

Variação espacial do fitoplâncton e sua relação com variáveis limnológicas no Rio Ibirapuitã, Área de Proteção Ambiental do Ibirapuitã, Bioma Pampa

Lezilda Carvalho Torgan* , Zulanira Meyer Rosa, Vera Regina Werner 
& Sandra Maria Alves-da-Silva

Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do RS, atual Divisão de Pesquisa e Manutenção de Coleções Científicas, Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do RS, 90690-000, Porto Alegre, RS, Brasil.

*Autor para correspondência: lezilda.torgan@gmail.com

Recebido em: 21.IX.2023

Aceito em: 07.X.2025

RESUMO – O Rio Ibirapuitã é o principal recurso hídrico da Área de Proteção Ambiental do Ibirapuitã, entretanto o fitoplâncton e as condições limnológicas deste sistema são desconhecidos. Nosso estudo teve como objetivo conhecer a composição e atributos da estrutura da comunidade fitoplanctônica e sua variação espacial neste rio relacionadas as variáveis limnológicas. As coletas foram realizadas em seis estações, no outono e primavera de 2011 e outono de 2012. Os resultados revelaram que o fitoplâncton esteve composto por nove classes taxonômicas, sendo mais representativas Bacillariophyceae (39%) e Chlorophyceae (30%) dos táxons identificados. Os atributos densidade, diversidade específica e homogeneidade não apresentaram variação espacial significativa ao longo do rio. A riqueza variou entre 10 e 42 espécies e foi significativamente maior no trecho superior em reação ao inferior do rio, acompanhada pela menor e maior condutividade elétrica, respectivamente. A temperatura da água e condutividade elétrica mostraram relação negativa significativa com *Monoraphidium contortum*, *Cryptomonas ovata* e *C. obovata* e relação significativa positiva com *Didymocystis comasii*, *Monoraphidium contortum*, *Scenedesmus cf. ecornis* e *Spermatozopsis exultans*. Em síntese, a composição e a riqueza do fitoplâncton no Rio Ibirapuitã, no período de estudo, demonstraram a variação espacial, relacionadas às variáveis temperatura e condutividade da água.

Palavras-chave: condições ambientais, potamoplâncton, sistema lótico, Sul do Brasil

ABSTRACT - Spatial variation of phytoplankton and its relationship with limnological variables in the Ibirapuitã River, Ibirapuitã Environmental Protection Area, Pampa Biome. The Ibirapuitã River is the main water resource in the Ibirapuitã Environmental Protection Area, but the phytoplankton and limnological conditions of this system are unknown. Our study aimed to determine the composition and attributes of the phytoplankton community structure and its spatial variation in this river in relation to limnological variables. Samples were collected at six stations in the fall and spring of 2011 and fall of 2012. The results revealed that the phytoplankton consisted of nine taxonomic classes, with Bacillariophyceae (39%) and Chlorophyceae (30%) being the most prevalent identified taxa. The attributes of density, specific diversity, and homogeneity did not show significant spatial variation along the river. Richness varied between 10 and 42 species, being significantly greater in the upper section of the river than in the lower section, which was accompanied by lower and higher electrical conductivity, respectively. There was a significant negative relationship between water temperature and electrical conductivity and *Monoraphidium contortum*, *Cryptomonas ovata*, and *C. obovata* and a significant positive relationship with *Didymocystis comasii*, *Monoraphidium contortum*, *Scenedesmus cf. ecornis*, and *Spermatozopsis exultans*. In summary, among the community attributes, only richness, together with composition, showed spatial variation, being related to the temperature and water conductivity variables.

Keywords: environmental conditions, potamoplankton, lotic system, southern Brazil

INTRODUÇÃO

A Área de Proteção Ambiental (APA) do Ibirapuitã é a única Unidade de Conservação Federal do Bioma Pampa, encontra-se localizada no sudoeste do Rio Grande do Sul, junto à fronteira do Brasil com o Uruguai. Caracteriza-se por apresentar extensas planícies, entremeadas por coxilhas cobertas por vegetação rasteira, pequenos arbustos e capões de mata, sendo o Rio Ibirapuitã o principal sistema hídrico, motivo pelo qual a APA recebe o referido nome.

