



PRIMEIRO REGISTRO DA ESPÉCIE INVASORA *Ceratium furcoides* (LEVANDER) LANGHANS 1925 (DINOPHYCEAE) NO LAGO PARANOÁ, DISTRITO FEDERAL

Paula dos Reis Chaves Roriz^{1*}, Bruno Dias Batista² & Bárbara Medeiros Fonseca¹

¹ Universidade Católica de Brasília, Laboratório de Biodiversidade Aquática, Sala M204, QS 07, Lote 01, EPCT, CEP 71966-700, Taguatinga, DF, Brasil.

² Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal, SAIN, A/E, S/N, ETA Brasília, Laboratório Central Módulo B, Plano Piloto, CEP 70260-000, Brasília, DF, Brasil.

E-mails: paula.roriz@live.com (*autor correspondente); brunobio@gmail.com; barbara.fonseca0603@gmail.com

Resumo: Dinoflagelados do gênero *Ceratium* são considerados invasores em águas doces da América do Sul. Desde os anos 2000, os registros em reservatórios têm se tornado frequentes, principalmente aqueles relacionados à *C. furcoides*. Este trabalho objetivou analisar a distribuição espacial e temporal (seca e chuva) de *C. furcoides* no Lago Paranoá, Distrito Federal, na fase inicial de sua colonização, relacionando os dados populacionais e morfológicos da espécie com variáveis limnológicas. As amostras foram coletadas a um metro de profundidade, em três pontos diferentes do Lago Paranoá (A, C e D), entre agosto de 2016 e agosto de 2017. A densidade foi mais alta durante os meses de setembro e outubro de 2016, com o valor máximo de 207 ind.mL⁻¹ no ponto de maior estado trófico no mês de outubro (Ponto A). Entretanto, não houve variação significativa da densidade na escala espacial nem temporal. O biovolume celular, porém, foi maior no período de seca. De modo geral, a densidade de *C. furcoides* esteve correlacionada positivamente com oxigênio dissolvido, pH, fósforo total e clorofila *a*, e negativamente com N-NH₃. Já o biovolume celular correlacionou-se positivamente apenas com o N-NH₃, e negativamente com temperatura, oxigênio dissolvido, pH e clorofila *a*. Análise de regressão linear mostrou relação negativa significativa entre a densidade e o biovolume celular. A ocorrência contínua de *C. furcoides* ao longo dos meses amostrados e nos três pontos estudados, mesmo em períodos de floração de cianobactérias, sinaliza seu avanço pela bacia hidrográfica do Paraná e o potencial de estabilização desta população no Lago Paranoá, reforçando a importância do seu monitoramento neste reservatório.

Palavras-chaves: autoecologia; dinoflagelado; fitoplâncton; invasão biológica; variáveis limnológicas

FIRST RECORD OF THE INVASIVE SPECIES *Ceratium furcoides* (LEVANDER) LANGHANS 1925 (DINOPHYCEAE) IN LAKE PARANOÁ, FEDERAL DISTRICT. Dinoflagellates of the genus *Ceratium* are considered invasive species in South American freshwaters. Since the 2000s, records in reservoirs have become frequent, mainly related to *C. furcoides*. This work aimed to analyze the spatial and temporal (rainy and dry seasons) distribution of *C. furcoides* in Lake Paranoá, Federal District, in its initial colonization phase, relating populational and morphological data with limnological variables. Samples were collected at one meter depth, at three different sites of Lake Paranoá (A, C and D), from August 2016 to August 2017. Density was higher during September and October 2016, with the maximum value of 207 ind.mL⁻¹ at the site with greater trophic status in October (site A). However, there was no significant variation among sites or months. Cell biovolume was higher during the dry season nevertheless. In general, density of *C. furcoides* was positively related to dissolved oxygen, pH, total phosphorus and chlorophyll *a* and negatively to N-NH₃.

Cell biovolume, on the other hand, was positively related only to N-NH₃ and negatively to temperature, dissolved oxygen, pH and chlorophyll *a*. Linear regression analysis showed significant negative relation between density and cell biovolume. The continuous occurrence of *C. furcoides* throughout the sampled months and at the three studied sites, even during cyanobacterial blooms, signals its spread across Paraná watershed and the potential for population stabilization at Lake Paranoá, reinforcing the importance of monitoring at this reservoir.

Keywords: autoecology; biological invasion; dinoflagellate; limnological variables; phytoplankton.

INTRODUÇÃO

Dinoflagelados do gênero *Ceratium* F. Schrank, 1793 têm recebido destaque na literatura por serem considerados invasores em águas doces na América do Sul (Boltovskoy *et al.* 2013), em especial as espécies *Ceratium hirundinella* (O. F. Müller) Schrank e *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans (Cavalcante *et al.* 2013, 2016). No Brasil, *C. furcoides* foi primeiramente observado por Santos-Wisniewski *et al.* (2007) no reservatório de Furnas, no Estado de Minas Gerais, Brasil. Desde então, a presença deste dinoflagelado tem sido reportada com frequência em diferentes ambientes aquáticos continentais brasileiros (Matsumura-Tundisi *et al.* 2010, Silva *et al.* 2012, Moreira *et al.* 2015, Nishimura *et al.* 2015, Oliveira *et al.* 2016, Crossetti *et al.* 2018, Silva *et al.* 2018). Em vários dos exemplos citados, a espécie esteve associada a episódios de floração cujas consequências variam desde mudanças na estrutura da comunidade zooplânctônica, morte de peixes e invertebrados, à deterioração da qualidade da água (Hart & Wragg 2009). Apesar de não tóxicos, estes dinoflagelados são impalatáveis devido à sua morfologia e, sua presença em grandes quantidades pode ser prejudicial ao ambiente pelo esgotamento de recursos e redução do oxigênio (Matsumura-Tundisi *et al.* 2010). Além disso, *Ceratium* é reconhecido como causador de sabor e odor à água, sendo também responsável por situações indesejadas ao sistema de abastecimento, como problemas de reserva, distribuição e tratamento, causando o encarecimento do processo (Van Der Walt 2011, Almeida *et al.* 2016, Morales 2016). Isto porque os tratamentos convencionais de água não são adequados sob altas densidades de *Ceratium*, uma vez que sua presença pode interromper processos de coagulação, floculação e sedimentação, além de provocar o entupimento dos filtros (Ewerts *et al.* 2013).

O sucesso da colonização de um novo habitat pelo fitoplâncton requer que as espécies alcancem o ambiente por meio de dispersão passiva; que as interações interespecíficas – tais como herbivoria, parasitismo e competição – não impeçam o seu estabelecimento; e que as condições ambientais correspondam aos limites de tolerância intrínsecos à espécie (Naselli-Flores & Padisák 2016). Cavalcante *et al.* (2016) atribuem o sucesso invasivo de *Ceratium* em ambientes de água doce a características como (i) mixotrofia, a qual possibilita que estes organismos obtenham seus requerimentos nutricionais em condições de deficiência e esgotamento de nutrientes inorgânicos; (ii) habilidade de natação, permitindo a movimentação vertical na coluna d'água em busca de microhabitats favoráveis; (iii) impalatabilidade, acarretado uma baixa pressão de herbivoria pelo zooplâncton devido ao seu tamanho e forma e (iv) formação de cistos, que proporciona a sobrevivência, manutenção das florações e a capacidade de dispersão destas espécies. Almanza *et al.* (2016) também adicionam a plasticidade fenotípica de *C. furcoides* como uma vantagem no estabelecimento e formação de florações por lhes permitir gerar um grande número de indivíduos de menor tamanho e menos ornamentados durante as florações.

De acordo com Havel *et al.* (2005), reservatórios atuam como trampolins na dispersão de espécies exóticas, aumentando a conectividade dos sistemas aquáticos e facilitando a dispersão passiva por proporcionarem novos habitats para organismos que não se mantêm em ambientes com forte fluxo unidirecional. Zaburlín *et al.* (2016) apresentaram um modelo do potencial de distribuição de *C. furcoides* na América do Sul, com base em registros já realizados e variáveis ambientais climáticas, hidrológicas e topográficas, de modo a verificar a relação entre as localidades em que esta espécie

está presente e as características ambientais da região, extrapolando para regiões de condições similares. Com isto, observou-se que os ambientes de maior susceptibilidade à invasão de *C. furcoides* apresentam temperatura média anual entre 18°C e 22°C. Desta maneira, regiões subtropicais e temperadas da América do Sul apresentam alta vulnerabilidade, especialmente nas bacias do Rio da Prata, do Paraná, do Atlântico Sul e do Uruguai. No entanto, os autores salientam que outros fatores, como variáveis limnológicas, podem limitar e até excluir a presença deste dinoflagelado. Alguns estudos relacionam a presença e abundância da população de *C. furcoides* ao aumento do tempo de residência e à estabilidade térmica do reservatório (Zaburlín *et al.* 2014, Bustamante-Gil *et al.* 2012). Enquanto outros vinculam a mistura vertical da coluna d'água ao desenvolvimento de florações deste dinoflagelado, a desestratificação favorece a ressuspensão de nutrientes e de cistos do sedimento para a coluna d'água que, atreladas à boa iluminação, favorecem o aumento da biomassa do fitoplâncton (Matsumura-Tundisi *et al.* 2010, Morales 2016).

