidades, com 477,40 cél·ml<sup>-1</sup> e uma temperatura média de 28 °C, este elevado número de células é característico de uma floração. O desenvolvimento deste organismo, em geral sazonal, ou em caráter transitório, afeta diretamente este ecossistema aquático com o aumento da biomassa contida na coluna da água, alterando gradualmente as variáveis ambientais. No verão ocorreu um aumento no número de células mantendo-se com 102,7 cél·ml<sup>-1</sup> e como no inverno, o outono também apresentou uma forte redução no número de células ficando com apenas 10,21 cél·ml<sup>-1</sup> e uma temperatura média de 17,80 °C.

Este dinoflagelado tornou-se um organismo invasor na área estudada do reservatório Passo Real, pois em todas as estações climáticas que compuseram o período amostral, este esteve presente com um índice de dominância de 83,44% e um biovolume médio de 24771,56.

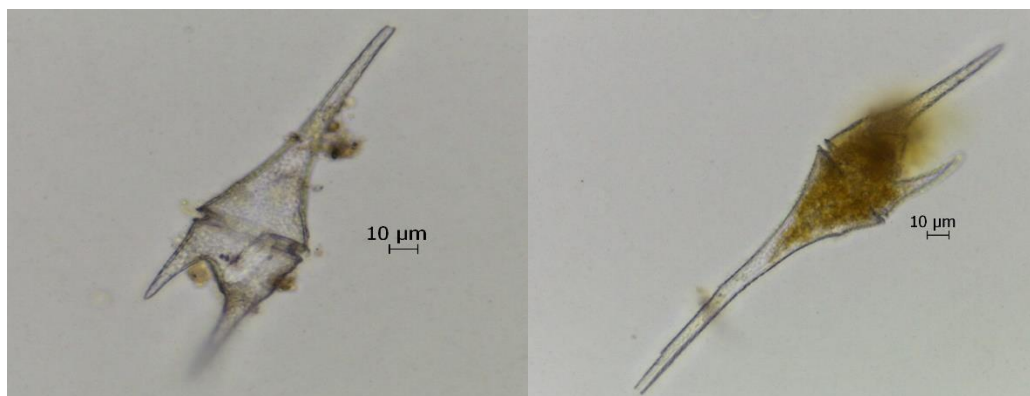


Figura 10. Morfologia do dinoflagelado *Ceratium furcoides* encontrado na represa Passo Real durante o período amostral.