O termo Ibirapuitã é um nome indígena e significa “arroio da madeira vermelha”, devido à presença marcante na região de “angico-vermelho”, a *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, árvore da família Fabaceae. O rio percorre por 100 km a APA na direção sul-norte, indo desaguar no Rio Ibicuí, principal afluente da margem esquerda do Rio Uruguai, em território brasileiro. O sistema fluvial do Rio Ibirapuitã foi abordado sob o enfoque de aspectos físicos, relacionados a topografia, litologia tectônica e uso do solo em resposta hidrológicas da bacia por Grehs (2003) e em

relação à demanda de água pela população, pecuária e lavoura de arroz irrigado na Bacia do Rio Ibicuí (Paiva et al., 2000). A comunidade aquática neste rio foi pouco investigada. Podemos citar os estudos da ictiofauna e de esponjas de água doce realizados por Bertaco & Azevedo (2013) e Tavares-Frigo et al. (2015), respectivamente. Os estudos taxonômicos da fitoflora da classe Euglenophyceae foram publicados por Alves-da-Silva & Klein (2015) e Alves-da-Silva et al. (2016, 2017), e o de Zygnemaphyceae por Burliga et al. (2016).

O rio Ibirapuitã é o principal recurso hídrico da APA, suas águas são amplamente utilizado para irrigação, abastecimento doméstico, atividades recreativas e produção agropastoril. Estudos das condições físicas, químicas e do fitoplâncton faziam-se necessárias para a avaliação da qualidade de suas águas. Nosso estudo, portanto, teve como objetivo conhecer a variação espacial da composição e dos atributos do fitoplâncton ao longo do Rio Ibirapuitã e verificar sua relação com as variáveis limnológicas, como base de conhecimento para futuros estudos comparativos a serem realizados neste sistema hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostragens foram efetuadas em três campanhas C1 (março de 2011 - outono), C2 (novembro de 2011 - primavera) e C3 (março de 2012 - outono) e em seis estações ao longo do Rio Ibirapuitã (E1-E6) (Tab. 1, Fig. 1). Pela dificuldade de acesso ao rio algumas coletas foram realizadas em trechos rasos que permitem o acesso, locais conhecidos como "Passo" (Fig. 2).

As amostras de fitoplâncton foram coletadas com passagem de frascos na subsuperfície da água, sendo fixadas com solução de lugol acético (1:100) e mantidas sob refrigeração até a análise. Amostragem com rede de plâncton, com malha de 30 µm de abertura, também foram efetuadas e conservadas com formaldeído a 4% para auxiliar na identificação dos táxons.

As análises qualitativa e quantitativa do fitoplâncton foram efetuadas em câmaras de sedimentação ao microscópio de luz invertida, expressa em densidade de ind. mL⁻¹ (Utermöhl 1958), buscando atingir eficiência amostral mínima de 80%, de acordo com Pappas & Stoermer (1996). O critério de táxons abundante e dominante foi baseado em Lobo & Leighton (1986). Para o cálculo da diversidade específica de Shannon-Wiener (H') e para o

de equitatividade (J) utilizou-se o software Past (Hammer et al. 2001).