O Lago Paranoá, localizado no Distrito Federal, é um reservatório urbano de usos múltiplos, inaugurado em 1959 e monitorado regularmente desde sua criação. Até o ano de 2016, dinoflagelados do gênero *Ceratium* nunca haviam sido registrados na região. Diante do potencial invasivo do gênero, este estudo teve como objetivo analisar a distribuição espacial e temporal de *C. furcoides* em três pontos do Lago Paranoá na fase inicial de sua colonização, relacionando os dados populacionais e morfológicos da espécie com as variáveis limnológicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O Lago Paranoá (15°48'S, 47°47'W) compõe a Região Hidrográfica do Paraná e está localizado dentro do perímetro urbano da cidade de Brasília, na região Centro-Oeste do Brasil, a uma altitude aproximada de 1000 m (Figura 1). Possui área superficial de 38 km², volume de cerca de 498 milhões de metros cúbicos e profundidades máxima e média de 40 m e 13 m, respectivamente; o tempo de retenção é de

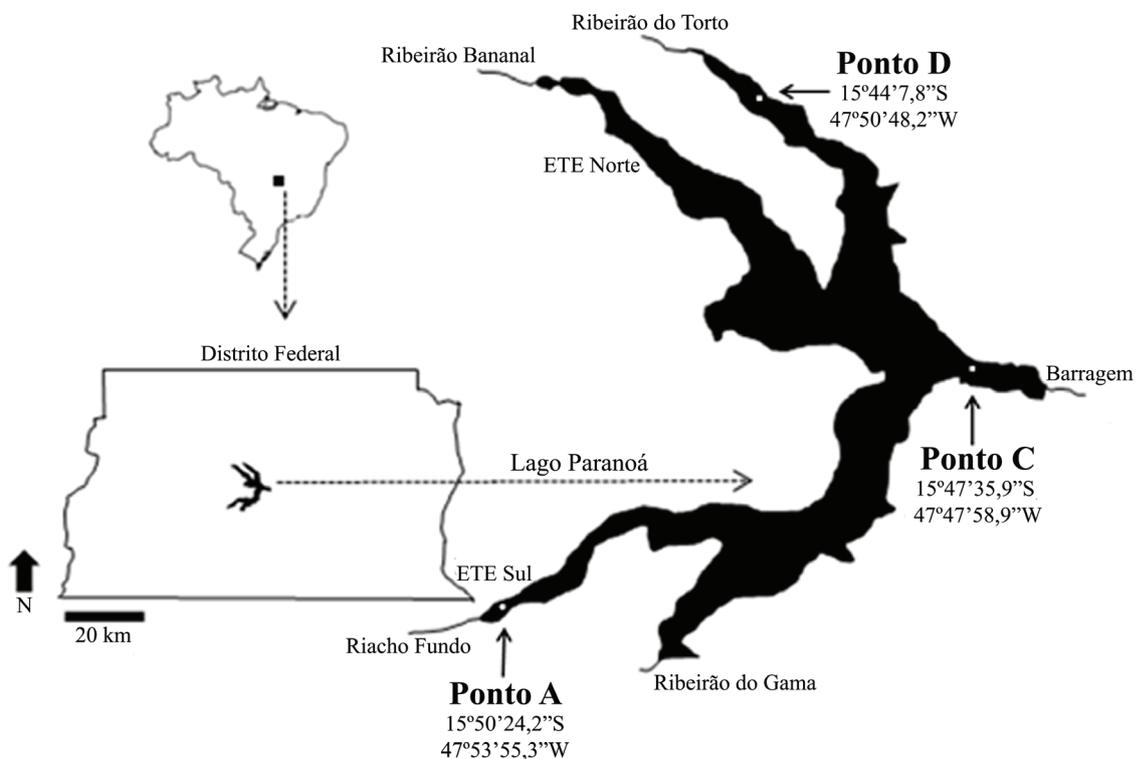


Figura 1. Localização dos pontos de coleta no Lago Paranoá, Distrito Federal, Brasília, Brasil. Adaptado de Batista & Fonseca (2018).

Figure 1. Sampling points in the Lake Paranoá, Federal District, Brasília, Brazil. Adapted from Batista & Fonseca (2018).

aproximadamente 299 dias (Branco & Senna 1994). Este reservatório apresenta formato irregular com quatro braços, correspondendo aos seus tributários: Riacho Fundo, Ribeirão do Torto, Ribeirão Bananal e Ribeirão do Gama, além de receber efluentes de estações de tratamento de esgoto e águas de drenagens pluviais da região. O clima da região apresenta duas estações bem definidas: verão quente e chuvoso (outubro-abril) e inverno seco e frio (maio-setembro), sendo classificado como tropical de Savana (Aw) de acordo com Köppen.

Coleta e análise das amostras

As coletas foram realizadas pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), de agosto de 2016 a agosto de 2017 (com exceção ao mês de abril, em que não houve coleta em nenhum dos pontos), a 1m de profundidade, em três diferentes locais, identificados como pontos A, C e D. O ponto A fica próximo à Ponte das Garças (15°50'24,2" S, 47°53'55,3" W, datum SIRGAS2000), na região de influência da Estação de Tratamento de Esgoto Sul (ETE Sul). O ponto C localiza-se na região central do Lago (15°47'35,9" S, 47°47'58,9" W, datum SIRGAS2000) e o ponto D, na região norte do Lago (15°44'7,8" S, 47°50'48,2" W, datum SIRGAS2000), onde atualmente se encontra em operação uma Estação de Tratamento de Água de caráter emergencial, em funcionamento desde outubro de 2017, para o abastecimento da população em função da crise hídrica ocorrida no Distrito Federal naquele ano (Lacerda 2017) (Figura 1). Segundo dados internos da CAESB, a profundidade aproximada nos pontos A, C e D é de, respectivamente, 5,5 m, 22,0 m e 6,8 m. Os dados pluviométricos do período de amostragem, assim como a série histórica desde 1971, foram obtidos no Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (ANA 2018).

As amostras para análise qualitativa foram coletadas com a utilização de rede de plâncton (45µm) e fixadas em formaldeído a 4%. Tais amostras atualmente compõem a coleção de algas e cianobactérias do Laboratório de Biodiversidade Aquática da Universidade Católica de Brasília, onde foram analisadas. As amostras brutas destinadas à análise quantitativa foram coletadas com garrafa de Ruttner e preservadas em lugol acético. Os dados das variáveis limnológicas do período de estudo (temperatura, oxigênio dissolvido, transparência,

pH, turbidez, condutividade elétrica, fósforo total (PT), nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e clorofila *a*) foram fornecidos pela CAESB. As metodologias utilizadas seguiram APHA (2012).

Análise dos dados

A identificação taxonômica do dinoflagelado foi realizada com auxílio de microscopia eletrônica de varredura (MEV) (Šťastný & Kouwets 2012). A partir das amostras qualitativas, calculou-se o biovolume celular (expresso em µm³) com base nas medidas de dez espécimes de cada mês dos três pontos (sempre que possível), ao microscópio óptico Olympus BX41 equipado com sistema de captura de imagens (Programa QCapture Pro, versão 6.0.0.412; QImaging), sob aumento de 400x. Foi aplicada neste estudo a mesma equação para o cálculo de volume celular de *Ceratium* citada em programas de monitoramento da Europa (INAG 2011), já utilizada também em amostras de ambientes brasileiros (Cavalcante *et al.* 2016). A análise quantitativa seguiu o método clássico de Utermöhl (1958), ao microscópio invertido ZEISS Axiovert 40 CFL, em cubetas de sedimentação de 25 mL, sob aumento de 400x. A contagem das amostras foi realizada em transectos até serem contabilizados 120 campos. Os resultados foram expressos em densidade (ind.mL⁻¹) e biovolume populacional (mm³.L⁻¹), este último calculado multiplicando-se a densidade pelo biovolume celular médio dos indivíduos da respectiva amostra.

Foi aplicada estatística descritiva às variáveis limnológicas e aos dados de *Ceratium*, separando-os por local de amostragem e por período sazonal (chuva e seca). Análise de Componentes Principais (PCA) utilizando nove variáveis limnológicas em matriz de covariância também foi realizada, com os dados transformados pela sua amplitude de variação ["ranging" = (X-Xmin)/(Xmax -Xmin)]. Diferenças estatísticas entre os meses e os locais amostrados foram testadas por meio de ANOVA 2-fatores. Na escala temporal, os meses foram agrupados em dois blocos: um correspondente aos meses de chuva (outubro a março) e outro correspondente aos meses de seca (maio a setembro). A relação de dependência entre o biovolume celular e a densidade foi avaliada por meio de regressão linear. Por fim, a relação entre cada uma das variáveis abióticas e a densidade e o biovolume celular de *C. furcoides* foi analisada por meio do coeficiente

de correlação de Pearson, após os dados serem transformados por \log_{10} (com exceção dos dados de pH e oxigênio dissolvido, os quais já apresentavam distribuição normal). As análises estatísticas foram realizadas no programa PAST (Hammer *et al.* 2001). Os dados foram considerados estatisticamente significativos quando $p < 0,05$.