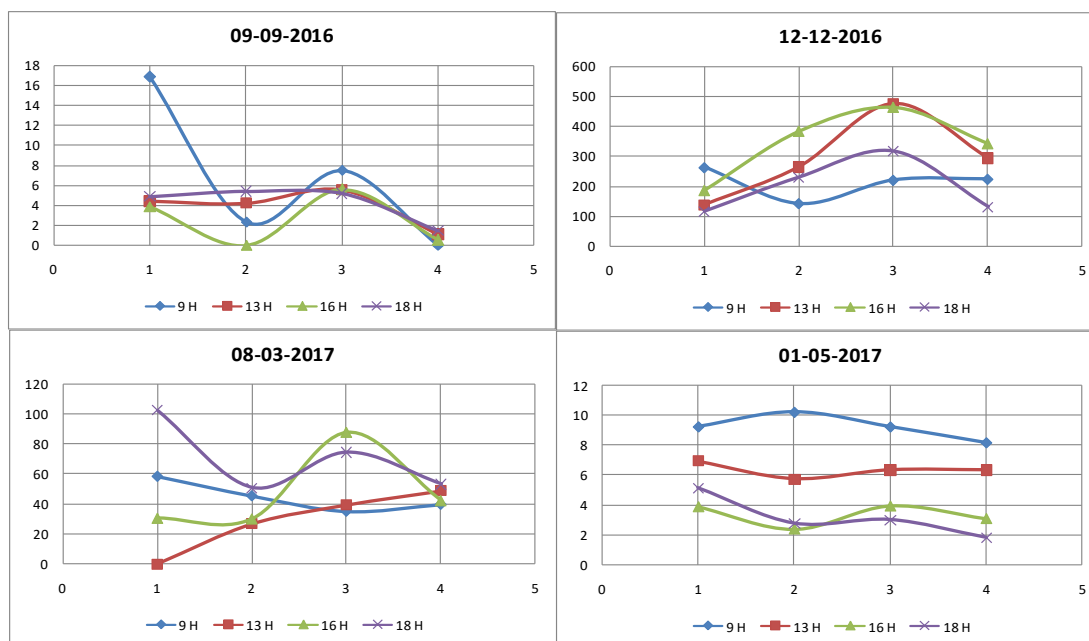


Figura 11. Densidade celular de *C. furcoides* correspondente às quatro amostragens realizadas (09/09/2016, 12/12/2016, 08/03/2017 e 01/05/2017), Unidade de densidade de células – cél/ml, n° 1,2,3, 4 – amostragens realizadas no reservatório Passo Real.

No decorrer deste estudo, pôde-se perceber uma grande movimentação de subida e descida da comunidade fitoplanctônica na coluna da água ao longo do dia conforme mostra a Figura 12.

Na amostragem realizada no dia 08/03/2017, correspondente ao verão ocorreu o maior índice de migração vertical deste dinoflagelado, onde às 9h00min estavam localizados na sub-superfície da água, posteriormente às 13h00min se deslocaram em maior quantidade para a profundidade de 8 metros, às 16h00min subiram em direção ao limite inferior da zona eufótica e às 18h00min voltaram para a sub-superfície da água, mostrando assim a grande migração vertical ao longo do dia neste ponto amostral. Nesta amostragem as temperaturas mantiveram-se uniformes, variando entre 26,6 a 31,3 °C entre as profundidades.

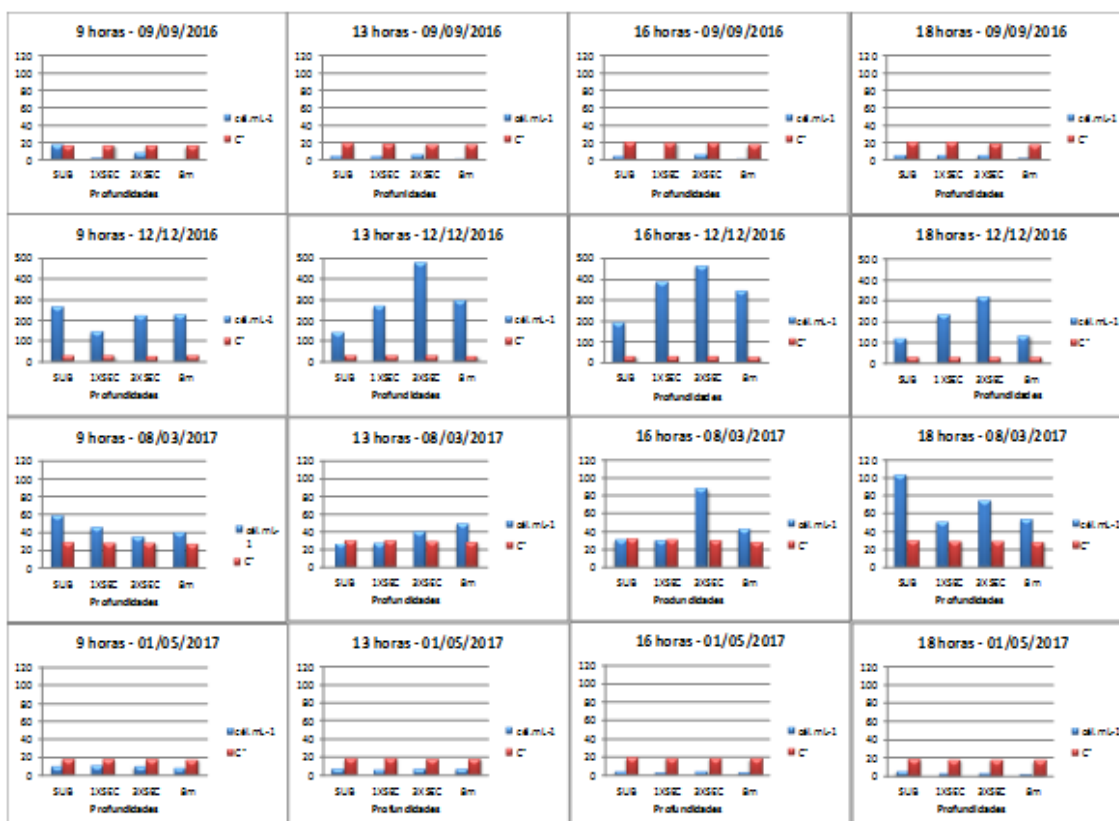


Figura 12. Densidade celular de *C. furcoides*, correspondente a sua migração vertical no período amostral e a temperatura da coluna d'água nas diferentes profundidades coletadas.