A análise das espécies foi realizada em microscópios ópticos Leica DMLS e DMLB e Zeiss Axioplan, entre lâmina e laminula. A classificação taxonômica foi baseada em Hoek et al. (1995). Para identificação dos táxons foram utilizadas principalmente as obras de Huber-Pestalozzi (1955), Croasdale et al. (1983) Komárek & Fott (1983), Starmach (1985), Tell & Conforti (1986), Comas (1996), Komárek & Anagnostidis (1998, 2005), Metzeltin et al. (2005), Bicudo & Menezes (2017), Lange-Bertalot et al. (2011) e Komárek (2013). As amostras encontram-se tombadas no Herbário Prof. Dr. Alarich R.H. Schultz (HAS) do Museu de Ciências Naturais, Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura

Simultaneamente, foram coletadas amostras de água para análise em laboratório das variáveis sílica (mg. L⁻¹), matéria orgânica (mg. O₂ L⁻¹) fósforo total (mg. L⁻¹), amônia, nitrato e nitrito em (mg. L⁻¹), segundo as técnicas descritas em APHA (2005). No local, com o aparelho Horiba modelo U50, foram medidos dados de temperatura (°C) pH, oxigênio dissolvido (mg L⁻¹) e condutividade da água (µS cm⁻¹). Para as medidas de profundidade e transparência utilizou-se o disco Secchi. A corrente foi medida com o medidor de velocidade de água e vento marca JDC, modelo Flowatch FL-K2. A saturação do oxigênio foi calculado pela fórmula apresentada no manual de qualidade da água (Embrapa- Documentos 135 2011).

Os dados da precipitação pluviométrica de Alegrete e Sant'Ana do Livramento, no período de janeiro/2011 a maio/2012, foram obtidos no Serviço Geológico do Brasil (CPRM-Porto Alegre/RS).

Foram realizadas análises de variância para verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas nos valores dos atributos da comunidade de algas em relação as dos trechos superior do rio (E1, E2, E3) e inferior (E4, E5, E6). As hipóteses – (H₀) = não existe diferença entre os grupos e H₁ = os grupos são diferentes – foram testadas via aleatorização (Pillar & Orlóci 1996). Quando verificada a existência de diferença, contrastes (comparação de cada grupo contra todos os outros grupos) foram utilizados para determinar que grupos foram diferentes entre si. As análises de variância foram realizadas utilizando o software MULTIV, versão beta 3.13 (Pillar 2006).

A Análise de Correspondência Canônica (CCA) foi realizada com objetivo de verificar a relação entre

Tabela 1. Estações de amostragem no Rio Ibirapuitã, nos limites da APA, com as respectivas coordenadas e os municípios abrangidos.

Estações	Coordenadas	Municípios
E1 Nascente do Rio Ibirapuitã	30° 48' 04,8"S -55° 37' 32"O	Sant'Ana do Livramento
E2 Passo do Cerrito	30° 37' 36"S -55° 40' 56"O	Sant'Ana do Livramento
E3 Passo do Ferrão	30° 27' 24"S -55° 42' 37"O	Sant'Ana do Livramento
E4 Estância Maronna	30° 06' 10"S -55° 40' 03"O	Alegrete
E5 Passo da Cancela	30° 00' 04"S -55° 43' 04"O	Alegrete
E6 Estância Sabrito	29° 59' 10"S -55° 45' 27"O	Alegrete