RESULTADOS

Variáveis abióticas e clorofila a

Em relação à pluviosidade no período amostrado, o mês mais chuvoso foi novembro de 2016, superando a média histórica (Figura 2). Entretanto, as chuvas estiveram abaixo da média em 75% dos meses, sugerindo um padrão atípico.

Com exceção da transparência, as variáveis turbidez, condutividade, nutrientes (P e N) e clorofila *a* apresentaram maiores valores no ponto A (Tabela 1, Figura 3). Todas as variáveis citadas apresentaram diferenças significativas para o fator espaço (ANOVA 2-fatores) (Tabela 1). Quanto ao fator tempo, diferenças significativas foram

encontradas para as variáveis temperatura, pH, turbidez, condutividade elétrica, transparência e N-NH₃; as três primeiras foram maiores no período chuvoso, enquanto as três últimas, nos meses de seca. Com relação à interação entre os dois fatores, resultados significativos foram encontrados apenas para transparência e condutividade elétrica.

A Análise de Componentes Principais (PCA) (Figura 4) explicou 72% da variação dos dados nos dois primeiros eixos; o eixo 1 (43%) representou o gradiente espacial, e o eixo 2 (29%), o gradiente temporal. Na ordenação do primeiro eixo, o diagrama da PCA apresentou uma clara distinção entre as amostras do ponto A em relação aos pontos C e D quanto à concentração de nutrientes; as variáveis mais importantes foram PT ($r = 0,92$), turbidez ($r = 0,89$) e transparência ($r = -0,86$). No segundo eixo, evidenciou-se a variação sazonal; de modo geral, agruparam-se os pontos dos meses de setembro a fevereiro (primavera/verão), associados à temperatura e ao pH, e de março a agosto (outono/inverno), associados a maiores concentrações de N-NH₃; pH ($r = 0,88$), N-NH₃ (r

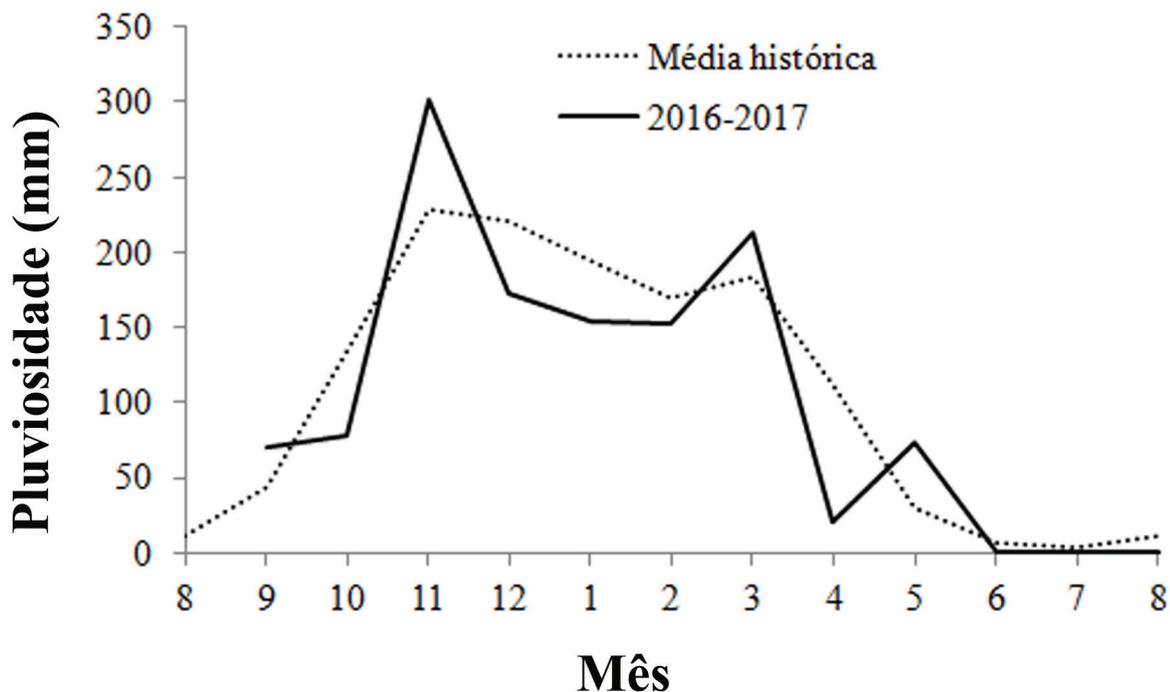


Figura 2. Pluviosidade mensal (mm) no Lago Paranoá (DF, Brasília, Brasil) durante os meses de agosto/2016 a agosto/2017; a média histórica do período também é apresentada (Estação ETE Sul).

Figure 2. Pluviosity (mm) at Lake Paranoá (Federal District, Brasília, Brazil) from August/2016 to August/2017; the historical mean is also presented (ETE Sul Station).

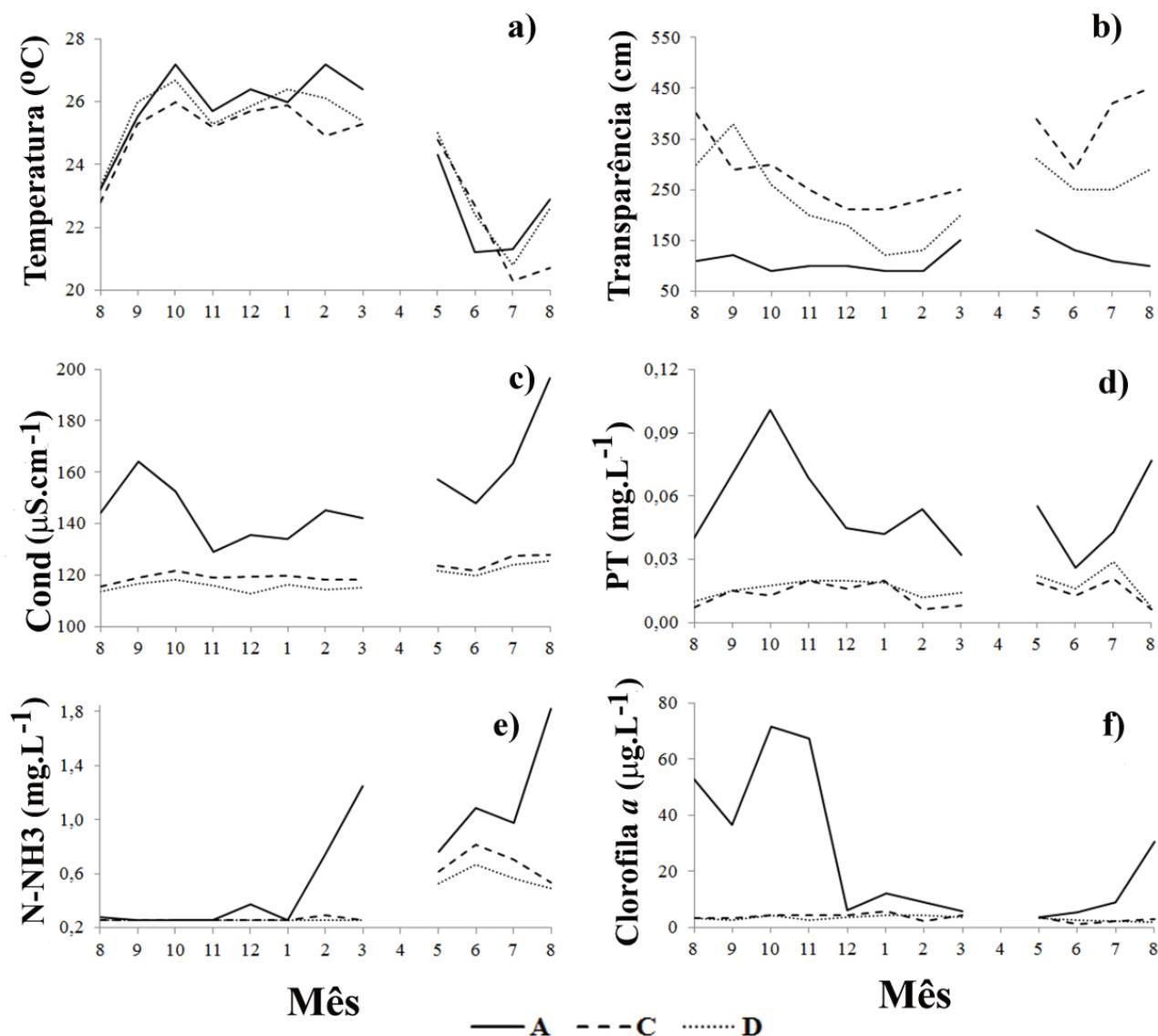


Figura 3. Variáveis limnológicas dos pontos A, C e D do Lago Paranoá (DF, Brasília, Brasil) durante os meses de agosto/2016 a agosto/2017. (Cond = condutividade elétrica; PT = fósforo total).