A análise de componentes principais (PCA) com os dados ambientais do reservatório Passo Real (tabela 4) apresentou uma variabilidade acumulada até o segundo eixo de 74%, sendo que 57% desta foi explicada no primeiro componente. No diagrama de dispersão (figura 13), as unidades amostrais seguiram um padrão de organização sazonal, sendo *C. furcoides*, pH, turbidez e riqueza, as variáveis melhor correlacionadas com o eixo 1. Para realizar a PCA foram utilizadas todas as unidades amostrais referentes às amostras coletadas nas quatro estações climáticas do ano.

Tabela 4. Valores de significância dos eixos da análise de componentes principais (PCA) no Reservatório Passo Real.

Passo Real			
		PC1	PC2
Scores	Autovalor	2,00	1,10
	Proporção explicativa	0,57	0,17
	Proporção cumulativa	0,57	0,74



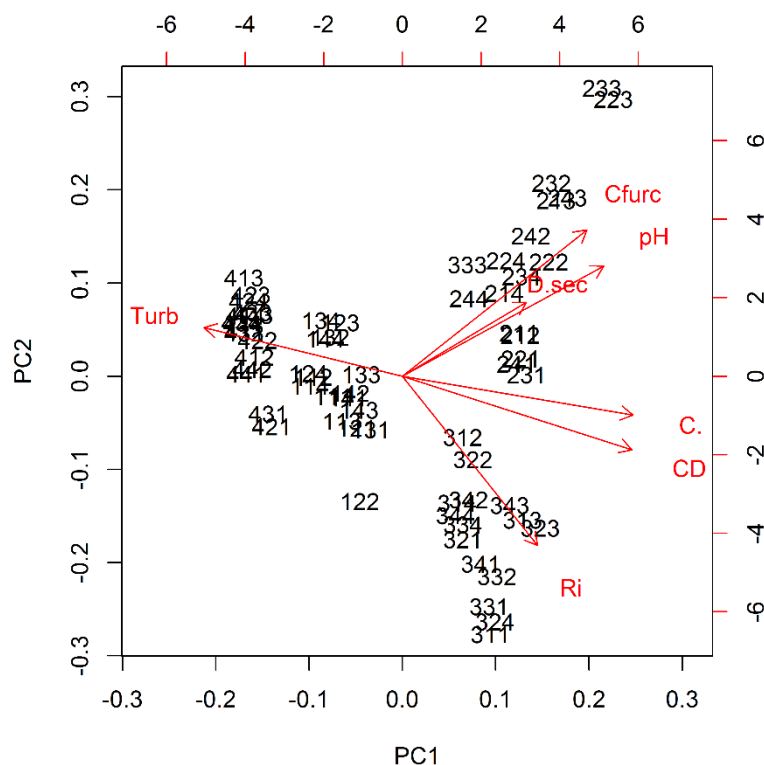


Figura 13. Diagrama da de dispersão da análise de Componentes com os dois primeiros eixos da ordenação. C.furc: *C. furcoides*; C°: Temperatura da água; Turb: Turbidez; D.sec: Disco de Secchi; Ri: Riqueza; pH: pH; CD: Condutividade elétrica;

## DISCUSSÃO

As variáveis abióticas medidas na represa tiveram mudanças gradativas durante as amostragens. As temperaturas da coluna d'água foram as que mais alteraram, mantendo-se entre 17,80 a 28,85 °C. No inverno as temperaturas da coluna d'água entre as profundidades e horários não sofreram mudanças drásticas, a temperatura média entre as profundidades foi de 18 °C, favorecendo assim o desenvolvimento de espécies típicas como *A. granulata* var. *granulata* com elevada taxa de reprodução (REYNOLDS et al. 2002).

