



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

EMMANUELLY DA SILVA OLIVEIRA

**INVASÃO E EXPANSÃO DO DINOFLAGELADO *Ceratium furcoides* (Levander)
Langhans 1995 EM RESERVATÓRIOS DO ESTADO DA PARAÍBA - BRASIL**

**CAMPINA GRANDE
2020**

EMMANUELLY DA SILVA OLIVEIRA

**INVASÃO E EXPANSÃO DO DINOFLAGELADO *Ceratium furcoides* (Levander)
Langhans 1995 EM RESERVATÓRIOS DO ESTADO DA PARAÍBA – BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Ecologia Aquática.

Orientador: Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa.

Coorientadora: Prof. Dr. Juliana dos Santos Severiano.

**CAMPINA GRANDE
2020**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

O48i Oliveira, Emmanuely da Silva.

Invasão e expansão do dinoflagelado *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1995 em reservatórios do estado da Paraíba - Brasil [manuscrito] / Emmanuely da Silva Oliveira. - 2020.

28 p.: il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2020.

"Orientação: Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa, Departamento de Biologia - CCBS."

1. Bioinvasão aquática. 2. Abastecimento público. 3. Limnologia. 4. Ecologia aquática. I. Título

21. ed. CDD 577.6

EMMANUELLY DA SILVA OLIVEIRA

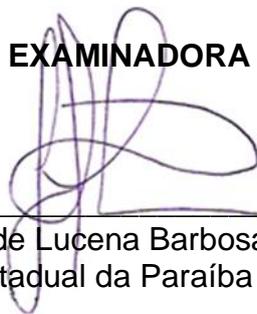
INVASÃO E EXPANSÃO DO DINOFLAGELADO *Ceratium furcoides* (Levander)
Langhans 1995 EM RESERVATÓRIOS DO ESTADO DA PARAÍBA – BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento do Curso
de Ciências Biológicas da Universidade
Estadual da Paraíba, como requisito
parcial à obtenção do título de Bacharel
em Biologia.

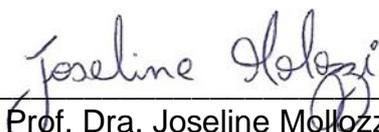
Área de concentração: Ecologia Aquática.

Aprovada em: 14/12/2020.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dra. Joseline Molozzi
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dra. Camila Ferreira Mendes
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

À minha família e amigos, por todo apoio e contribuição para que eu chegasse até aqui, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Não chegaria aqui sozinha e por isso torno público meus sinceros agradecimentos:

À Deus, meu amado Pai, por toda Graça e amor, por orientar o meu caminho e por me permitir seguir com fé, esperança e descanso nEle.

À Prof. Dra. Juliana dos Santos, minha querida orientadora, por ter acreditado em mim, por estar presente durante todo o desenvolvimento desse trabalho, contribuindo com sugestões e críticas que possibilitaram sua finalização. Obrigada Ju, por toda paciência e por contribuir com o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao Prof. Dr. Etham Barbosa pela orientação e oportunidade de realização desse trabalho, momento marcante em minha vida.

Aos pesquisadores do Laboratório de Ecologia Aquática (LEAq) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) pelas contribuições com os monitoramentos e análise de dados, em especial às Dras. Camila Mendes e Hérika Cavalcante.

À Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) e a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) pela disponibilização de dados importantes para representar a área amostral dessa pesquisa.

À Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), pelos programas de auxílio aos alunos, infraestrutura e laboratórios que possibilitam o acesso ao estudo.

Ao CNPq pelo fomento de bolsas e incentivo a pesquisa, permitindo o desenvolvimento profissional dos alunos.

Ao Departamento de Biologia, em especial aos professores, que dedicam boa parte do seu tempo na tarefa árdua de mediar o conhecimento científico para o corpo discente.

Aos amigos que fiz no curso, em especial Dayrla Kelly, Evaldo Joaquim, Izamara Geisele, Kézia Ribeiro, Maria Juciliara e Mateus Bernardo, por cada momento de aprendizagem juntos e por todo apoio, que me incentivaram em momentos e importantes.

Aos meus familiares de Zabelê, cidade onde cresci, em especial minha bisavó Julieta Bezerra e minha tia Maria José – “Dudé”, por todo amor e cuidado dedicados à minha criação.

Às minhas amigas de vida Giselle Lopes, Eduarda Lavynia e Dianna Nascimento por continuarem presentes em minha vida, me incentivando e me apoiando em minhas decisões.

Aos meus familiares paternos, em especial Maria Amantina e Manoel Lopes, “vovó Tina” e “vovô Tutu”, por todos os ensinamentos, amor e dedicação e por acompanharem o meu desenvolvimento pessoal.

À João Victor Menezes, meu companheiro, por permanecer ao meu lado em todo esse período, se fazendo disponível, me dando suporte técnico e emocional e me ajudando a seguir. Sou muito grata por sua vida, meu bem!

Aos meus irmãos Marcelo Pereira, Guilherme Cordeiro e Matheus Oliveira, por saber que sempre teremos um ao outro para partilhar vitórias e dificuldades. “Tamo junto” sempre!

Aos meus pais Emmanuel Oliveira, Niedja Rita e Leonardo Cordeiro, por todo amor, ensinamentos, contribuições e incentivos, que me ajudam a ser quem sou e a caminhar agradecida pelo fato de tê-los ao meu lado. Vocês são meu porto-seguro. Donos da minha admiração, amor e respeito.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Localização dos reservatórios estudados no Estado da Paraíba, Brasil. ...	12
Figura 2: Número de novos registros de <i>C. furcoides</i> nos reservatórios estudados, Paraíba, Brasil, por mês amostrado.	17
Figura 3: Quantidade de registros anuais em cada Bacia Hidrográfica.....	18
Figura 4: Padrão de expansão de <i>C. furcoides</i> em reservatórios do Estado da Paraíba.....	18
Figura 5: Frequência de ocorrência de <i>C. furcoides</i> em reservatórios do Estado da Paraíba, Brasil. Fre, frequente; Oca, ocasional; Rar, Raro.	19

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Valores mínimo e máximo da área, volume máximo, volume mínimo e profundidade máxima dos reservatórios estudados por bacia hidrográfica no Estado da Paraíba, Brasil. *, valor não informado.14
- Tabela 2: Registro de ocorrência de *C. furcoides* nos reservatórios estudados, Paraíba, Brasil. -, sem novo registro de *C. furcoides*.16

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	METODOLOGIA	12
2.1	<i>Área de Estudo</i>	12
2.2	<i>Amostragem e análise quantitativa de C. furcoides</i>	15
2.3	<i>Análise dos dados</i>	15
3	RESULTADOS.....	15
4	DISCUSSÃO.....	19
5	CONCLUSÃO	22
	REFERÊNCIAS	23

INVASÃO E EXPANSÃO DO DINOFLAGELADO *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1995 EM RESERVATÓRIOS DO ESTADO DA PARAÍBA - BRASIL

OLIVEIRA, E. S.*

RESUMO

Ceratium furcoides é um dinoflagelado fitoplanctônico, que vem ganhando destaque por sua dispersão em corpos de água doce da América do Sul. Apesar de não ter toxicidade comprovada, o colapso celular massivo de suas florações podem causar impacto econômico e na paisagem, afetando as comunidades nativas e a qualidade da água, alterando sua cor, causando a depleção de oxigênio e gerando sabor e odor desagradáveis. No Brasil, o número de registros de ocorrência é crescente e sua expansão tem avançado na região Nordeste. Por isso, foi realizado o monitoramento durante seis anos (2014 – 2020) em 79 reservatórios utilizados para abastecimento público, distribuídos em seis das quatro bacias hidrográficas do Estado da Paraíba, a fim de detectar e registrar a ocorrência de *C. furcoides* nesses mananciais. Também foi realizada uma avaliação da distribuição espacial e temporal da espécie para verificar seu padrão de expansão nesses reservatórios, e realizada uma análise de frequência de ocorrência de *C. furcoides* nos locais registrados. Ao todo, ocorreram 33 novos registros em reservatórios distribuídos em quatro das seis bacias estudadas. A análise do padrão de expansão mostrou que a espécie se dispersou através de pontos próximos da região do Alto Sertão do Estado em direção ao Litoral Norte. E a análise de frequência de ocorrência revelou dois reservatórios com registro frequente, 14 com registro ocasional e 17 mostraram registro raro. Sua dispersão foi associada principalmente à distribuição geográfica dos reservatórios, às atividades antropogênicas, como a obra de Transferência do Rio São Francisco para bacias do Estado e a diversificação do uso desses mananciais, e a fatores estocásticos. Quanto ao dado de frequência rara nos reservatórios, associa-se às variáveis limnológicas e filtros ambientais presentes nos corpos hídricos que são condicionantes de seu estabelecimento. De maneira geral, esse trabalho mostra o potencial de dispersão de *C. furcoides* em reservatórios de abastecimento do Estado da Paraíba e alerta para importância da continuidade de monitoramento frequente nesses mananciais, visando a prevenção dos problemas que o colapso de crescimento da espécie pode causar, destacando a necessidade de levantamentos sobre as condições limnológicas e climáticas de cada local de registro, para uma resposta mais detalhada sobre a dinâmica populacional da espécie e o efeito que sua população está causando nas comunidades aquáticas desses mananciais e na qualidade da água.