Figure 3. Limnological variables of sites A, C and D at Lake Paranoá (Federal District, Brasília, Brazil) from August/2016 to August/2017. (Cond = electrical conductivity; PT = total phosphorus).

= -0,83) e temperatura ($r = 0,77$) apresentaram os maiores coeficientes de correlação com o eixo 2. Tal separação temporal coincidiu também com as estações de chuva (outubro a abril) e de seca (maio a setembro), respectivamente, exceto pelos meses de setembro e março, que seriam períodos de transição.

Ceratium

As imagens de microscopia eletrônica de varredura confirmaram a identificação dos indivíduos como *C. furcoides* (Figura 5). A densidade de *C. furcoides*

no Lago Paranoá variou de 6 ind.mL⁻¹ (pontos C e D, chuva) a 45 ind.mL⁻¹ (Ponto A, chuva) (Tabela 1). O biovolume populacional, por sua vez, variou de 0,4 a 2,0 mm³.L⁻¹, nestes mesmos locais. Na escala temporal, a densidade foi mais alta durante os meses de setembro e outubro de 2016 em todos os pontos, com destaque para o pico observado no ponto A em outubro, com o valor máximo de 207 ind.mL⁻¹ (Figura 6a). Não houve, porém, variação estatisticamente significativa da densidade e do biovolume populacional em nenhuma das escalas testadas (espacial e temporal) (Tabela 1). Quanto à relação

Tabela 1. Média e desvio padrão de variáveis abióticas e bióticas dos pontos A, C e D no Lago Paranoá (DF, Brasília, Brasil), durante as estações de chuva e de seca (agosto/2016 a agosto/2017). ANOVA 2-fatores: ns = não significativo; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,001$.

Table 1. Mean and standard deviation from abiotic and biotic variables of sites A, C and D at Lake Paranoá (Federal District, Brasília, Brazil), during rainy and dry seasons (August/2016 to August/2017). 2-way ANOVA: ns = not significant; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,001$.

Variável	Ponto A		Ponto C		Ponto D		Fator 1:	Fator 2:	Interação
	chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca	(AxCxD)	(chuva x seca)	
Temperatura (°C)	26,5 ± 0,6	23,1 ± 1,7	25,5 ± 0,4	22,8 ± 2,0	26,0 ± 0,6	23,3 ± 1,9	ns	**	ns
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	7,2 ± 1,2	6,8 ± 0,7	7,2 ± 0,7	7,2 ± 1,1	7,4 ± 0,1	7,4 ± 0,9	ns	ns	ns
Transparência (cm)	103,3 ± 23,4	123,3 ± 25,0	241,7 ± 33,7	373,3 ± 67,7	181,7 ± 51,5	296,7 ± 48,0	**	**	*
pH	7,9 ± 0,6	7,2 ± 0,2	8,2 ± 0,3	7,7 ± 0,4	8,1 ± 0,3	7,7 ± 0,2	*	**	ns
Turbidez (NTU)	7,7 ± 2,2	4,7 ± 1,3	1,9 ± 0,2	1,0 ± 0,2	3,4 ± 0,7	1,6 ± 0,5	**	**	ns
Condutividade elétrica (µS.cm ⁻¹)	139,8 ± 8,6	162,2 ± 18,7	119,3 ± 1,2	122,5 ± 4,8	115,4 ± 1,9	120,2 ± 4,6	**	*	*
Fósforo total (mg.L ⁻¹)	0,057 ± 0,025	0,052 ± 0,019	0,014 ± 0,006	0,014 ± 0,006	0,017 ± 0,003	0,017 ± 0,008	**	ns	ns
N-NH3 (mg.L ⁻¹)	0,474 ± 0,402	0,813 ± 0,582	0,212 ± 0,015	0,480 ± 0,233	0,206 ± 0,000	0,411 ± 0,170	*	*	ns
Clorofila a (µg.L ⁻¹)	28,7 ± 31,7	22,9 ± 20,1	4,2 ± 1,1	2,7 ± 0,8	3,9 ± 0,7	2,6 ± 0,5	*	ns	ns
<i>Ceratium</i> (densidade) (ind.mL ⁻¹)	45 ± 80	11 ± 13	6 ± 10	11 ± 10	6 ± 9	7 ± 12	ns	ns	ns
<i>Ceratium</i> (biovolume da população) (mm ³ .L ⁻¹)	2,0 ± 3,3	0,6 ± 0,7	0,4 ± 0,6	0,7 ± 0,7	0,4 ± 0,5	0,4 ± 0,8	ns	ns	ns
<i>Ceratium</i> (biovolume celular) (1000.µm ³)	58 ± 14	69 ± 19	60 ± 13	73 ± 18	63 ± 12	68 ± 15	ns	**	ns

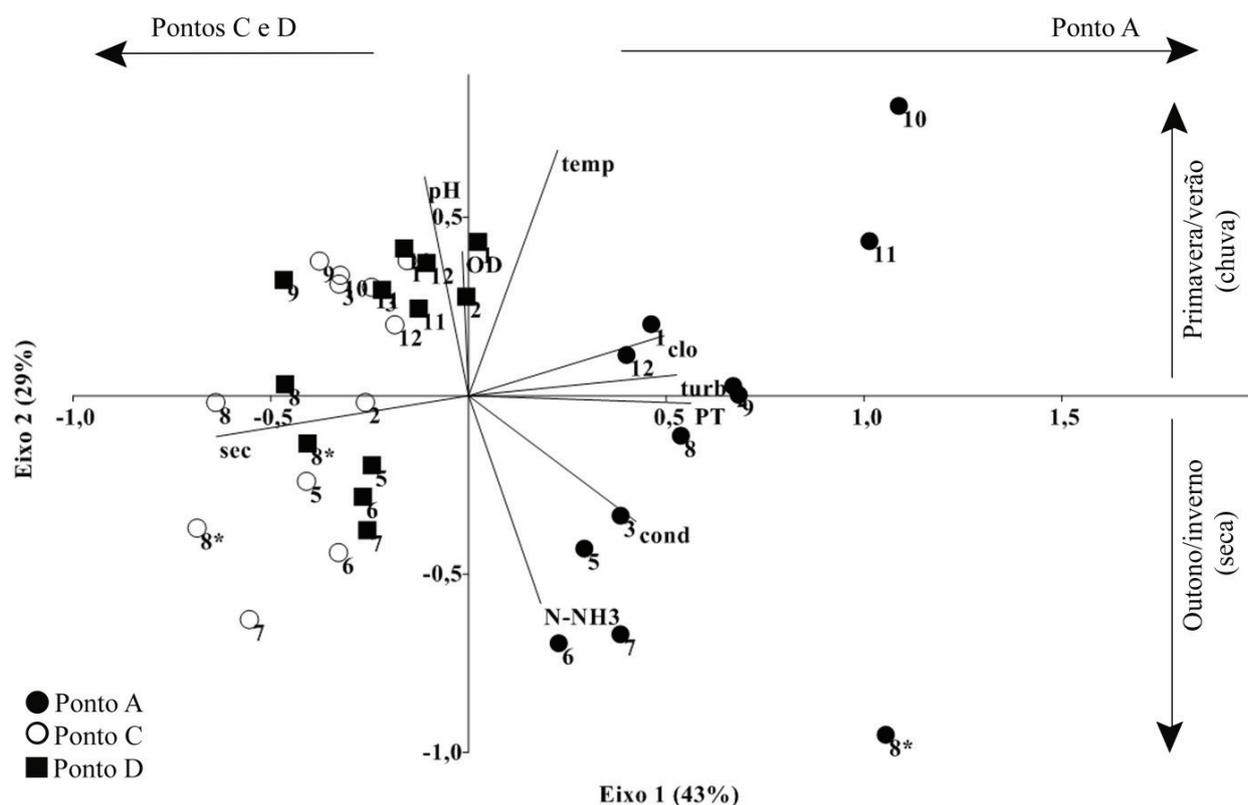


Figura 4. Diagrama de ordenação da PCA com nove variáveis limnológicas do Lago Paranoá (DF, Brasília, Brasil) durante os meses de agosto/2016 a agosto/2017 (8 = agosto; 9 = setembro, etc). OD (oxigênio dissolvido); Temp (temperatura); Sec (transparência); pH; Turb (turbidez); Cond (condutividade elétrica); PT (fósforo total); N-NH₃ (nitrogênio amoniacal); Clo (clorofila a); 8* = agosto de 2017.

Figure 4. PCA biplot with nine limnological variables of Lake Paranoá (Federal District, Brasília, Brazil) from August/2016 to August/2017 (8 = August, 9 = September, etc). OD (dissolved oxygen); Temp (temperature); Sec (transparency); pH; Turb (turbidity); Cond (electrical conductivity); PT (total phosphorus); N-NH₃ (ammoniacal nitrogen); Clo (chlorophyll a); 8* = August 2017.

entre variáveis abióticas e bióticas, de modo geral, a densidade de *C. furcoides* esteve correlacionada positivamente com oxigênio dissolvido, pH, fósforo total e clorofila *a*, e negativamente com N-NH₃, especialmente no ponto A, e no período de chuvas. Já o biovolume celular correlacionou-se positivamente apenas com o N-NH₃, e negativamente com temperatura, oxigênio dissolvido, pH e clorofila (Tabela 2).