A transparência da água apresentou valores inferiores durante o período de chuvas (0,20 e 0,60 cm) ocorrido nos dias anteriores à amostragem correspondente ao outono. Estes resultados corroboram com os de Santiago (2004), que encontrou menores valores durante o período chuvoso no Rio Pisa Sal, Galinhos, Rio Grande do Norte, atribuindo isso ao aumento da turbidez devido à grande movimentação da coluna d'água.

Ao longo do período amostral pôde-se constatar que a composição fitoplanctônica variou nas diferentes estações do ano. Segundo Melo et al. (2011) a dissimilaridade entre as comunidades aumenta com a distância temporal. Durante as quatro amostragens foi possível correlacionar o aumento na riqueza de espécies com um aumento nos índices de pluviosidade. Estas hipóteses também foram comprovadas por Pessoa et al. (2017) no açude Santa Cruz, Rio Grande do Norte. A maior riqueza de espécies foi vista na amostragem realizada no verão com uma média de 6,87 táxons, corroborando estudos realizados por Baratieri et al. (2014) no Canal do Linguado, litoral norte de Santa Catarina.

A comunidade fitoplanctônica da represa de Passo Real apresentou uma baixa riqueza de espécies, quando comparado com o trabalho de Cassol (2014), a qual encontrou um total de 148 espécies no reservatório de Itaúba e Ernestina, e Sondatelli et al. (2010), os quais encontraram 242 espécies na Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) da Universidade de Caxias do Sul (UCS). Durante as quatro amostragens realizadas na represa de Passo Real, duas espécies predominaram as amostras, *Anabaena circinalis* Rabenhorst ex Bornet & Flahault 1886 com 11,55% e *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 com 83,44%, este dinoflagelado tornou-se um organismo invasor neste ecossistema.

As classes fitoplanctônicas Dinophyceae e Bacillariophyceae estiveram em maior biovolume no reservatório Passo Real, associadas à maior temperatura da água e um leve aumento na transparência. Verificou-se que na primavera ocorreu uma elevada densidade de células de *C. furcoides*, formando assim uma floração destes organismos. Segundo Kuzmina (1972), López-Baluja (1980) temperaturas da coluna d'água entre 25 e 32°C são consideradas como fator determinante para a proliferação deste dinoflagelado.

Em 43,75% das amostras a presença de *C. furcoides* foi mais elevada na sub-superfície do ponto amostral da represa. Segundo Gil et al. (2012), *C. furcoides* é uma espécie fortemente influenciada pela disponibilidade de luz. Vale ressaltar que estudos revelam que aumentos das populações de *Ceratium* estão diretamente relacionados com o maior enriquecimento de nutrientes (NISHIMURA, 2012).

O dinoflagelado *C. furcoides* esteve presente em todos os horários e profundidades amostrados, ou seja, com uma forte presença neste sistema. É considerado um organismo permanente, encontrado nas quatro estações

climáticas em águas transparentes com temperaturas elevadas. Estas evidências também foram vistas no lago Quebrada na Argentina, segundo Periotto et al. (2007). A temperatura média do período amostral foi de 23,22 °C com pH básico, facilitando assim o aparecimento desta espécie na represa. Os valores de temperatura média corroboram os de Campanelli et al. (2017) em um lago de piscicultura localizado no interior de São Carlos (SP, Brasil).

As densidades de *C. furcoides* variaram entre as profundidades e horários de todo o período amostral e a floração deste organismo se deu na primavera, com temperatura média de 28,23 °C, ideal para sua proliferação. Segundo Mooney & Cleland (2001) & Catford et al. (2012), temperatura do ar e da água elevadas podem levar a alterações nas variáveis abióticas (pH, condutividade e turbidez) podendo prejudicar o ambiente aquático. A elevada concentração de células do dinoflagelado *C. furcoides* na primavera pode ter promovido o aumento dos valores de pH, permanecendo entre 8,58 e 9,17 e tornando o ambiente alcalino. Estes valores também foram vistos em uma floração de *C. furcoides* no reservatório Maestra e Faxinal no município de Caxias do Sul/RS (CAVALCANTE et al. 2016).

O elevado tempo de residência da água do reservatório Passo Real foi considerado um fator chave na dinâmica da represa, assim como na bacia do rio São Francisco (Cardoso et al. 2017) e nos reservatórios do rio Paranapanema (Ferrareze & Nogueira, 2006). O alto número de células de *C. furcoides* pode estar relacionado ao alto tempo de residência da água neste reservatório e às características climáticas locais de alta temperatura e radiação solar.