Palavras-chave: Bioinvasão aquática. Abastecimento público. Limnologia. Ecologia aquática.

*Graduanda em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.
E-mail: em.oliveira103@gmail.com

INVASION AND EXPANSION OF DINOFLAGELLATE *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1995 IN PARAÍBA STATE RESERVOIRS - BRAZIL

OLIVEIRA, E. S.*

ABSTRACT

Ceratium furcoides is a phytoplanktonic dinoflagellate, which has been gaining prominence due to its dispersion in freshwater bodies in South America. Despite having no proven toxicity, the massive cellular collapse of its blooms can cause economic and landscape impacts, affecting native communities and the quality of the water, changing its color, causing oxygen depletion and generating unpleasant taste and odor. In Brazil, the number of occurrence records is increasing and its expansion has advanced in the Northeast region. For this reason, monitoring was carried out for six years (2014 - 2020) in 79 reservoirs used for public supply, distributed in six of the four hydrographic basins in the State of Paraíba, in order to detect and record the occurrence of *C. furcoides* in these springs. An evaluation of the spatial and temporal distribution of the species was also carried out to verify its expansion pattern in these reservoirs, and an analysis of the frequency of occurrence of *C. furcoides* in the registered places was carried out. Altogether, 33 new records occurred in reservoirs distributed in four of the six basins studied. The analysis of the expansion pattern showed that the species dispersed through points close to the high hinterland region of the state towards the North Coast. And the frequency of occurrence analysis revealed two reservoirs with frequent registration, 14 with occasional registration and 17 showed rare registration. Its dispersion was mainly associated with the geographic distribution of the reservoirs, with anthropogenic activities, such as the transfer of the São Francisco River to State basins and the diversification of the use of these springs, and with stochastic factors. As for the rare frequency data in the reservoirs, it is associated with the limnological variables and environmental filters present in the water bodies that are conditions of its establishment. In general, this work shows the potential for dispersion of *C. furcoides* in supply reservoirs in the State of Paraíba and warns of the importance of continuing frequent monitoring in these springs, aiming at preventing the problems that the collapse of growth of the species can cause, highlighting the need for surveys on the limnological and climatic conditions of each registration site, for a more detailed answer on the population dynamics of the species and the effect that its population is having on the aquatic communities of these springs and on the quality of the water.

Keywords: Aquatic bioinvasion. Public supply. Limnology. Aquatic ecology.

*Graduanda em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.
E-mail: em.oliveira103@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A invasão biológica é um tema central na gestão e conservação de paisagens naturais (CAVALCANTE, 2016). Revela-se como a segunda maior causa da perda de biodiversidade e extinção, quando avaliada no âmbito global, tanto em relação à fauna, flora e fungos, quanto aos microrganismos, causando também a perda de muitos bens e serviços ambientais (ISSG, 2008; LATINI, 2016). A saúde, o bem-estar e a economia das populações humanas também são afetados pelas invasões biológicas (MOONEY, 2005; SOUZA et al., 2009), devido os impactos que podem causar aos serviços ecossistêmicos de abastecimento (por exemplo, alimentos, madeira, fibra e água), regulação (por exemplo, estabilização do clima, doenças, polinização e purificação da água) e cultural (por exemplo, recreação, turismo e espiritualidade) (PEJCHAR; MOONEY, 2009). Assim, são cada vez mais necessários estudos que avaliem os processos que regem às invasões biológicas, a fim de subsidiar estratégias de controle das espécies invasoras e mitigação dos impactos ambientais.

A introdução de espécies invasoras pode estar direta ou indiretamente associada às atividades antropogênicas (ALPERT et al., 2000; KERNAN, 2015), como o aumento do comércio global, tecnologias de transporte e turismo (ISSG, 2008). Nos ambientes de água doce, uma atividade humana que tem aumentado a chance do estabelecimento de espécies invasoras é o desvio de rios para a construção de reservatórios, os quais funcionam na retenção de água para os mais diversos fins, como o abastecimento público, a produção de energia, irrigação e lazer (VIEIRA, et al., 2020). Os reservatórios convertem o ambiente lótico em lêntico, alteram o regime de pulsos dos rios, fragmentam populações (PARK et al., 2003), dentre outros impactos, e são mais suscetíveis às invasões biológicas devido à simplificação da comunidade nativa e conseqüente redução de sua resistência às perturbações, e devido ao uso intenso dessas áreas para navegação, aquicultura, recreação e pesca, favorecendo a dispersão e o estabelecimento de organismos invasores (LATINI, 2016). Nesses ambientes, a introdução e disseminação de espécies geralmente ocorrem por organismos microscópicos, cuja dispersão costuma passar despercebida e os impactos no meio ambiente são, muitas vezes, pouco conhecidos e atualmente subestimados (KASTOVSKY et al., 2010; STRAYER, 2010; SILVA et al., 2012; PADISAK et al. 2016).

Dentre os microrganismos invasores conhecidos está *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1995, um dinoflagelado fitoplanctônico que vem ganhando destaque por sua dispersão em corpos de água doce da América do Sul (MEICHTRY DE ZABURLIN, 2016). Essa espécie é uma das mais difundidas do gênero (MORALES, 2016) e tem como características distintivas ser unicelular, dotada de placas celulósicas endurecidas, com três das placas apicais atingindo o ápice da epiteca (HICKEL, 1988; CALADO; LARSEN, 1997; CAVALCANTE, 2016). Tem rápida dispersão e estabelecimento associados à alta taxa de crescimento, alta eficiência no uso de recursos e capacidades competitivas superiores às espécies nativas, quanto às variações das condições locais (SUKENIK et al., 2012), tais como: a presença de flagelos que conferem mobilidade a célula, possibilitando a migração vertical na coluna d'água, característica considerada como uma vantagem competitiva na busca por luz e nutrientes (STEPHANIAC et al., 2007); a capacidade de formar cistos que sedimentam em condições desfavoráveis, permitindo a sobrevivência por longos períodos no sedimento e promovendo a presença da

espécie nos anos subsequentes; e a resistência ao pastejo por zooplâncton, devido ao grande tamanho da célula e formato espinhoso (POLLINGHER, 1987; POLLINGHER, 1988; OLRİK, 1994, REYNOLDS, 1984). Além disso, já existem registros da realização de mixotrofia por espécies do gênero (SMALLEY, 2003; SMALLEY; COATS, 2002), o que permite a espécie alterar a forma de obtenção dos recursos mediante às mudanças nas condições ambientais.

A abundância de *C. furcoides* foi positivamente associada à alta concentração de nutrientes, estabilidade relativa da coluna de água e direção do vento, sendo considerada uma espécie altamente variável nas escalas temporal e espacial e com uma vasta gama de nicho e uma distribuição agregada (BUSTAMANTE et al., 2012). O rápido crescimento dessa espécie pode afetar as comunidades nativas e a qualidade da água, alterando sua cor e causando sabor e odor desagradáveis (EWERTS et al., 2013; BERTHON, 2015; MEICHTRY DE ZABURLIN et al., 2014; NAPIÓRKOWSKA-KRZEBIETKE et al., 2017). Apesar de não ter toxicidade comprovada, a depleção de oxigênio resultante do colapso celular massivo de suas florações podem causar impacto econômico e na paisagem (POLLINGHER, 1988; VAN GINKEL et al. 2001; HART E WRAGG, 2009), como por exemplo quando a floração de espécies do gênero foi associada à matança de peixes, devido ao esgotamento de oxigênio em lagos temperados do Canadá (NICHOLLS et al., 1980)

As espécies de *Ceratium* não foram observadas nos sistemas de água doce do Brasil antes deste século (CAVALCANTE et al., 2013) e seu estabelecimento nos reservatórios dessa região foi associado à variáveis ambientais, tais como temperatura, nutrientes e condutividade elétrica da água (SILVA et al., 2012). Em 2007, Santos-Wisniewski et al. (2007) registraram, pela primeira vez no Brasil, a ocorrência de *C. furcoides* no reservatório de Furnas, em Minas Gerais, com maiores densidades ocorrendo em locais com baixas temperaturas, mesotróficos, próximos à entrada de esgoto doméstico. Após isso, em 2008, Matsumura-Tundisi et al. (2010) relataram a ocorrência de floração de *C. furcoides* no compartimento Taquacetuba da Represa Billings, no estado de São Paulo, e relacionaram as maiores densidades desta espécie ao intenso processo de mistura vertical que poderia ter causado um aumento acentuado no teor de fósforo na coluna d'água.