Diferenças significativas no biovolume celular foram registradas apenas na escala temporal (Tabela 1), com maiores valores nos meses de seca, especialmente junho a agosto de 2017 (Figura 7). Observou-se que os indivíduos apresentaram maior tamanho durante os períodos de densidades relativamente mais baixas. De fato, a análise de regressão linear mostrou relação negativa significativa entre tais variáveis ($r = -0,52$; $p = 0,002$) (Figura 8).

DISCUSSÃO

Os indivíduos do gênero *Ceratium* registrados no Lago Paranoá foram identificados como *C. furcoides* devido à presença da quarta placa reduzida em seu corno apical observada na Figura 5. Esta característica é diagnóstica na distinção entre *C. furcoides* e *C. hirundinella*, duas espécies morfológicamente semelhantes que se diferem principalmente pela disposição das quatro placas celulósicas em seu corno apical, sendo que em *C. hirundinella* todas as placas se prolongam até o ápice deste corno, enquanto em *C. furcoides* a quarta placa não alcança o seu topo (Popovský & Pfiester 1990, Santos-Wisniewski et al. 2007).

Com base nos dados abióticos, o ponto A foi o mais diferente entre os três locais analisados do Lago Paranoá durante o período amostrado. Contudo,

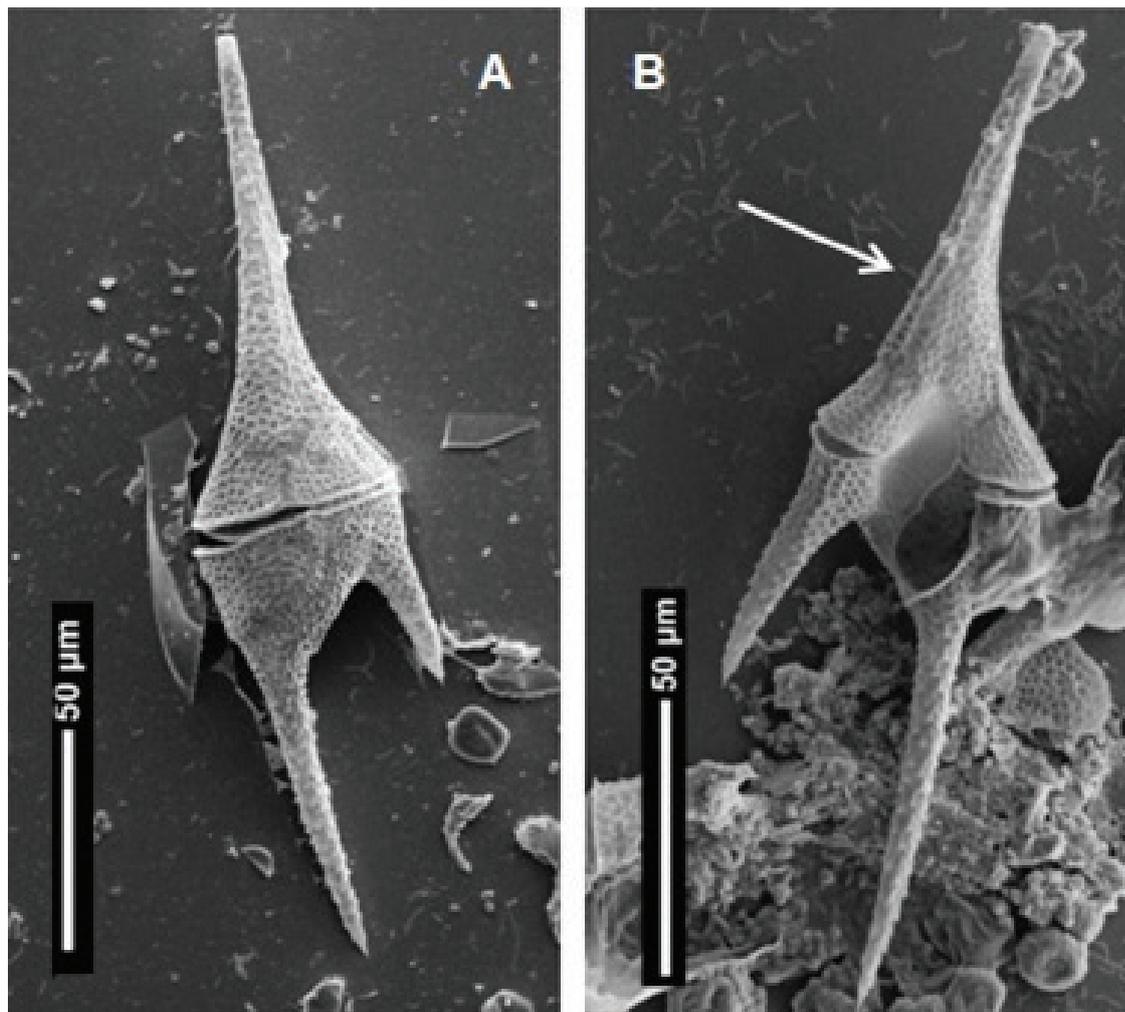


Figura 5. Eletromicrografia (MEV) de *Ceratium furcoides*; A: vista dorsal; B: vista ventral, com destaque para a 4ª placa.

Figure 5. Electromicrography (SEM) of *Ceratium furcoides*; A: dorsal view; B: ventral view, highlighting the 4th plate.

isso não se refletiu em diferenças estatísticas significativas para os dados de densidade de *C. furcoides*. Ressalta-se, porém, o pico de densidade deste dinoflagelado observado durante o mês de outubro no ponto A, assim como as densidades relativamente mais altas neste local na fase inicial de colonização de *C. furcoides* no Lago Paranoá (segundo semestre de 2016). De acordo com a classificação de estado trófico de Cunha *et al.* (2013), a qual leva em consideração as variáveis fósforo total e clorofila *a*, o ponto A pode ser classificado como eutrófico, enquanto os pontos C e D podem ser considerados oligotróficos. Especificamente em relação ao ponto C, a classificação trófica está de acordo com a apresentada por Batista & Fonseca (2018) durante o período de outubro de 2009 a

setembro de 2010.

O ponto A localiza-se próximo à Estação de Tratamento de Esgoto da CAESB (ETE sul), e historicamente sofreu com lançamentos de esgoto que alteraram as condições tróficas do local (Angelini *et al.* 2008). Além disto, este ponto recebe as águas do tributário Riacho Fundo, que apresenta qualidade da água alterada devido às atividades oriundas da urbanização, produção agrícola e pequenas indústrias (Carvalho 2013). Vale destacar que os elevados valores de clorofila *a* durante os meses de outubro e novembro correspondem à floração de cianobactérias que ocorreu nesta época (Alves 2016).

Segundo Cavalcante *et al.* (2016), densidades acima de 1.000 ind.mL⁻¹ de *C. furcoides* já poderiam

Tabela 2. Coeficiente de correlação de Pearson ($p < 0,05$) entre variáveis limnológicas do Lago Paranoá (DF, Brasília, Brasil) e densidade (Dens) e biovolume celular (BC) de *Ceratium furcoides*, durante os meses de agosto/2016 a agosto/2017; os resultados estão separados por pontos (A, C e D) e estação (chuva e seca).

Table 2. Pearson correlation coefficient ($p < 0.05$) between limnological variables of Lake Paranoá (Federal District, Brazil) and density (Dens) and cell biovolume (BC) of *Ceratium furcoides* from August/2016 to August/2017; results are separated by sites (A, C and D) and season (rainy and dry).

	Ponto A		Ponto C		Ponto D		Chuva		Seca	
	Dens	BC	Dens	BC	Dens	BC	Dens	BC	Dens	BC
Temperatura	–	-0,68	–	–	–	–	–	–	–	-0,53
Oxigênio dissolvido	0,75	-0,73	–	–	–	–	0,56	–	–	–
Transparência	–	–	0,77	0,67	–	–	–	–	–	–
pH	0,69	-0,79	–	–	–	–	–	–	–	–
Turbidez	–	–	-0,69	-0,84	–	–	–	–	–	–
Condutividade elétrica	–	–	–	–	–	0,61	0,55	–	–	–
Fósforo total	0,61	–	–	–	–	-0,67	0,58	–	–	–
N-NH ₃	-0,73	0,79	–	0,68	–	–	–	–	–	0,6
Clorofila <i>a</i>	0,66	–	–	–	–	–	0,66	–	–	-0,53