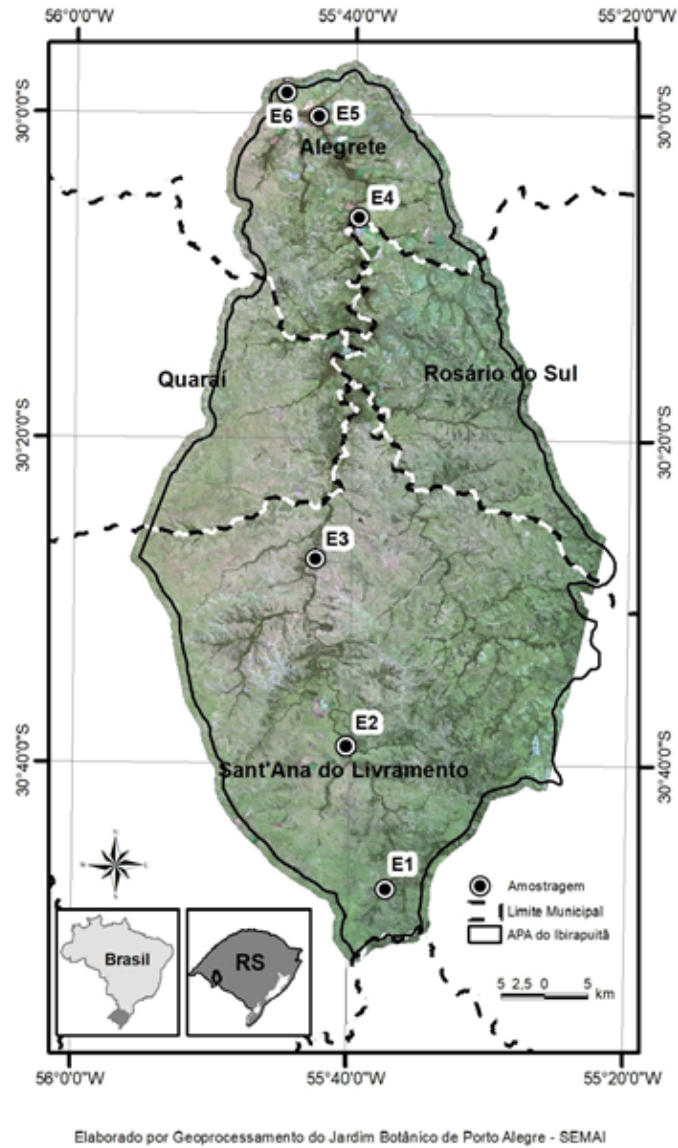


Figura 1. Localização das estações de amostragem na Bacia Hidrográfica do Rio Ibirapuitã, nos limites da APA do Ibirapuitã, Rio Grande do Sul.



Figura 2. Vista dos passos no Rio Ibirapuitã. A. Passo de Ferrão; B. Passo do Cerrito nos limites da APA, Município Sant'Ana do Livramento (Fotos: Sandra Maria Alves da Silva).

a composição e densidade de espécies e as variáveis limnológicas avaliadas nas seis estações do Rio Ibirapuitã. Esta análise permite identificar as principais tendências de variação das comunidades observadas ao longo dos gradientes ambientais (Legendre & Legendre 1998; Palmer 1993; Ter Braak 1986). Foram utilizadas apenas as espécies que apresentaram densidade total superior a 1% a fim de obter resultados sem ruídos. Os dados das espécies sofreram transformações logarítmicas, $\log(x+1)$. Foi realizada uma seleção de modelos (*stepwise selection*) para identificar as variáveis que melhor explicam a composição e abundância das comunidades (e possuem significância estatística).

Para avaliar semelhanças entre as estações e períodos de amostragem foi realizada análise de agrupamento (*cluster*) com base nas variáveis limnológicas. Nesta análise foi aplicada transformação logarítmica utilizando-se como medida de dissimilaridade a distância euclidiana e como critério de agrupamento o método de agrupamento hierárquico de Ward, também conhecido como método de Variância Mínima. A nitidez dos grupos gerados foi avaliada através de auto-reamostragem. As probabilidades foram geradas em 1.000 iterações, sendo que grupos com probabilidades acima do limiar estabelecido ($\alpha=0,05$) foram considerados significativos (Manly 2005, Pillar 1999). A Análise de Correspondência Canônica e a Análise de Agrupamento foram realizadas no software R (R Core Team 2012). Para avaliar a formação de grupos nítidos na Análise de Agrupamento foi utilizado o software MULTIV versão beta 3.13 (Pillar 2006).

RESULTADOS

Condições limnológicas do Rio Ibirapuitã

Nos períodos amostrados (março, novembro de 2011 e março de 2012) correspondentes às estações de outono (março) e primavera (novembro), a pluviosidade foi baixa, entre 50 e 65 mm (Fig. 3). Apesar de ter sido registrada alta pluviosidade em dezembro de 2011, a segunda campanha foi realizada entre o final de novembro e primeiros dias de dezembro quando choveu na véspera da coleta somente 11,7 mm, depois de dez dias com ausência de precipitação.