Na região Nordeste do Brasil, *C. furcoides* tem registro em reservatórios dos Estados de Alagoas, Bahia, Sergipe e Pernambuco (OLIVEIRA et al., 2011; MACEDO., 2016; OLIVEIRA, 2018). Silva et al., (2018) mostram, com base na análise de ocorrência e na cronologia dos registros, que a expansão de *C. furcoides* é um processo ainda em andamento e que a espécie tem avançado em direção a região norte do Brasil. Diante do exposto, estudos que mostrem aspectos relacionados à biogeografia de *C. furcoides* surgem como uma ferramenta importante que possibilita o entendimento de como uma espécie exótica é detectada ou se estabelece em um novo ambiente, incluindo quais fatores possibilitam sua expansão e quais fatores podem levar a uma possível extinção (BRIGGS, 2007). Além disso, a rápida detecção de espécies invasoras e áreas de mapeamento com risco potencial de invasão são algumas das principais estratégias para o controle de invasões (LENNOX et al., 2015; MAZZAMUTO et al., 2016). No presente estudo, foi realizado o monitoramento de 79 reservatórios utilizados para abastecimento público do Estado da Paraíba, região Nordeste do Brasil, durante seis anos, a fim de detectar e registrar a ocorrência de *C. furcoides* nesses mananciais. Além disso,

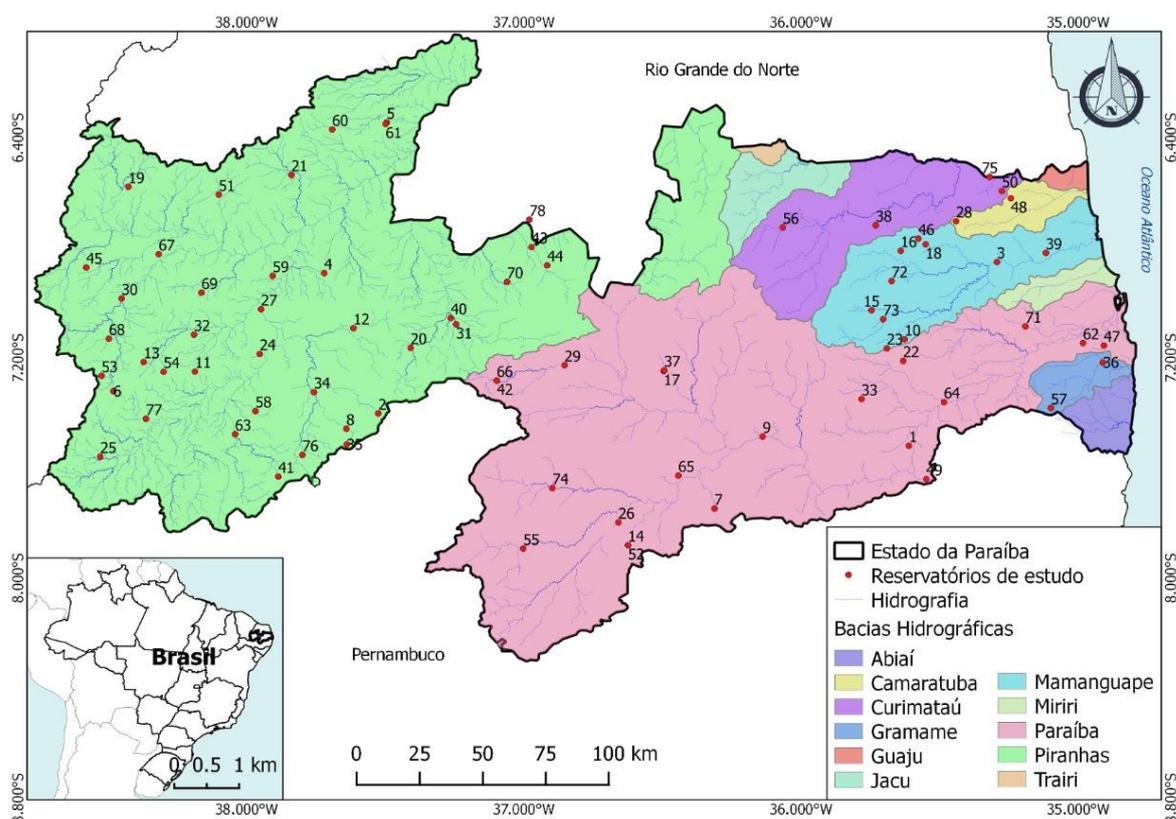
uma avaliação da distribuição espacial e temporal da espécie também foi realizada para verificar seu padrão de expansão nesses reservatórios.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado em 79 reservatórios localizados no Estado da Paraíba, Brasil, os quais estão distribuídos em seis das onze bacias hidrográficas do Estado, sendo elas (Tabela 2): Rio Camaratuba (um reservatório), Rio Curimataú (dois reservatórios), Rio Gramame (um reservatório), Rio Mamanguape (13 reservatórios), Rio Paraíba (24 reservatórios) e Rio Piranhas (38 reservatórios) (Figura 1; Tabela 1). Os reservatórios são geralmente rasos e têm usos múltiplos, como funcionamento no abastecimento de água, pesca, irrigação e entretenimento (AESAs, 2020).

Figura 1: Localização dos reservatórios estudados no Estado da Paraíba, Brasil.



Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

A bacia do Rio Camaratuba, que abrange uma área de 637,16 Km², localiza-se no Litoral Norte do Estado da Paraíba. A bacia do Rio Mamanguape também faz parte do Litoral Norte do Estado e abrange uma área de 3.522,69 Km². Ambas são caracterizadas por uma série de conflitos a respeito de degradação, atividades extrativistas, como a carcinicultura sem um acompanhamento efetivo de um órgão competente, registro de elevado índice de assoreamento dos rios principais e presença de olarias nas margens dos rios (AESAs, 2020).

Ao Norte do Estado, está localizada a Bacia do Rio Curimataú, abrangendo uma área total de 3.313,58 Km², que compreende 11 Municípios. É importante para

manutenção da população que, no entanto, utilizam seus recursos de forma indiscriminada, para agricultura, irrigação, criação de animais, provocando contaminação do ambiente, erosões, degradação da vegetação nativa em torno do rio e da mata ciliar, aumentando o índice de sedimentação e diminuindo a flora e fauna local (SILVA; NETO, 2014).

A bacia do Rio Gramame, abrange uma área de drenagem de 589,1 km² e localiza-se no Litoral Sul do Estado da Paraíba. É responsável por cerca de 70% do sistema de abastecimento d'água da chamada Grande João Pessoa, que compreende os municípios de João Pessoa, Cabedelo, Bayeux e parte de Santa Rita, e das cidades de Pedras de Fogo e Conde. No entanto, caracteriza-se por uma série de conflitos a respeito de degradação, por meio de irrigação, registro de elevado índice de assoreamento do rio principal e atividade industrial (AESAs, 2020).

A Bacia Hidrográfica do rio Paraíba, com uma área de 20.071,83 km², é a segunda maior do Estado da Paraíba, pois abrange 38% do seu território, abrigando 1.828.178 habitantes que correspondem a 52% da sua população total. Considerada uma das mais importantes do semiárido nordestino, abrange uma grande densidade demográfica, incluído as cidades de João Pessoa, capital do Estado e Campina Grande, seu segundo maior centro urbano.

Por fim, a Bacia do Rio Piranhas-Açu, totalmente inserida no clima semiárido nordestino, possui uma área de drenagem de 26.183,00 Km² no Estado da Paraíba, contemplando 102 municípios e contando com uma população de 914.343 habitantes. Trata-se de uma importante bacia para o Estado da Paraíba, pois é nela que está localizada o sistema de reservatórios Corema-Mãe D'Água, considerado estratégico para o desenvolvimento socioeconômico do Estado, que tem capacidade de armazenamento de 1,350 bilhões de m³, garantindo o abastecimento urbano e rural (AESAs, 2020).

As bacias hidrográficas e seus respectivos reservatórios citados acima estão distribuídos em regiões com dois tipos climáticos, sendo eles: As, e BSh. De acordo com a Classificação Climática de Köppen-Geiger, o tipo As se refere ao Clima tropical, megatérmico, com estação seca no Verão, enquanto o tipo BSh se refere ao clima árido, com estepes quentes de baixas latitudes e altitudes (ALVARES et al., 2013). O clima As domina, em sua maioria, nas regiões de parte do Litoral, Brejo, Agreste, em pequena faixa da região do Sertão e em toda área do Alto Sertão (FRANCISCO et al., 2015), já o clima BSh é predominante da área do Cariri/Curimataú e boa parte da área do Sertão (FRANCISCO et al., 2015), se estendendo também por todo o Planalto da Borborema (ALVARES et al., 2013).

Tabela 1: Valores mínimo e máximo da área, volume máximo, volume mínimo e profundidade máxima dos reservatórios estudados por bacia hidrográfica no Estado da Paraíba, Brasil. *, valor não informado.