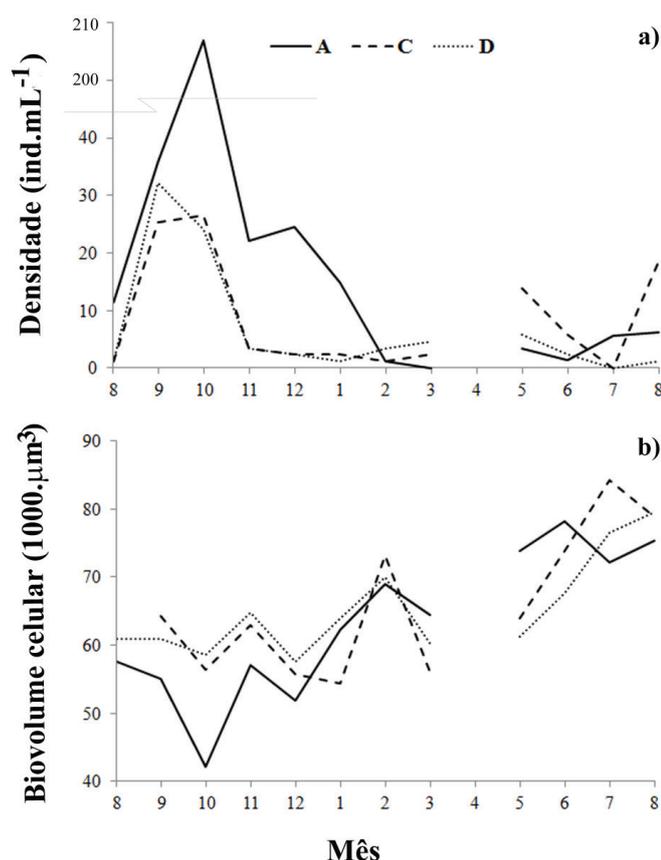


Figura 6. Densidade (a) e biovolume celular (b) de *Ceratium furcoides* dos pontos A, C e D do Lago Paranoá (DF, Brasília, Brasil) nos meses de agosto/2016 a agosto/2017.

Figure 6. Density (a) and cell biovolume (b) of *Ceratium furcoides* in the sites A, C and D at Lake Paranoá (Federal District, Brasília, Brazil) from August/2016 to August/2017.

ser consideradas como floração. Com base neste valor de referência, não é possível dizer que houve floração do táxon no Lago Paranoá durante o período de estudo, uma vez que o valor máximo registrado, em outubro de 2016, foi de 207 ind. mL⁻¹. Contudo, a presença de *C. furcoides* neste reservatório urbano localizado na região central do Brasil reforça sua estabilização em sistemas lênticos e avanço pela bacia hidrográfica do Paraná (e.g., Santos-Wisniewski *et al.* 2007, Matsumura-

Tundisi *et al.* 2010, Nishimura *et al.* 2015, Cavalcante *et al.* 2016, Crossetti *et al.* 2018, Silva *et al.* 2018). No reservatório Maestra, no Rio Grande do Sul, a floração de *C. furcoides* foi reportada apenas sete meses após a constatação da presença deste dinoflagelado em um reservatório vizinho a 10 km de distância (Cavalcante *et al.* 2016). Dados não publicados fornecidos pela CAESB notificaram a presença de um dinoflagelado do gênero *Ceratium* no reservatório de Corumbá IV (GO)

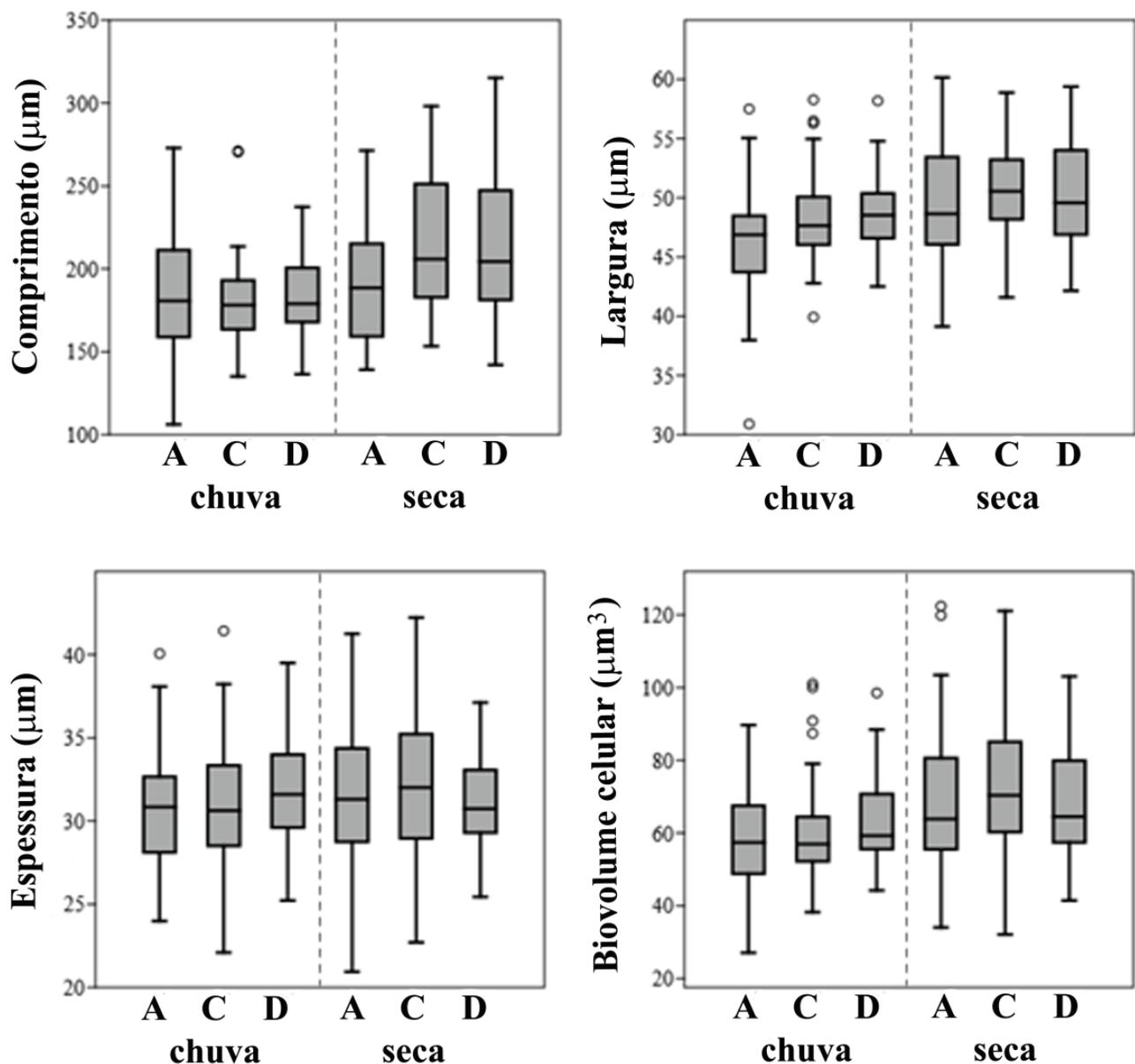


Figura 7. Diagramas de caixas com variáveis morfométricas de *Ceratium furcoides* dos pontos A, C e D do Lago Paranoá (DF, Brasília, Brasil) durante as estações de chuva e seca, entre agosto/2016 a agosto/2017.

Figure 7. Box-plot graphs with morphometric variables of *Ceratium furcoides* of sites A, C and D at Lake Paranoá (Federal District, Brasília, Brazil) during rainy and dry seasons within August/2016 to August/2017.

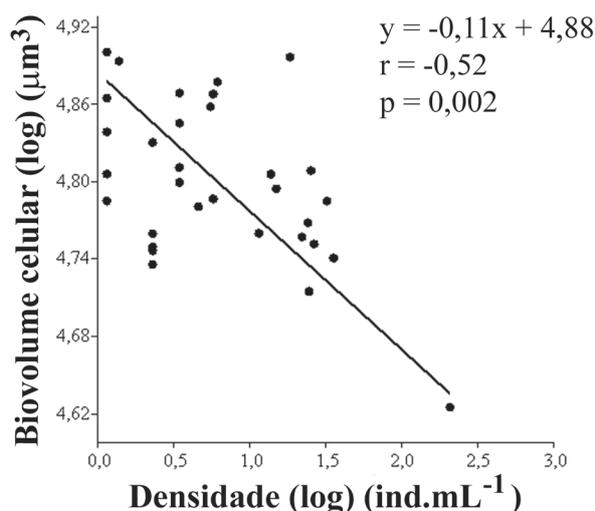


Figura 8. Regressão linear entre densidade e biovolume celular de *Ceratium furcoides* no Lago Paranoá (DF, Brasília, Brasil) nos meses de agosto/2016 a agosto/2017.

Figure 8. Linear regression between density and cell biovolume of *Ceratium furcoides* at Lake Paranoá (Federal District, Brasília, Brazil) from August/2016 to August/2017.

em 2015, confirmados posteriormente por Silva *et al.* (2018). Cerca de um ano depois, no presente estudo, tem-se o primeiro registro de *C. furcoides* no Lago Paranoá, o qual se situa na mesma bacia hidrográfica (Paraná), a aproximadamente 70 km de distância ao norte.