A condutividade elétrica apresentou menores valores no curso superior do rio (E1 e E2) com aumento gradativo

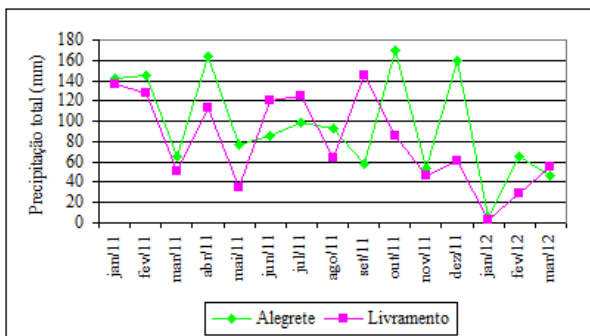


Figura 3. Variação da pluviosidade total em Alegrete e Santana do Livramento, RS, Brasil, de janeiro de 2011 a março de 2012. Períodos das amostragens: março de 2011, novembro de 2011 e março de 2012.

nos cursos médio e inferior. O maior valor ($235 \mu\text{S cm}^{-1}$) foi registrado na E3 no outono de 2011 e o menor ($66 \mu\text{S cm}^{-1}$) na E1, na primavera do mesmo ano (Fig. 4).

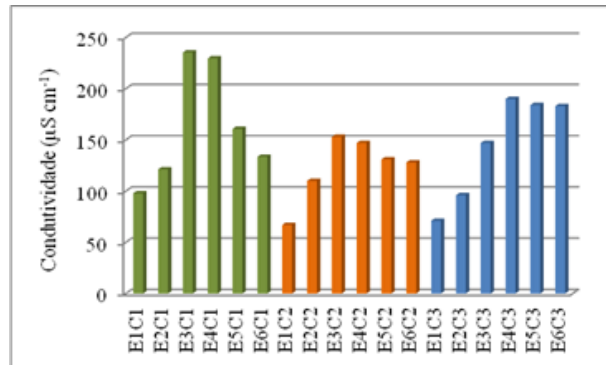


Figura 4. Variação da condutividade nas seis estações do Rio Ibirapuitã, no outono e primavera de 2011 e outono de 2012.

A matéria orgânica apresentou maior variação na primeira campanha (outono/2011), variando entre $4,0 \text{ mg L}^{-1}$ em E4 e E5 e $9,2 \text{ mg L}^{-1}$ em E2. Na segunda campanha (primavera/2011) os valores se mantiveram altos, em média de $7,5 \text{ mg L}^{-1}$. Na terceira campanha (outono/2013) os valores oscilaram entre $3,7 \text{ mg L}^{-1}$ em E1 e $5,6 \text{ mg L}^{-1}$ em E2 (Fig.5).

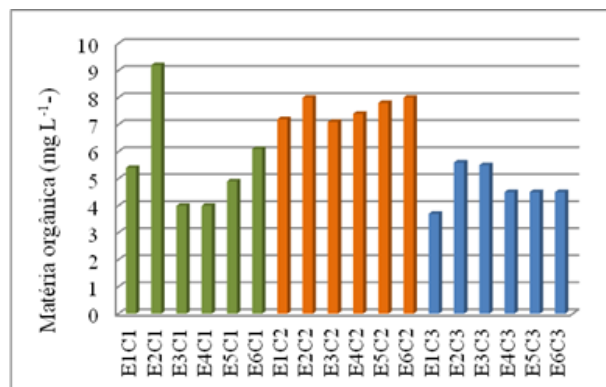


Figura 5. Variação da matéria orgânica no Rio Ibirapuitã, no outono e primavera de 2011 e outono de 2012.