O teste de Anosim ( $p=0,001$ ) revelou que houve diferenças na riqueza e na dominância de espécies nas amostragens realizadas, estes dados estão em consonância com os de Baratieri et al. (2014) no Canal do Linguado, litoral norte de Santa Catarina.

Foi encontrada uma correlação significativa entre a abundância de células de *C. furcoides* e as variáveis ambientais (pH e turbidez) nas diferentes profundidades e horários coletados no verão, corroborando estudos de Cavalcante et al. (2016). O elevado biovolume deste dinoflagelado coincidiu com os maiores valores de turbidez e temperaturas da coluna d'água, conforme a análise de componentes principais (PCA). Nas diferentes profundidades estes fatores ambientais foram mais elevados, facilitando assim o aparecimento deste

organismo, fato também mostrado por Silva et al. (2012).

Durante o período amostral pôde-se perceber a grande oscilação da densidade de células deste dinoflagelado, variando gradativamente entre as profundidades amostradas (sub-superfície, profundidade de disco de Secchi, limite da zona eufótica e profundidade de 8 metros) nas quatro estações. Estas profundidades que foram amostradas concordam com os estudos de Rodrigues et al. (2012), onde foram obtidos os perfis de profundidade em diferentes locais do reservatório Dona Francisca/RS. Os maiores índices de transparência da água influenciaram o aumento da densidade de células de *C. furcoides* e apresentaram uma temperatura média de 18 °C. Além disso, Cassol (2014) observou em seu trabalho que temperaturas próximas a 20 °C podem ser favoráveis para o seu desenvolvimento.

O movimento de migração vertical do dinoflagelado *C. furcoides* vem sendo estudado desde as décadas de 1960 e 1970 por diversos pesquisadores, tais como Prado (1968) e Moreira (1973), os quais realizaram pesquisas no estado de São Paulo, mais precisamente no largo de Santos. *C. furcoides* realiza migrações diurnas verticais, especialmente em busca de lugares mais propícios para a absorção de nutrientes (Morales, 2016). Em especial o dinoflagelado *C. furcoides* apresenta características que auxiliam nos seus movimentos de migração entre as profundidades. Durante estas amostragens pôde-se perceber que a migração vertical de *C. furcoides* nem sempre coincidiu com as horas de maior variação de intensidade luminosa, pois este dinoflagelado deveria migrar para a sub-superfície quando a radiação solar fosse mais elevada, mostrando assim que nem sempre a luz é o fator chave para este processo.

Neste ponto amostral da represa ocorre o desague de três rios (Ingai, Jacuí Mirim e Jacuí), os quais têm seus cursos em áreas de atividade agrícola da região, recebendo diretamente despejos de agroquímicos. Estes causam uma relevante degradação ambiental para este ambiente. Segundo Kramer (2009), o reservatório Passo Real recebe influência da matéria orgânica, tendo como consequência a oxidação e a elevação dos níveis de pH da água. Segundo Spadotto et al. (2004) os processos bioquímicos podem atingir diretamente os microrganismos e seres vivos que dependem diretamente do ecossistema aquático afetado.