Bustamante-Gil *et al.* (2012) atribuíram a presença de *C. furcoides* durante todo ano no reservatório de Riogrande II, na Colômbia, à estabilidade da temperatura do ar, bem como ao padrão de mistura atelomítica de reservatórios de regiões tropicais e à sazonalidade em função dos períodos chuvosos, implicando em pouca variação de luminosidade e temperatura. De modo geral, estas características são comuns ao Lago Paranoá e podem explicar a presença permanente de *C. furcoides* nos três pontos e durante todo o período de amostragem.

A maior densidade de *C. furcoides* no Lago Paranoá coincidiu com o início da estação chuvosa, como foi igualmente observado por Bustamante-Gil *et al.* (2012). Tal condição causaria a mistura da coluna d'água juntamente com a turbulência provocada pelo vento, promovendo a suspensão de nutrientes e de cistos de *Ceratium* junto com

o sedimento (Nishimura *et al.* 2015, Morales 2016). Crossetti *et al.* (2018) também associaram a presença de *C. furcoides* no Reservatório das Garças (SP) ao aumento da transparência e à diminuição da estabilidade da coluna d'água, destacando a importância dos processos físicos no estabelecimento desta espécie. No entanto, alguns estudos ressaltam que a estabilidade térmica da coluna d'água favoreceria o aumento da densidade deste dinoflagelado em detrimento de outros táxons devido à capacidade de natação e deslocamento para aquisição de nutrientes (Bustamante-Gil *et al.* 2012, Zaburlín *et al.* 2014). Além disso, a habilidade de mover-se verticalmente na coluna d'água permitiria o seu deslocamento para regiões de alta concentração de oxigênio, satisfazendo seu requerimento fisiológico (Cavalcante *et al.* 2016). Mac Donagh *et al.* (2005) ressaltaram a importância de águas bem oxigenadas no desenvolvimento de *Ceratium*; de fato, o presente estudo encontrou relação positiva entre a densidade de *C. furcoides* e a concentração de oxigênio dissolvido no Lago Paranoá.

Outro ponto a ser considerado foi a correlação positiva entre a densidade de *C. furcoides* e o fósforo total, corroborando a preferência do táxon por águas mais ricas em nutrientes (*e.g.*, Silva *et al.* 2012, Almanza *et al.* 2016, Crossetti *et al.* 2018). O ponto A do Lago Paranoá, além de mais eutrofizado que os pontos C e D, é também o mais raso entre eles. As maiores densidades observadas nesta região do lago também podem estar relacionadas à maior propensão à ressuspensão de cistos do sedimento.

Crossetti *et al.* (2018) reportaram forte relação positiva entre *C. furcoides* e fitoflagelados mixotróficos (*e.g.* *Cryptomonas* spp., grupo funcional Y). De fato, os primeiros registros de *C. furcoides* no Lago Paranoá também ocorreram durante meses em que a abundância de tais fitoflagelados encontrava-se relativamente alta, segundo dados internos da CAESB. Isso coincidiu com os meses de outono-inverno de 2016, período do ano em que o Lago Paranoá se encontra, em geral, misturado (Batista & Fonseca 2018). O pico de biomassa da espécie, por sua vez, ocorreu em outubro, fase de transição no lago em termos de mistura. Em novembro, a biomassa de *Ceratium* sofreu uma abrupta redução nos três pontos amostrados. Ressalta-se que neste mês, no

ponto A, foi registrado um evento de floração de cianobactérias (*Microcystis* sp.) em proporções comparáveis apenas às florações registradas nas décadas de 1970-1980, quando o Lago Paranoá atingiu o ápice de deterioração da qualidade da água (Branco 1976), sugerindo uma possível alternância entre *C. furcoides* e *Microcystis* Lemmermann.

Em lagos de regiões temperadas, a coexistência de *C. furcoides* e *Microcystis* já foi reportada no epilímnio de ambientes eutrofizados (Reynolds *et al.* 2002). A capacidade de natação de *C. furcoides* provavelmente favorece a ocupação de nichos espacialmente diferentes entre este dinoflagelado e as cianobactérias. Além disso, a mixotrofia pode ter contribuído como alternativa nutricional de *C. furcoides*, permitindo a sua permanência mesmo durante o evento de floração de cianobactérias, visto que o sombreamento provocado por estas, especialmente das colônias de *Microcystis*, costuma dificultar o desenvolvimento de outras espécies fitoplanctônicas (Tucci & Sant'anna 2003).

Os dados do presente estudo permitem inferir que os meses de outubro e novembro de 2016 no Lago Paranoá foram relativamente atípicos, considerando tanto o ineditismo da presença de *C. furcoides* quanto à floração de cianobactérias. A partir de dezembro, a biomassa fitoplanctônica no lago volta a cair (Figura 3) e a biomassa de *Ceratium* permaneceu relativamente baixa até o final do período de estudo, embora com tendência de novo aumento nos meses de seca/inverno de 2017.

A relação negativa observada entre o biovolume celular de *C. furcoides* e a densidade da população está em concordância com o registrado em reservatórios do Chile (Almanza *et al.* 2016) e do Rio Grande do Sul (Cavalcante *et al.* 2016). Em tais ambientes, os períodos de floração também coincidiram com a presença de indivíduos menores. O mesmo foi observado por Gligora *et al.* (2003) no estudo de variação morfológica de *C. hirundinella* em lagos mediterrâneos. Infere-se que esta relação seja devido à competição intraespecífica por recursos entre os indivíduos de *C. furcoides*, uma vez que o aumento do número de indivíduos implica em uma maior demanda de nutrientes. Ou ainda, a relação inversa entre densidade e biovolume celular pode ser explicada devido à multiplicação rápida destes organismos como estratégia de maximização do aproveitamento de nutrientes em

detrimento do seu crescimento. No ciclo de vida de dinoflagelados, Silva & Faust (1995) atribuíram às células pequenas as funções de células vegetativas que se dividem rapidamente, promovendo o aumento da população, e de gametas que após a fusão se transformam em cistos. Além disso, segundo os resultados dos trabalhos citados acima, observa-se um forte padrão sazonal na relação entre densidade e biovolume celular de *C. furcoides*, com maiores densidades e indivíduos menores nos períodos mais quentes, o que no presente estudo correspondeu aos meses de chuva.

Em síntese, o presente trabalho confirmou a identificação do dinoflagelado invasor *C. furcoides* e sua presença ao longo de todos os meses amostrados e nos três pontos estudados, inclusive em períodos de floração de cianobactérias, o que sinaliza o potencial de estabilização desta população no Lago Paranoá. Ainda que venha a sofrer declínios, cistos dormentes no sedimento podem germinar quando as condições ambientais se tornarem favoráveis novamente, levando a picos de densidade, ou mesmo a florações inesperadas. Para evitar eventuais consequências negativas, tais como interferência na cadeia trófica do Lago, entupimento de filtros durante o processo de tratamento de água e diminuição da produção pesqueira, e considerando o caráter de múltiplos usos deste reservatório, a presença de *C. furcoides* deve ser monitorada de perto a partir de agora, incluindo entre as escalas de análise as variações verticais na coluna d'água.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) pelo fornecimento das amostras e informações importantes para a composição deste trabalho e à FAPDF, Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal, pela bolsa de iniciação científica cuja pesquisa desenvolvida culminou no presente estudo. Por fim, agradecemos especialmente aos alunos, professores e técnicos do Laboratório de Biodiversidade Aquática da Universidade Católica de Brasília e do Grupo de Estudos de Ecossistemas Aquáticos (GEEA) pelo carinho, suporte e demais contribuições.