Bacia hidrográfica	Reservatório	Área (m ²)	Volume máximo (m ³)	Volume mínimo (m ³)
Rio Piranhas	Albino, Bartolomeu, Bom Jesus II, Cachoeira dos Alves, Cachoeira dos Cegos, Cafundó, Capivara, Capoeira, Carneiro, Cochos, Condado, Coremas, Engenheiro Arcoverde, Engenheiros Ávidos, Farinha, Frutuoso II, Glória, Jatobá I, Jatobá II, Jenipapeiro, José Américo, Junco, Lagoa do Arroz, Paraíso, Pimenta, Poço Redondo, Queimados, Riacho das Moças, Riacho dos Cavalos, Riacho dos Ferros, Riacho dos Veados, Saco, São Francisco, São Gonçalo, São José I, São Mamede, Tavares e Vazante.	67.160 – 59.400.000	255.744 – 1.358.000.000	1.620 – 42.000.000
Rio Paraíba	Acauã, Baião, Bichinho, Camalaú, Campos, Chã dos Pereiros, Cordeiro, Epitácio Pessoa, Gavião, Gurjão, Jeremias, Manoel Macionilo, Marés, Natuba, Olho d'Água, Pindurão, Poções, Prata, Rio Tibiri, Salgado de São Félix, Sumé, São Domingos, São José II e São Salvador.	170.240 – 42.685.456	868.320 – 466.525.964	33.250 – 28.238.900
Rio Curimataú	Jandaia e Poleiros.	1.209.400 - *	79.337.700 – 10.032.266	193.420 - *
Rio Camaratuba	Duas Estradas	79.880	410.2060	*
Rio Mamanguape	Araçagi, Brejinho, Campo Verde, Canafístula II, Chupadouro II, Jangada, Lagoa do Matias, Nascimento, Nova Camará, Pitombeira, Saulo Maia, Sindô Ribeiro e Tauá	72.500 – 8.900.000	470.000 – 63.289.037	12.692,4 – 2.517.437
Rio Gramame	Gramame	8.552.990	56.937.000	350.474

Fonte: AESA, 2020.

2.2 Amostragem e análise qualitativa de *C. furcoides*

A amostragem foi realizada com frequência semanal entre janeiro de 2014 e setembro de 2020, em um único ponto do reservatório, no local de captação de água para abastecimento público, na subsuperfície da coluna d'água (0,5 m). Foram amostrados 200 mL de água, armazenadas em frascos de vidro âmbar de 250 mL e preservadas com solução de Lugol acético a 1% (BICUDO; MENEZES, 2006).

A identificação de *C. furcoides* foi realizada através da confecção de lâminas semipermanentes e visualização em microscópio óptico da marca Zeiss (modelo Lab. A1). A identificação morfológica foi realizada pela visualização da presença de uma epiteca cônica com um único chifre e uma placa 4' triangular curta, e uma hipovalva apresentando dois ou três chifres que variavam muito em comprimento (23,29-102,37 μm) (POPOVSKY; PFIESTER, 1990; MOESTRUP; CALADO, 2018).

2.3 Análise dos dados

Os dados apresentados foram analisados baseados em uma matriz de presença e ausência. Foi realizada a frequência de ocorrência (FO) de *C. furcoides* nos reservatórios, de acordo com Matteucci e Colma (1982). Para isso, foi considerado o número de amostras em que a espécie ocorreu em relação ao número total de amostras coletadas, utilizando a fórmula: $FO = P \times 100/p$, onde P = número de amostras em que a espécie foi registrada e p = número total de amostras coletadas. O número total de amostras coletadas foi determinado considerando o número de amostras coletadas a partir da data do registro de *C. furcoides* no reservatório, sendo assim o número total de amostras coletadas variou entre os reservatórios. Foram estabelecidos os seguintes critérios para a FO: muito frequente ($\geq 70\%$), frequente ($\geq 40\% < 70\%$), ocasional ($\geq 10\% < 40\%$) e raro ($< 10\%$).

Para identificar o padrão de dispersão *C. furcoides* ao longo do tempo amostrado nos reservatórios, foi realizada uma ordenação utilizando como eixos a localização dos reservatórios, por meio de coordenadas geográficas, considerando cada ano amostrado, utilizando o programa R Software para Windows (R CORE TEAM, 2018).

3. RESULTADOS

O primeiro registro de *C. furcoides* ocorreu em abril de 2016, no reservatório de Saco, sendo este o único registro que ocorreu neste ano (Tabela 2). Em 2017, os novos registros ocorreram no mês de março, nos reservatórios de Poções e Camalaú; em abril, no reservatório Epitácio Pessoa; em setembro no reservatório de São José II; e em dezembro, nos reservatórios de Jeremias, Queimados e Cafundó.

Em 2018, foi detectada a presença de *C. furcoides* em janeiro, no reservatório de Serra Grande; em junho, nos reservatórios de Bom Jesus e Riacho das Moças; em julho, no reservatório de Sumé; em setembro, nos reservatórios de Aduora Pajeú e Jatobá II; em novembro, nos reservatórios de Jenipapeiro e Poço Redondo; e em dezembro, nos reservatórios Brejinho, Pimenta e Farinha.

Em 2019, os novos registros ocorreram em janeiro, no reservatório de Campos; em março, nos reservatórios Manoel Macionilo e Glória; em maio, no reservatório de Junco do Seridó; em setembro, nos reservatórios de São Francisco, Cordeiro e Flores; em outubro, no reservatório de Nova Camará; em novembro, no reservatório Sindô Ribeiro; e no mês de dezembro, no reservatório Campo Verde.

No ano de 2020, os novos registros ocorreram em janeiro, nos reservatórios Engenheiros Ávidos e Chupadouro; em julho, no reservatório de Tavares; e, por fim, em agosto, no reservatório José Américo. Até o último monitoramento feito no âmbito dessa pesquisa, em setembro deste ano, nenhum novo registro ocorreu.

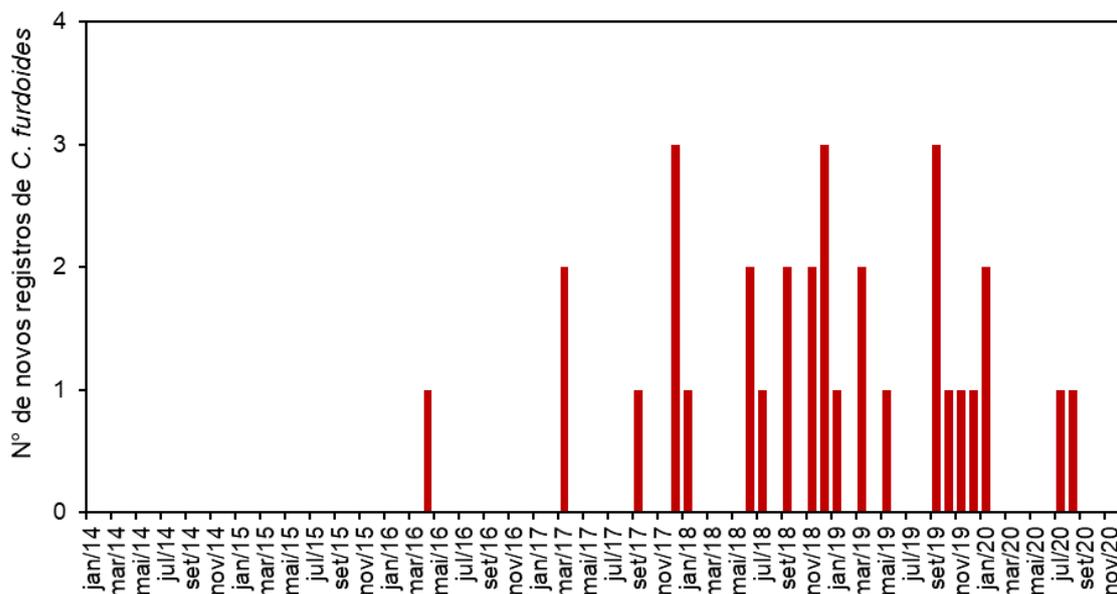
Ao todo, foram 33 novos registros de *C. furcoides* entre os anos 2014 e 2020 em reservatórios do Estado da Paraíba. Ao longo do período de amostragem, foi possível visualizar o crescente número de reservatórios com ocorrência de *C. furcoides*, onde houve um destaque para o período entre 2017 e 2018, com a maior quantidade de novas ocorrências registradas (Figura 2).

Tabela 2: Registro de ocorrência de *C. furcoides* nos reservatórios estudados, Paraíba, Brasil. -, sem novo registro de *C. furcoides*.

Mês/ Ano	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Janeiro	-	-	-	-	Serra Grande	Campos	Engenheiros Ávidos e Chupadouro
Fevereiro	-	-	-	-	-	-	-
Março	-	-	-	Poções Camalaú	-	Manoel Macionilo, Glória	-
Abril	-	-	Saco	Epitácio Pessoa	-	-	-
Maiο	-	-	-	-	-	Junco do Seridó	-
Junho	-	-	-	-	Bom Jesus e Riacho das Moças Sumé	-	-
Julho	-	-	-	-	-	-	Tavares
Agosto	-	-	-	-	-	-	José Américo
Setembro	-	-	-	São José II	Adutora Pajeú e Jatobá II	São Francisco, Cordeiro e Flores	-
Outubro	-	-	-	-	-	Nova Camará	-
Novembro	-	-	-	-	Jenipapeiro e Poço Redondo	Sindô Ribeiro	-
Dezembro	-	-	-	Jeremias, Queimados e Cafundó	Brejinho, Pimenta e Farinha	Campo Verde	-

Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

Figura 2: Número de novos registros de *C. furcoides* nos reservatórios estudados, Paraíba, Brasil, por mês amostrado.