## CONCLUSÃO

A comunidade fitoplanctônica do reservatório Passo Real apresentou um perfil com uma baixa riqueza de espécies no período amostral. A elevada densidade de *C. furcoides* está relacionada ao aumento da temperatura da coluna d'água, pH e estratificação térmica. Na primavera se deu a floração deste dinoflagelado e o número de células teve um aumento significativo comparado com as outras estações climáticas. Os valores de pH foram os que mais variaram durante o período amostral, mostrando assim, que a elevada densidade celular modifica as variáveis abióticas do ponto amostral. A migração vertical de *C. furcoides* na coluna d'água durante o dia, mostra que o mesmo possui uma excelente locomoção, fazendo o movimento de subida e descida na coluna d'água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUINO, E. P. et al. Fitoplâncton de uma lagoa de estabilização no Nordeste do Brasil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 15, n. 1, p. 71–77, 2011.
- BARATIERI, L. Z. et al. Dominância de Fitoplâncton no Canal do Linguado, litoral norte de Santa Catarina com ênfase em espécies nocivas, **4º Seminário de Pesquisa, Extensão e Inovação do IFSC**, SEPEI, Setembro, 2014.
- Bicudo, Carlos E. de M., and Mariângela Menezes. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. Rima, 2006.
- CAMPANELLI, L. C. et al. Record of the occurrence of dinoflagellate *Ceratium furcoides* in a fish farming lake located in the countryside of São Carlos (SP, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, n. August, p. 426–427, 2017.
- CARDOSO, A.S., et al. "Análise da presença do fitoplâncton em bacia integrante do Projeto de Integração do Rio São Francisco, região semiárida, Nordeste brasileiro." *Engenharia Sanitária e Ambiental* 22.2 (2017).
- CASSOL, A. P. V. Impacto da espécie invasora *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 em duas represas do Alto Jacuí, RS. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia - Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, p.90, 2014.
- CASSOL, A. P. V et al. First record of a bloom of the invasive species *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 in Rio Grande do Sul state, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 2, p. 515–517, 2014.
- CATFORD, J. A. et al. Quantifying levels of biological invasion: towards the objective classification of invaded and invulnerable ecosystems. **Global Change Biology**, v. 18, n. 1, p. 44–62, 2012.

CAVALCANTE, K. P. et al. Towards a comprehension of *Ceratium* (Dinophyceae) invasion in Brazilian freshwaters: autecology of *C. furcoides* in subtropical reservoirs. **Hydrobiologia**, v. 771, n. 1, p. 265–280, 2016.

CEEE. Plano de uso e ocupação do solo no entorno do reservatório da UHE Passo Real. p. 1–262, 2011.

EWERTS, H.; SWANEPOEL, A.; DU PREEZ, H. H. Efficacy of conventional drinking water treatment processes in removing problem-causing phytoplankton and associated organic compounds. **Water SA**, v. 39, n. 5, p. 739–749, 2013.

FERNANDES, 2005. **Comunidades fitoplanctônicas em ambientes lênticos**. Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados. Curitiba: Finep, p. 303 – 366, 2005.

GIL, C. B. et al. Spatial and temporal change characterization of *Ceratium furcoides* (Dinophyta) in the equatorial reservoir Riogrande II, Colombia. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n. 2, p. 207–219, 2012.

GUIRY, M. D. AlgaeBase. World-wide electronic publication. <http://www.algaebase.org>, 2013.

HILLEBRAND, H. et al. Biovolume Calculation for Pelagic and Benthic Microalgae. **Journal of Phycology**, v. 35, n. 2, p. 403–424, 1999.

KRAMER, G. Avaliação espaço-temporal das relações entre ecossistemas Terrestre e aquático: estudo de caso da bacia da UHE Passo Real da região sul do Brasil. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências - Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, 2009.

KUZMINA, A. I. Fitoplancton de verano del Golfo de Tonkin (en ruso). **Instituto de Zoología de la Academia de Ciencias de la URSS**, p. 198–209, 1972.

LÓPEZ-BALUJA, L. **Distribucion fitogeografica de Ceratium furca (Ehrenberg) claparade y lachmann var. hircus (Schroder) margalef (dinoflagellatae peridinidae)**, Instituto de Oceanologia, 1980.

MATSUMURA-TUNDISI, T. et al. Occurrence of *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 bloom at the Billings Reservoir, São Paulo State, Brazil. **Brazilian journal of biology**, v. 70, n. 3, p. 825–829, 2010.

MELO, A. S. et al. Focusing on variation: methods and applications of the concept of beta diversity in aquatic ecosystems. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 23, n. 3, p. 318–331, 2011.

MOONEY, H. A.; Cleland, E. E. The evolutionary impact of invasive species. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 98, n. 10, p. 5446–5451, 2001.

MORALES, E. A. Floración de *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans (Dinoflagellata, Dinophyceae) en la represa de La Angostura, Cochabamba, Bolivia. **Acta Nova**, v. 7, n. 4, p. 389–398, 2016.

MOREIRA, G.S. 1973. On the diurnal vertical migration of hydromedusae off Santos, Brazil. *Publs Seto mar. biol. Lab.* 20: 537-566.