REFERÊNCIAS

- Almanza, V., Bicudo, C. E. M., Parra, O., & Urrutia, R. 2016. Características morfológicas y limnológicas de las floraciones de *Ceratium furcoides* (Dinophyta) en un lago somero de Chile Central. *Limnetica*, 35(1), 253–268. DOI: 10.23818/limn.35.21
- Almeida, C. R., Splandorello, F. B., Giroldo, D., & Yunes, J. S. 2016. The effectiveness of conventional water treatment in removing *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans, *Microcystis* sp. and microcystins. *Water SA*, 42(4), 606–610. DOI: 10.4314/wsa.v42i4.11
- Alves, P. 2016. Lago Paranoá está contaminado e população não deve nadar nem pescar. *Metrópoles*. Acessado em 03/03/2017 em <http://www.metropoles.com/distrito-federal/meio-ambiente/lago-paranoa-esta-contaminado-e-populacao-nao-deve-nadar-nem-pescar>
- ANA - Agência Nacional de Águas. 2018. Sistemas de Informações Hidrológicas: Séries Históricas de Estações. *HidroWeb*. Acessado em 30/09/2018 em http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf
- Angelini, R. Bini, L. M., & Starling, F. L. R. M. 2008. Efeitos de diferentes intervenções no processo de eutrofização do lago Paranoá (Brasília-DF). *Oecologia Brasiliensis*, 12(3), 564–571. DOI:10.4257/oeco.2008.1203.15
- APHA. 2012. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*, 22nd ed. Washington, DC: APHA, AWWA, WPCF
- Batista, B. D., & Fonseca, B. M. 2018. Fitoplâncton da região central do Lago Paranoá, DF: uma abordagem ecológica e sanitária. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 23(2), 229–241. DOI: 10.1590/s1413-41522018169124.
- Boltovskoy, A., Echenique, R. O., & Guerrero, J. M. 2013. Sucesivas invasiones de especies de *Ceratium* (Dinophyceae) en Sudamérica: un proceso que llevados décadas. *Boletín de La Sociedad Argentina de Botánica*, 48, 27.
- Branco, S. M. 1976. Análise de alguns aspectos e soluções prováveis para o Lago Paranoá. 1976. *Revista DAE*, 36(109), 38–45.
- Branco, C. W. C., & Senna, P. A. C. 1994. Factors influencing the development of *Cylindrospermopsis raciborskii* and *Microcystis aeruginosa* in the Paranoá Reservoir, Brasília, Brazil. *Algalogical Studies*, 75, 85–96.
- Bustamante-Gil, C., Restrepo J. J. R., Boltovskoy A., & Vallejo A. 2012. Spatial and temporal change characterization of *Ceratium furcoides* (Dinophyta) in the equatorial reservoir Riogrande II, Colombia. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 24(2), 207–219. DOI: 10.1590/S2179-975X2012005000039
- Carvalho, M. C. 2013. Estudo geoquímico da qualidade da água da Bacia do Riacho Fundo – DF. *Dissertação de Mestrado*. Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. p. 91.
- Cavalcante, K. P., Cardoso L. S., Sussela R., & Becker V. 2016. Towards a comprehension of *Ceratium* (Dinophyceae) invasion in Brazilian freshwaters: autecology of *C. furcoides* in subtropical reservoirs. *Hydrobiologia*, 771(1), 265–280. DOI: 10.1007/s10750-015-2638-x
- Cavalcante, K. P., Zanotelli, J. C., Muller, C. C., Scherer, K.D., Frizzo, J. K., Ludwig, T. A. V., & Cardoso, L. S. 2013. First record of expansive *Ceratium* Schrank, 1793 species (Dinophyceae) in Southern Brazil, with notes on their dispersive patterns in Brazilian environments. *CheckList*, 9(4), 862–866. DOI: 10.15560/9.4.862
- Crossetti, L. O., Bicudo, D. C., Bini, L. M., Dala-Corte, R. B., Ferragut, C., & Bicudo C. E. M. 2018. Phytoplankton species interactions and invasion by *Ceratium furcoides* are influenced by extreme drought and water-hyacinth removal in a shallow tropical reservoir. *Hydrobiologia*, 831(1), 71–85. DOI: 10.1007/s10750-018-3607-y
- Cunha, D. G. E., Calijuri, M. C., & Lamparelli, M. C. 2013. A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSItsr). *Ecological Engineering*, 60, 126–134. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2013.07.058
- Ewerts, H. E., Swanepoel, A., & Du Preez, H. H. 2013. Efficacy of conventional drinking water treatment processes in removing problem-causing phytoplankton and associated organic compounds. *Water SA*, 39(5), 739–750. DOI: 10.1080/19443994.2015.1137787
- Gligora, M., Plenkovic-Mora, J., & Ternjej, I. 2003. Seasonal distribution and morphological changes of *Ceratium hirundinella* in two mediterranean shallow lakes. *Hydrobiologia*, 506(1), 213–220. DOI: 10.1023/B:HYDR.0000008607.07210.24
- Hammer, O., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*, 4(1), 1–9.

- Hart, R. C., & Wragg, P. D. 2009. Recent blooms of the dinoflagellate *Ceratium* in Albert Falls Dam (KZN): history, causes, spatial features and impacts on a reservoir ecosystem and its zooplankton. *Water SA*, 35(4), 455–468.
- Havel, J. E., Lee, C. E., & Zanden, J. M. V. 2005. Do reservoirs facilitate invasions into landscapes? *AIBS Bulletin*, 55(6), 518–525. DOI: 10/cj9zv8
- INAG - Instituto da Água. 2011. Manual para a avaliação da qualidade biológica da água - Guia de utilização da tabela de valores-guia normalizados de biovolumes e determinação do biovolume através de procedimentos laboratoriais. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território, Instituto da Água, Lisboa. Acessado em 11/09/2018 em: <https://tinyurl.com/yvh4lw4a>
- Lacerda, M. CAESB começa a captar água do Lago Paranoá. Agência Brasília. Acessado em 11/05/2018 em <https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2017/10/02/caesb-comeca-a-captar-agua-do-lago-paranoa>
- Mac Donagh, M. E., Casco, M. A., & Claps, M. C. 2005. Colonization of a Neotropical reservoir (Córdoba, Argentina) by *Ceratium hirundinella* (O. F. Müller) Bergh. *International Journal of Limnology*, 41(4), 291–299. DOI: 10.1051/limn/2005020
- Matsumura-Tundisi, T., Tundisi, J. G., Luzia, A. P., & Degani, R. M. 2010. Occurrence of *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 bloom at the Billings Reservoir, São Paulo State, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 70(3), 825–829. DOI: 10.1590/S1519-69842010000400013
- Morales, E. A. 2016. Floración de *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans (Dinoflagellata, Dinophyceae) en la represa de La Angostura, Cochabamba, Bolivia. *Acta Nova*, 7(4), 389–398.
- Moreira, R. A. Rocha, O., Santos, R. M., Laudares-Silva, R., Dias, E. S., & Eskinazi-Sant'anna, E. M. 2015. 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*, 75(1), 98–103. DOI: 10.1590/1519-6984.08013
- Naselli-Flores, L., & Padisák, J. 2016. Blowing in the wind: how many roads can a phytoplankton walk down? A synthesis on phytoplankton biogeography and spatial processes. *Hydrobiologia*, 764(1), 303–313. DOI: 10.1007/s10750-015-2519-3
- Nishimura, P. Y., Pompêo, M., & Moschini-Carlos, V. 2015. Invasive dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans in two linked tropical reservoirs. In: M. Pompêo, M., V. Moschini-Carlos, P. Y. Nishimura, S. C. Silva, & J. C. L. Doval. (Eds.), *Ecologia de reservatórios e interfaces*. pp. 132–142. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.
- Oliveira, H. S. B., Moura, A. N., & Cordeiro-Araújo, M. K. 2016. First record of *Ceratium Schrank*, 1973 (Dinophyceae: Ceratiaceae) in freshwater ecosystems in the semiarid region of Brazil. *CheckList*, 7(5), 626–628. DOI: 10.15560/7.5.626
- Popovský, J., & Pfister, L. A. 1990. Dinophyceae. In: H. Ettl, J. Gerloff, & H. Heynig H. (Eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. pp. 272. Jena: Gustav Fischer Verlag.
- Reynolds, C. S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L., & Melo, S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton *Journal of plankton research*, 24(5), 417–428. DOI: 10.1093/plankt/24.5.417
- Santos-Wisniewski, M. J., Silva, L. C., Leone, I. C., Laudares-Silva, R., & Rocha, O. 2007. 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*, 67(4), 791–793. DOI: 10.1590/S1519-69842007000400033
- Silva, E. S., & Faust, A. 1995. Small cells in the life story of dinoflagellates (Dinophyceae): a review. *Phycologia*, 12(5), 396–408. DOI: 10.2216/i0031-8884-34-5-396.1
- Silva, L. C., Leone, I. C., Santos-Wisniewski, M. J., Peret, A., & Rocha, O. 2012. Invasion of the dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 at tropical reservoir and its relation to environmental variables. *Biota Neotropica*, 12(2), 93–100.
- Silva, W. J., Nogueira, I. S., Melo-Magalhães, E. M. M., Benício, S. H. M., Pessoa, S. M., & Menezes, M. 2018. Expansion of invasive *Ceratium furcoides* (Dinophyta) toward north-central Brazil: new records in tropical environments. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 30, e210. DOI: 10.1590/S2179-975X5917.

- Šťastný, J., & Kouwets, F. A. C. 2012. New and remarkable desmids (*Zygnematophyceae*, Streptophyta) from Europe: taxonomical notes based on LM and SEM observations. *Fottea*, 12(2), 293–313. DOI: 10.5507/fot.2012.021
- Tucci, A., & Sant'anna, C. L. 2003. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju (Cyanobacteria): weekly variation and relation with environmental factors in an eutrophic lake, São Paulo, SP, Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, 26(1), 97–112. DOI: 10.1590/S0100-84042003000100011
- Utermöhl, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton methodik. *Mitteilungen der internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 9, 1–38.
- Van Der Walt, N. 2010. Investigation into the occurrence of the dinoflagellate *Ceratium hirundinella* in source waters and the impact thereof on drinking water purification. 2011. *Dissertação de Mestrado*. North-West University. p. 225.
- Zaburlín, N. M., Vloger, R. E., Molina, M. J., & Llano, V. M. 2016. Potential distribution of the invasive freshwater dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans (Dinophyta) in South America. *Journal of phycology*, 52(2), 200–208. DOI: 10.1111/jpy.12382

Submetido em: 15/09/2018

Aceito em: 04/04/2019

Publicado online: 15/05/2019

Editor Associado: Ana Paula Rodrigues