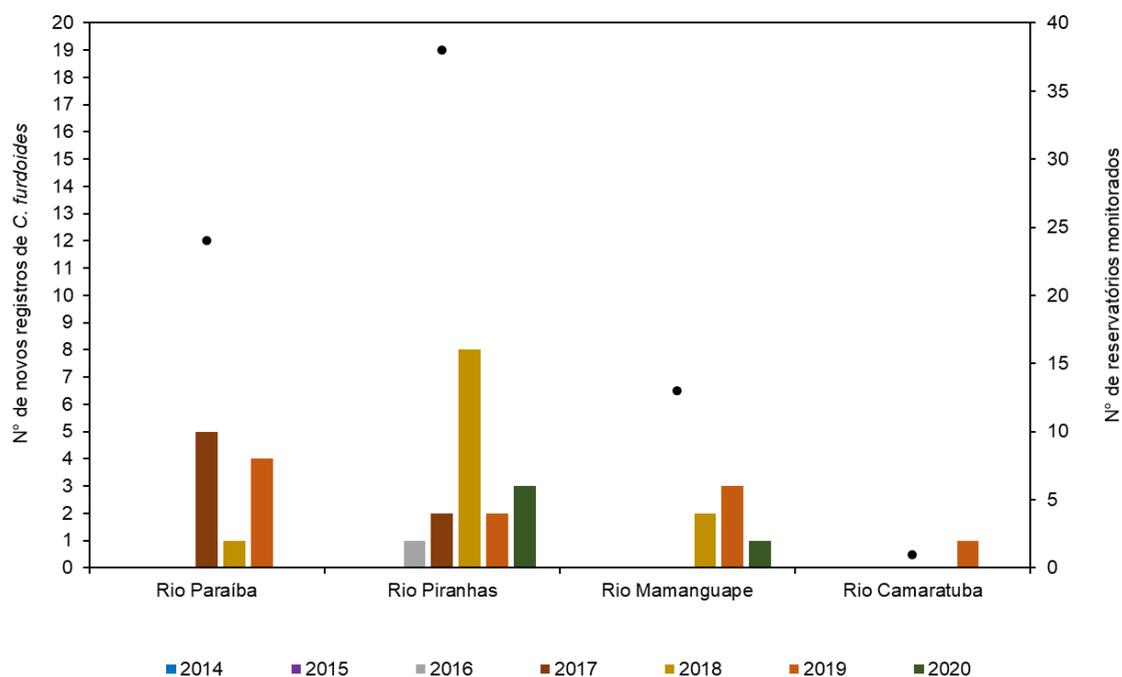


Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

Das seis bacias contempladas nesse estudo, quatro apresentaram reservatórios com registros de *C. furcoides*, onde o Rio Piranhas se destacou com 16 novos registros, seguido do Rio Paraíba com 10 novos registros, o Rio Mamanguape com seis registros e o Rio Camaratuba com um registro (Figura 3). Esses valores correspondem, respectivamente, a aproximadamente 41, 39, 46, e 100% do número total de reservatórios amostrados em cada uma dessas bacias.

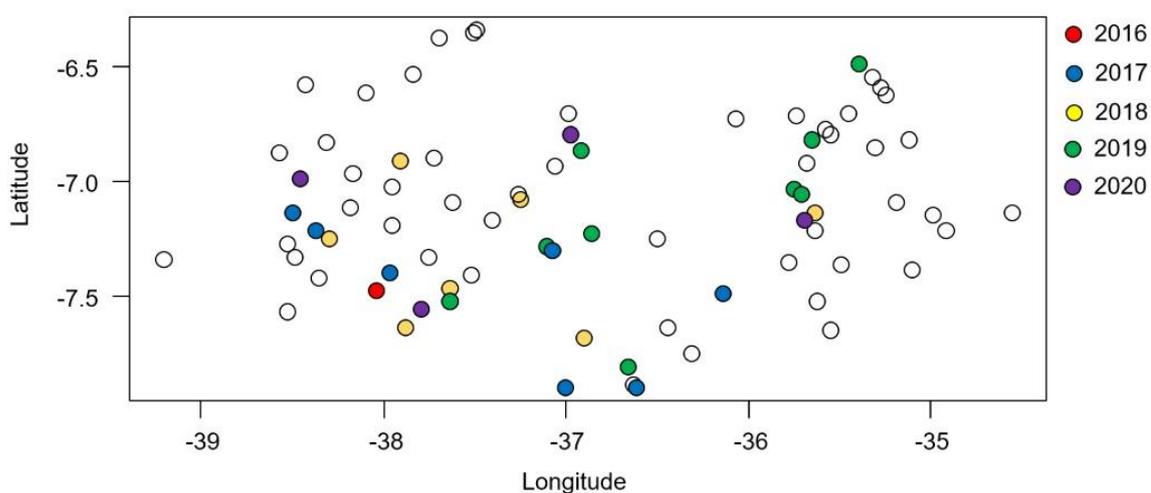
A análise de distribuição espacial e temporal de *C. furcoides* entre os reservatórios estudados mostrou que seus primeiros registros, até 2018, ocorreram principalmente entre as bacias do Rio Paraíba e Rio Piranhas, nas regiões do Sertão, Alto Sertão e ao Sul do Cariri do Estado. A partir do ano de 2019, apesar da ocorrência de novos registros nessas duas bacias terem ocorrido, houve um avanço da expansão de *C. furcoides* para a região da bacia do Rio Mamanguape, chegando até o Rio Camaratuba em direção ao Litoral do Estado. É possível ver, através da distribuição geográfica desses reservatórios, que apesar de *C. furcoides* ter se expandido por várias localidades do Estado, essa expansão foi ocorrendo a partir de pontos próximos na região do Sertão do Estado e se dispersou em direção as bacias do Litoral Norte, abrangendo reservatórios distribuídos nas duas classificações climáticas do Estado (As e BSh) (Figura4).

Figura 3: Quantidade de registros anuais de *C. furcoides* em cada Bacia Hidrográfica.



Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

Figura 4: Padrão de expansão de *C. furcoides* em reservatórios do Estado da Paraíba.

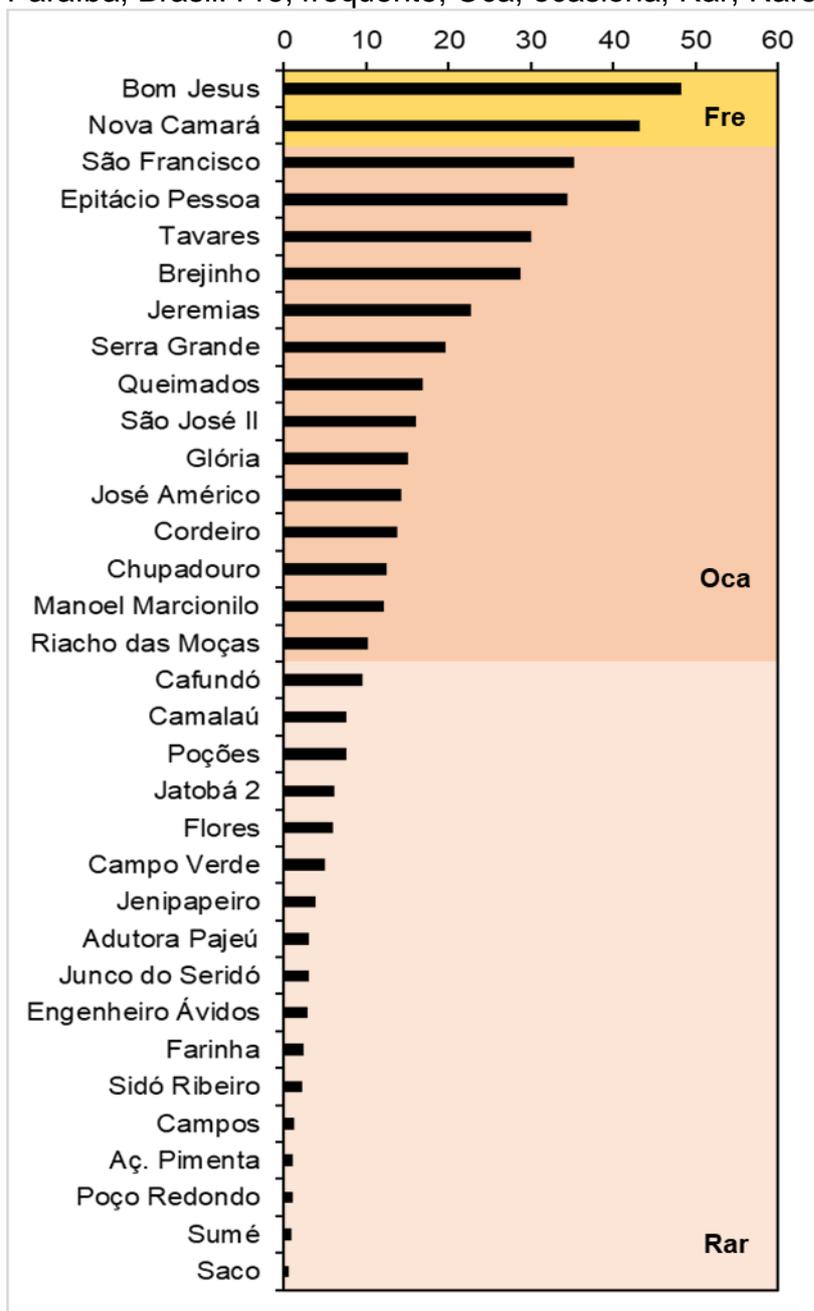


Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

A análise de frequência de ocorrência de *C. furcoides* nos reservatórios mostrou que, após o primeiro registro, a espécie foi frequente nos reservatórios de Bom Jesus e Nova Camará (Figura 5). Sua frequência foi ocasional nos