NISHIMURA, P. Y. **A comunidade fitoplanctônica nas represas Billings e Guarapiranga (Região Metropolitana de São Paulo)**, Universidade de São Paulo, 2012.

OKSANEN, J. et al. **Vegan: Community Ecology Package**. R package version 2.4-3. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>. 2016.

PERIOTTO, M. et al. **Estudio de Ceratium hirundinella en El Embalse La Quebrada, Córdoba, Argentina**. International Congress on Development Environment and Natural Resources: Multi-level and Multi-scale Sustainability. Cochabamba, Bolívia, 2007

PESSOA, E. et al. Variações temporais dos parâmetros limnológicos , os grupos frequentes e índices biológicos da comunidade fitoplanctônica do açude Santa Cruz , Rio Grande do Norte , Brasil. p. 59–64, 2017.

PIRES, D. A. et al. Ocorrência de *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 em Reservatórios do Estado de São Paulo, SP - Brasil. **XIV Congresso Brasileiro de Ficologia**, 2012.

PRADO, M. S. Distribution and annual occurrence of Chaetognatha off Cananéia and Santos coast (São Paulo, Brazil). **Boletim do Instituto oceanográfico**, v. 17, n. 1, p. 33–55, 1968.

R DEVELOPMENT CORE TEAM 2016. R: A **language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

REYNOLDS, C. S. et al. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **Journal of plankton research**, v. 24, n. 5, p. 417–428, 2002.

RODRIGUES, L. M., SCHWARZBOLD A., OLIVEIRA, M. A., "Variação temporal e espacial do reservatório Dona Francisca (rio Jacuí, Estado do Rio Grande do Sul), um reservatório subtropical." *Acta Scientiarum*". **Biological Sciences**, 34.3 (2012): 279-288.

RODRIGUES, L. C. et al. Phytoplankton alpha diversity as an indicator of environmental changes in a neotropical floodplain. **Ecological Indicators**, v. 48, p. 334–341, 2015.

RODRÍGUEZ-GÓMEZ, AKÉ-CASTILLO, O. **Revisión del estudio del fitoplancton en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano**. v. 2, n. 8, p. 178–191, 2015.

SANTOS-WISNIEWSKI, M. J. et al. First record of the occurrence of *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925, an invasive species in the hydroelectricity power plant Furnas Reservoir, MG, Brazil. **Brazilian journal of biology**, v. 67, n. 4, p. 791–793, 2007.

SANTIAGO, M. F. **Ecologia do fitoplâncton de um ambiente tropical hipersalino (Rio Pisa Sal, Galinhos, Rio Grande do Norte, Brasil)**. 2004. 136f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2004.

SOLDATELLI, V.F. & SCHWARZBOLD, A. 2010. Comunidade fitoplanctônica em lagoas de maturação, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, 65: p. 75-86.

SPADOTTO, C. A. et al. Monitoramento do risco ambiental do agrotóxicos: princípios e recomendações. **Embrapa Meio Ambiente**, v. 42, p. 29, 2004.

SPELLMAN, F. R. **The Science of water: Concepts and applications**. [s.l: s.n.]. v. 21

SUN, J.; LIU, D., Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, v. 25, n. 11, p. 1331–1346, 2003.

UTHERMÖHL, H., 1958. On the perfecting of quantitative phytoplankton method. *International Association of Theoretical and Applied Limnology Commun*, vol. 9, p. 1-38.

WETZEL, R. G. **Limnología**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. vol. 14, 1993.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo das amostragens o reservatório Passo Real apresentou características sazonais, os fatores abióticos tiveram variações em todas as estações do ano (inverno, primavera, verão e outono). A comunidade fitoplanctônica teve um aumento na riqueza de espécies comparado com uma maior precipitação pluviométrica na estação climática do verão. Os valores de pH básicos, temperaturas da água entre 25 e 30°C são fatores que auxiliaram no florescimento de *C. furcoides* na represa. Os valores de biovolume mostram que ocorreu uma drástica redução na riqueza de espécies em todas as quatro estações climáticas.

Este estudo mostra a importância de serem realizados monitoramentos periódicos neste reservatório, pois no seu entorno estão ocorrendo vários impactos ambientais (mudanças na paisagem, construções de condomínios residenciais e empreendimentos que poderão prejudicar ainda mais este espaço amostral.