reservatórios de São Francisco, Epitácio Pessoa, Tavares, Brejinho, Jeremias, Serra Grande, Queimados, São José II, Glória, José Américo, Cordeiro, Chupadouro, Manoel Macionilo e Riacho das Moças. Nos demais reservatórios com registro de *C. furcoides* (Tabela 2), sua frequência foi tida como rara, onde o reservatório de Saco mostrou a menor frequência de ocorrência entre os demais, com apenas um registro em todo o período de monitoramento.

Figura 5: Frequência de ocorrência de *C. furcoides* em reservatórios do Estado da Paraíba, Brasil. Fre, frequente; Oca, ocasional; Rar, Raro.



Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

4. DISCUSSÕES

Foi observado em nosso estudo a invasão e expansão de *C. furcoides* em reservatórios do Estado da Paraíba durante seis anos de monitoramento. A partir do primeiro registro em abril de 2016, foram invadidos 33 reservatórios no total, o que demonstra a capacidade de dispersão dessa espécie nos reservatórios da região. Visto que o primeiro registro de *C. furcoides*, que ocorreu em abril de 2016, não foi seguido de outros neste mesmo ano, é importante ressaltar que durante o período compreendido entre os anos de 2012 até 2017, o Estado da Paraíba passou por um período de seca severa, onde houve grande redução do volume de água acumulado nos reservatórios de abastecimento (MARENGO et al., 2016; BRITO et al., 2018; CUNHA et al., 2018; SANTOS et al., 2019). Isso pode ter contido a dispersão de *C. furcoides* neste período, visto que a diminuição do volume hídrico reduziu o fluxo de água, que é um importante dispersor de organismos (SILVA et al., 2012) e desconectou hidrológicamente os reservatórios (BARBOSA et al., 2020 no prelo).

Os novos registros começaram a ocorrer novamente somente em março de 2017, nos reservatórios São José II, Poções, Camalaú e Epitácio Pessoa. Esses reservatórios são receptores das águas do Rio São Francisco, através do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional - PISF, o qual objetivou bombear água para suprir o déficit hídrico das áreas semiáridas da região Nordeste do país. Esse resultado sugere que a introdução de *C. furcoides* nesses reservatórios tenha ocorrido via transferência de água, visto que Silva et al., (2018) já haviam registrado a ocorrência dessa espécie em localidades da bacia do Rio São Francisco. Logo, a quebra do isolamento das bacias hidrográficas (GUPTA; VAN DER ZAAG, 2008), junto com as modificações que essa intervenção provoca nas condições do habitat receptor, como no fluxo, na química e na temperatura (BUNN; ARTHINGTON, 2002) são fatores facilitadores da introdução de *C. furcoides* nesses novos ecossistemas. Outro fator contribuinte para sua dispersão em outros reservatórios foi o aumento do índice pluviométrico no ano de 2017 (BARBOSA et al., 2020, no prelo), o que potencializado com a chegada das águas via transferência entre bacias, conectou vários reservatórios, facilitando sua dispersão.

A dispersão de *C. furcoides* entre os reservatórios estudados também está relacionada às características morfológicas e ecofisiológicas da espécie que definem seu sucesso e sua possível permanência nesses ambientes, e ao seu potencial de dispersão passiva, como mudanças no regime hidrológico, mudanças na qualidade da água ou transporte de seus estados de resistência (cistos) através do vento (anemocoria) ou por animais como pássaros e insetos aquáticos através de epizoocoria ou endozoocoria (NASELLI-FLORES; PADISÁK, 2016). Sua dispersão também pode ocorrer por intervenções humanas (JARAMILLO-LONDOÑO, 2018), como através da diversificação na utilização dos reservatórios estudados, outro fator facilitador de dispersão, visto que as várias atividades realizadas nesses ambientes, como navegação, aquicultura, recreação e pesca (LANTINI, 2016), permitem o trânsito de espécies entre um reservatório e outro, principalmente quando muitos reservatórios ficam mais próximos devido ao aumento do volume hídrico.

Em pequenas escalas geográficas, a dispersão passiva do fitoplâncton é influenciada pela distribuição geográfica dos corpos d'água em uma determinada área e pelos movimentos efetivos dos animais vetores entre os corpos d'água. De maneira semelhante (NASELLI-FLORES et al., 2016). Izaguirre et al. (2016), estudando 60 lagos espalhados ao longo de um gradiente latitudinal, encontrou uma diminuição significativa da riqueza de espécies do fitoplâncton com o aumento da latitude, sugerindo que exista um limite de distância para a dispersão passiva,

apesar de Silva et al., (2018) considerar que os diferentes climas ao longo do gradiente latitudinal também possam ser considerados um filtro ambiental. Com base nas datas de ocorrência de *C. furcoides* nos sistemas aquáticos brasileiros, Cavalcante et al. (2013) levantaram a hipótese de que a dispersão de *C. furcoides* possa ser radial, ou seja, ao norte e ao sul a partir do aparecimento inicial na região sudeste, corroborando com os resultados desta pesquisa onde a expansão temporal/espacial de *C. furcoides* se deu, gradativamente, a partir de distâncias relativamente curtas em pontos próximos da região do Alto Sertão para o Litoral Norte do Estado, corroborando ainda sobre a influência da distribuição dos corpos d'água e sua conectividade como facilitadores da dispersão passiva de microalgas. Em relação às variações climáticas, *C. furcoides* ocorreu em reservatórios distribuídos tanto em regiões de clima As como de BSh, mas, para afirmar se houve ou não influência dessas variações na distribuição e frequência de *C. furcoides* nesses reservatórios, é necessária uma análise mais detalhada. Outro fator que pode ser considerado como facilitador da dispersão de *C. furcoides* nos reservatórios estudados é a existência de cascatas de reservatórios, contribuindo consideravelmente para a sua propagação (PADISÁK et al., 2016).

Dos 79 reservatórios monitorados, 33 registraram a ocorrência de *C. furcoides* e apenas dois tiveram uma frequência de ocorrência pouco acima de 40%, onde os demais tiveram ocorrência ocasional ou rara. É importante ressaltar que, como a frequência de ocorrência foi calculada a partir do primeiro registro de *C. furcoides* no reservatório, não necessariamente os resultados mostrados revelam uma frequência que ocorre desde o início do período amostral, na verdade, alguns reservatórios foram registrados com primeira ocorrência já no final desse período o que torna necessário um acompanhamento maior para obtenção de um resultado mais preciso.

Apesar de várias linhas de evidência ainda sustentarem o chamado "Paradigma do Cosmopolitismo" resumido na ideia de que "Tudo está em todo lugar, mas o ambiente seleciona" pelo microbiologista holandês Baas-Becking (WILLIAMS, 2011), crença causada pela ideia de que não haveria barreiras reais para a dispersão de microrganismos de água doce, por causa de seu tamanho populacional muito alto e tamanho corporal pequeno (INCAGNONE et al., 2015), é sabido que nem sempre a chegada de um organismo em um novo ambiente determina sua frequência de ocorrência ou estabelecimento, como mostraram os resultados dessa pesquisa, onde a grande maioria dos reservatórios que registraram ocorrência de *C. furcoides*, tiveram frequência ocasional ou rara. Essa frequência rara ou mesmo o não achado nas demais amostras pode indicar problemas metodológicos durante a amostragem, uma vez que as amostras foram coletadas da subsuperfície e a espécie pode migrar verticalmente na coluna d'água, como quando altas densidades de espécies de *Ceratium* foram encontradas em até 7 m de profundidade, onde as condições de luz são mais adequadas ou devido à estratificação (HARRIS et al., 1979).

Além disso, as condições limnológicas e climáticas locais devem ser levadas em consideração no que se refere a permanência da espécie no ambiente em que foi inserida (JARAMILLO-LONDOÑO, 2018). Além da área de superfície dos ecossistemas receptores, a ocorrência e frequência de registros de colonização também são relacionadas à vários outros fatores como, por exemplo, o número de ecossistemas adequados em uma determinada área e sua distância relativa, o tamanho dos inóculos, a natureza e disponibilidade dos vetores de dispersão e a extensão dos filtros ambientais (NASELLI-FLORES; PADISÁK, 2016), ligados às

diferentes características físicas, químicas e biológicas do ecossistema receptor, que podem prevenir o estabelecimento da espécie migrante (INCAGNONE et al., 2015, NEĆMCOVA´ et al., 2015). Apesar de não haver consenso sobre as condições ambientais que contribuem para o estabelecimento de *C. furcoides*, visto que espécies do gênero foram observadas em ambientes profundos e rasos, oligotróficos e eutróficos e de médio a grande porte (PADISÁK et al., 2009).

5. CONCLUSÃO

Este trabalho contribui para o banco de dados de registros de bioinvasões por espécies aquáticas, mostrando o potencial de dispersão de *C. furcoides*, registrando 33 novas ocorrências em reservatórios do Estado da Paraíba, distribuídos em quatro bacias hidrográficas, que abrangem áreas com duas classificações climáticas distintas. A dispersão dessa espécie foi relacionada principalmente à distribuição geográfica dos corpos d'água e às intervenções antropogênicas, onde foram citadas e observadas a diversificação na utilização dos reservatórios e a obra de transferência entre bacias, como potenciais agentes dispersores.

Destaca-se aqui, a importância da continuidade dos monitoramentos acerca da qualidade hídrica dos reservatórios, para identificação de possíveis desequilíbrios ecológicos e para manutenção desse serviço de abastecimento, importante para o bem-estar, saúde e qualidade de vida das populações humanas, alertando para a ocorrência frequente da espécie em dois dos reservatórios analisados, sendo os demais apresentados com frequência ocasional ou rara, resultados que não podem ser ignorados visto os efeitos negativos que as altas densidades das florações de *C.furcoides* podem causar.

Por fim, apesar de mostrar o potencial de dispersão de *C. furcoides*, esta pesquisa por si só, não estabelece a dinâmica populacional desse dinoflagelado, nem determina qual o efeito que sua população está causando na biota destes corpos d'água, o que torna necessário um trabalho muito mais detalhado e prolongado, com levantamentos sobre as condições limnológicas e climáticas de cada local onde se estabelecem, para uma resposta mais detalhada sobre as consequências do estabelecimento desses organismos nos ambientes em que foram inseridos.

REFERÊNCIAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2020. **Volume dos açudes**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/>>. Acesso em: ago. de 2020.

ALPERT, P.; BONE, E.; HOLZAPFEL, C. Invasiveness, invasibility and the role of environmental stress in the spread of non-native plants. **Perspectives in plant ecology, evolution and systematics**, v. 3, n. 1, p. 52-66, 2000.

ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., DE MORAES GONÇALVES, J. L., & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BARBOSA, J. E. L.; SEVERIANO, J. S.; CAVALCANTE, H.; SILVA, D. L.; MENDES, C. F.; BARBOSA, V. V.; SILVA, R. D. S.; OLIVERA, D. A.; MOLOZZI, J. Impacts of

inter-basing water transfer on the water quality of receiving reservoirs in a tropical semi-arid region. **Hydrobiologia**, 2018, no prelo.

BERTHON, K. How do native species respond to invaders? Mechanistic and trait-based perspectives. **Biological Invasions**, v. 17, n. 8, p. 2199-2211, 2015.

BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil. **São Carlos, Rima**, ed. 2, p. 502, 2006.

BRIGGS, J. C. Marine biogeography and ecology: invasions and introductions. **Journal of Biogeography**, v. 34, n. 2, p. 193-198, 2007.

BRITO, S. S. B., CUNHA, A. P. M., CUNNINGHAM, C. C., ALVALÁ, R. C., MARENGO, J. A., & CARVALHO, M. A. Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. **International Journal of Climatology**, v. 38, n. 2, p. 517-529, 2018.

BUNN, S. E.; ARTHINGTON, A. H. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. **Environmental management**, v. 30, n. 4, p. 492-507, 2002.

BUSTAMANTE G. C.; RAMÍREZ, R. J. J.; BOLTOVSKOY, A.; VALLEJO, A. 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.

CALADO, A. J.; LARSEN, J. On the identity of the type species of the genus *Ceratium* Schrank (Dinophyceae), with notes on *C. hirundinella*. **Phycologia**, v. 36, n. 6, p. 500-505, 1997.

CAVALCANTE, K. P.; DE SOUZA CARDOSO, L.; SUSSELLA, R.; BECKER, V. 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.

CAVALCANTE, K. P.; ZANOTELLI, J. C.; MÜLLER, C. C.; SCHERER, K. D., FRIZZO, J. K., LUDWIG, T. A. V., DE SOUZA CARDOSO, L. First record of expansive *Ceratium* Schrank, 1793 species (Dinophyceae) in Southern Brazil, with notes on their dispersive patterns in Brazilian environments. **Check List**, v. 9, n. 4, p. 862-866, 2013.

CUNHA, A. P. M., TOMASELLA, J., RIBEIRO-NETO, G. G., BROWN, M., GARCIA, S. R., BRITO, S. B., & CARVALHO, M. A. Changes in the spatial-temporal patterns of droughts in the Brazilian Northeast. **Atmospheric Science Letters**, v. 19, n. 10, p. e855, 2018.

EWERTS, H. E.; 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. 739-750, 2013.

FRANCISCO, P. R. M., MEDEIROS, R. D., SANTOS, D., & MATOS, R. D. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 04, p. 1006-1016, 2015.

HARRIS, G. P.; HEANEY, S. I.; TALLING, J. F. Physiological and environmental constraints in the ecology of the planktonic dinoflagellate *Ceratium hirundinella*. **Freshwater Biology**, v. 9, n. 5, p. 413-428, 1979.

HART, R. C.; WRAGG, P. D. 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**, v. 35, n. 4, 2009.

HICKEL, B.. Sexual reproduction and life cycle of *Ceratium furcoides* (Dinophyceae) in situ in the lake Plußsee (FR). In: **Flagellates in Freshwater Ecosystems**. Springer, Dordrecht, p. 41-48, 1988.

INCAGNONE, G., MARRONE, F., BARONE, R., ROBBA, L., & NASELLI-FLORES, L. How do freshwater organisms cross the “dry ocean”? A review on passive dispersal and colonization processes with a special focus on temporary ponds. **Hydrobiologia**, v. 750, n. 1, p. 103-123, 2015.

ISSG. Global Invasive Species Database. Ref Type: **Internet Communication**, 2008.

IZAGUIRRE, I., S., J. F., SCHIAFFINO, M. R., VINOCUR, A., TELL, G., SÁNCHEZ, M. L., ... & SINISTRO, R. Drivers of phytoplankton diversity in Patagonian and Antarctic lakes across a latitudinal gradient (2150 km): the importance of spatial and environmental factors. **Hydrobiologia**, v. 764, n. 1, p. 157-170, 2016.

JARAMILLO-LONDOÑO, J. C. *Ceratium furcoides* (Dinophyceae): an invasive dinoflagellate in an equatorial high Andean reservoir in Colombia. **Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica**, v. 21, n. 1, p. 265-269, 2018.

KAŠTOVSKÝ, J., HAUER, T., MAREŠ, J., KRAUTOVÁ, M., BEŠTA, T., KOMÁREK, J., ... & JANEČEK, E. A review of the alien and expansive species of freshwater cyanobacteria and algae in the Czech Republic. **Biological Invasions**, v. 12, n. 10, p. 3599-3625, 2010.

KERNAN, M. Climate change and the impact of invasive species on aquatic ecosystems. **Aquatic Ecosystem Health & Management**, v. 18, n. 3, p. 321-333, 2015.

LATINI, A. O.; RESENDE, D. C.; POMBO, V. B.; CORADIN, L. (Org.). **Espécies exóticas invasoras de águas continentais no Brasil**. Brasília: MMA, p.791, (Série Biodiversidade, 39), 2016.

LENNOX, R.; CHOI, K.; HARRISON, P.M.; PATERSON, J. E.; PEAT, T. B.; WARD, T. D.; COOKE, S. J. Improving science-based invasive species management with physiological knowledge, concepts, and tools. **Biological Invasions**, v. 17, n. 8, p. 2213-2227, 2015.

MACEDO, I. M. E. Occurrence of *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 (Dinophyceae: Ceratiaceae) in Two Reservoirs of the Capibaribe Watershed Located in Semiarid Region| Ocorrência de *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 (Dinophyceae: Ceratiaceae) em Dois Reservatórios da Baía de Capibaribe Localizada na Região Semiárida. **Revista Geama**, v. 2, n. 3, p. 300-308, 2016.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Climanálise**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2016.

MATSUMURA-TUNDISI, T., TUNDISI, J. G., LUZIA, A. P., & DEGANI, R. M. 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.

MAZZAMUTO, M. V., GALIMBERTI, A., CREMONESI, G., PISANU, B., CHAPUIS, J. L., STUYCK, J., ... & WAUTERS, L. A. Preventing species invasion: A role for integrative taxonomy?. **Integrative zoology**, v. 11, n. 3, p. 214-228, 2016.

MEICHTRY DE ZABURLIN, N.; BOLTOVSKOY, A.; ROJAS, C. C.; RODRIGUEZ, R. M. Primer registro del dinoflagelado invasor *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 en la Argentina y su distribución en el área de influencia del Embalse Yacyretá (río Paraná, Argentina-Paraguay). **Limnetica**, v. 33, n. 1, p. 153-160, 2014.

MEICHTRY DE ZABURLÍN, N.; VOGLER, R. E., MOLINA, M.J.; LLANO, V.M. Potential distribution of the invasive freshwater dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans (Dinophyta) in South America. **Journal of phycology**, v. 52, n. 2, p. 200-208, 2016.

MOESTRUP, Ø.; CALADO, A. J. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 6-Freshwater Flora of Central Europe, **Dinophyceae**. Springer-Verlag, v. 6, 2018.

MOONEY, H. A. Invasive alien species: the nature of the problem. **Scope-Scientific Committee on Problems of the Environment International Council of Scientific Unions**, v. 63, p. 1, 2005.

MORALES, E. A. Floración de *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans (Dinoflagellata, Dinophyceae) em la represa de La Angostura, Cochabamba, Bolivia. **Acta Nova**, v.7, n.4, p. 385-398, 2016.

NAPIÓRKOWSKA-KRZEBIETKE, A.; DUNALSKA, J. A.; ZĘBEK, E. Taxa-specific eco-sensitivity in relation to phytoplankton bloom stability and ecologically relevant lake state. **Acta Oecologica**, v. 81, p. 10-21, 2017.

NASELLI-FLORES, L.; PADISÁK, J. Blowing in the wind: how many roads can a phytoplankton walk down? A synthesis on phytoplankton biogeography and spatial processes. **Hydrobiologia**, v. 764, n. 1, p. 303-313, 2016.

NASELLI-FLORES, L.; TERMINE, R.; BARONE, R. Phytoplankton colonization patterns. Is species richness depending on distance among freshwaters and on their connectivity?. **Hydrobiologia**, v. 764, n. 1, p. 103-113, 2016.

NĚMCOVÁ, Y., PUSZTAI, M., ŠKALOUDOVÁ, M., & NEUSTUPA, J. Silica-scaled chrysophytes (Stramenopiles, Ochrophyta) along a salinity gradient: a case study from the Gulf of Bothnia western shore (northern Europe). **Hydrobiologia**, v. 764, n. 1, p. 187-197, 2016.

NICHOLLS, K. H.; KENNEDY, W.; HAMMETT, C. A fish-kill in Heart Lake, Ontario, associated with the collapse of a massive population of *Ceratium hirundinella* (Dinophyceae). **Freshwater Biology**, v. 10, n. 6, p. 553-561, 1980.

NISHIMURA, P. Y.; POMPÊO, M.; MOSCHINI-CARLOS, V. Invasive dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans in two linked tropical reservoirs. **M. Pompêo, M., V. Moschini-Carlos, PY Nishimura, SC Silva, & JCL Doval.(Eds.), Ecologia de reservatórios e interfaces**, p. 132-142, 2015.

OLIVEIRA, C. Y. B. & OLIVEIRA, C. D. L. Geographical distribution of exotic dinoflagellate of freshwater *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 in Brazil. **Revista de Biologia Neotropical/Journal of Neotropical Biology**, v. 15, n. 2, p. 109-113, 2018.

OLIVEIRA, C. Y. B. **Microalgas do Semiárido: Florações nocivas, variabilidade sazonal e suas possíveis aplicações biotecnológicas**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.

OLIVEIRA, H. S.; MOURA, A.; CORDEIRO-ARAÚJO, M. First record of *Ceratium Schrank, 1973* (Dinophyceae: Ceratiaceae) in freshwater ecosystems in the semiarid region of Brazil. **Check List**, v. 7, p. 626, 2011.

OLRIK, K. **Phytoplankton-Ecology: Determining Factors for the Distribution of Phytoplankton in Freshwater and the Sea**. Ministry of the Environment, Danish Environmental Protection Agency, 1994.

PADISÁK, J.; CROSSETTI, L. O.; NASELLI-FLORES, L. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates, *Hydrobiol.* 621: 1-19. 2009.

PADISÁK, J.; VASAS, G.; BORICS, G. Phycogeography of freshwater phytoplankton: traditional knowledge and new molecular tools. **Hydrobiologia**, v. 764, n. 1, p. 3-27, 2016.

PARK, Y. S., J.; CHANG, LEK, S.; CAO, W. & BROSSE, S. Conservation strategies for endemic fish species threatened by Three Gorges Dam. **Conservation Biology**, v. 17, p. 1748-1758, 2003.

PEJCHAR, L.; MOONEY, H. A. Invasive species, ecosystem services and human well-being. **Trends in ecology & evolution**, v. 24, n. 9, p. 497-504, 2009.

POLLINGHER, U. Ecology of dinoflagellates. **The Biology of Dinoflagellates. B. Freshwater Ecosystems. Botanical Monographs**, v. 21, p. 502-529, 1987.

POLLINGHER, U. Freshwater armored dinoflagellates: growth, reproduction strategies, and population dynamics. **Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton**, p. 134-174, 1988.

POPOVSKÝ, J.; PFIESTER, L. A. Dinophyceae (Dinoflagellida). In '**Süßwasserflora von Mitteleuropa**'. (Eds H. Ettl, J. Gerloff, H. Heyning, and D. Mollenhauer.), v. 6, p. 272, 1990.

REYNOLDS, C. S. **The ecology of freshwater phytoplankton**. Cambridge university press, 1984.

SANTOS, S. R. Q.; AMARAL, A. P. M. C.; RIBEIRO-NETO, G. G. Avaliação de dados de precipitação para o monitoramento do padrão espaço-temporal da seca no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, 2019.

SANTOS-WISNIEWSKI, M. J. SILVA, L. C.; LEONE, I. C.; LAUDARES-SILVA, R.; ROCHA, O. 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, L. C. D., LEONE, I. C., SANTOS-WISNIEWSKI, M. J. D., PERET, A. C., & ROCHA, O. Invasion of the dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 at tropical reservoir and its relation to environmental variables. **Biota Neotropica**, v. 12, n. 2, p. 93-100, 2012.

SILVA, M. R.; NETO, B. M. Análise Geográfica da Bacia do Rio Curimataú no Território Paraibano. **Anais do VII Congresso Brasileiro de Geógrafos**, 2014.

SILVA, W. J. D., NOGUEIRA, I. D. S., MELO-MAGALHÃES, E. M. D., BENÍCIO, S. H. M., PESSOA, S. M., & MENEZES, M. Expansion of invasive *Ceratium furcoides* (Dinophyta) toward north-central Brazil: new records in tropical environments. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 30, 2018.

SMALLEY, G. W.; COATS, D. W. Ecology of the red-tide dinoflagellate *Ceratium furca*: distribution, mixotrophy, and grazing impact on ciliate populations of Chesapeake Bay. **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 49, n. 1, p. 63-73, 2002.

SMALLEY, G. W. Mixotrophy in the red-tide dinoflagellate *Ceratium furca*, with emphasis on feeding biology and ecology. 2003.

SOUZA, R. C. C. L.; CALAZANS, S. H.; SILVA, E. P. Impacto das espécies invasoras no ambiente aquático. **Ciência e cultura**, v. 61, n. 1, p. 35-41, 2009.

STEFANIAK, K.; GOLDYN, R.; KOWALCZEWSKA-MADURA, K. Changes of summer phytoplankton communities in Lake Swarzedzkie in the 2000-2003 period. **Oceanological and Hydrobiological Studies**, n. 36, 2007.

STRAYER, D. L. Alien species in fresh waters: ecological effects, interactions with other stressors, and prospects for the future. **Freshwater biology**, v. 55, p. 152-174, 2010.

SUKENIK, A., HADAS, O., KAPLAN, A., & QUESADA, A. Invasion of Nostocales (cyanobacteria) to subtropical and temperate freshwater lakes—physiological, regional, and global driving forces. **Frontiers in microbiology**, v. 3, p. 86, 2012.

VAN GINKEL, C. E.; HOHLS, B. C.; VERMAAK, E. A. *Ceratium hirundinella* (OF Müller) bloom in Hartbeespoort Dam, South Africa. **Water SA**, v. 27, n. 2, p. 269-276, 2001.

VIEIRA, P. R.; PRUSKI, F. F.; SOUZA, J. R. C. Dimensionamento de reservatório para região semiárida pelo uso de séries sintéticas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 9, p. 581-589, 2020.

WILLIAMS, D. M. Historical biogeography, microbial endemism and the role of classification: everything is endemic. **Biogeography of Microscopic Organisms. Is Everything Small Everywhere**, p. 11-31, 2011.