As concentrações de oxigênio dissolvido (Fig. 6) geralmente foram acima de 5 mg L^{-1} , com as maiores concentrações ($>8,5 \text{ mg L}^{-1}$) verificadas no outono/2012 (C3), enquanto que a menor concentração ($4,6 \text{ mg L}^{-1}$) foi observada na nascente, no outono de 2011 (C1). A saturação de oxigênio oscilou entre 53% (E1C1) e 100% (E1C3).

O valores de pH oscilaram entre 6,7 (E1, E2) no outono de 2011 e 8,3 em E3 na primavera de 2011. Valores próximo ao neutro predominaram no período de amostragem (Fig. 7).

As concentrações de sílica oscilaram entre o mínimo de $3,8 \text{ mg L}^{-1}$ (E1C1) ao máximo de $33,6 \text{ mg L}^{-1}$ (E6C3) (Fig. 8). A temperatura da água variou entre $21,7$ e $33,3 \text{ }^\circ\text{C}$ no outono e primavera de 2011 e entre $19,0$ e $24,2 \text{ }^\circ\text{C}$ no outono de 2012. As menores temperaturas foram registradas no

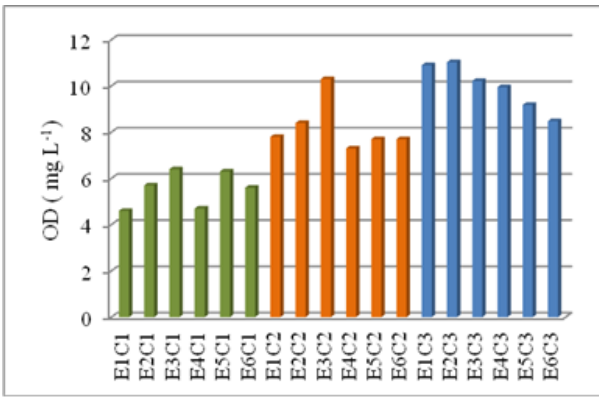


Figura 6. Variação do oxigênio dissolvido no Rio Ibirapuitã, no outono e primavera de 2011 e outono de 2012.

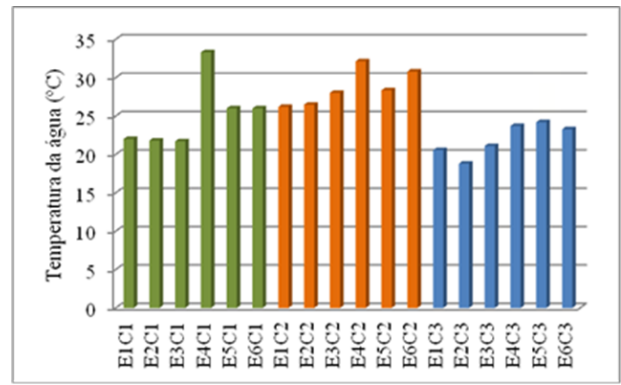


Figura 9. Variação da temperatura da água (°C) no Rio Ibirapuitã, no outono e primavera de 2011 e outono de 2012.

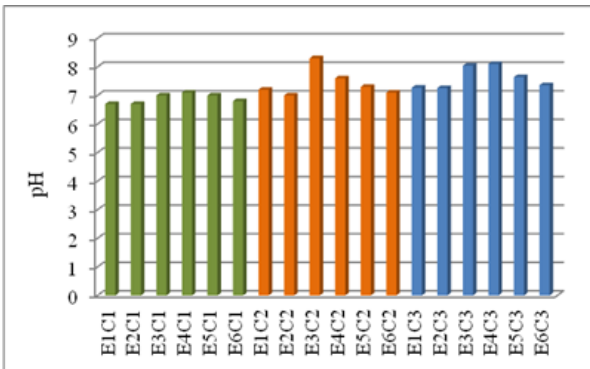


Figura 7. Variação do pH no Rio Ibirapuitã entre outono e primavera de 2011 e outono de 2012.

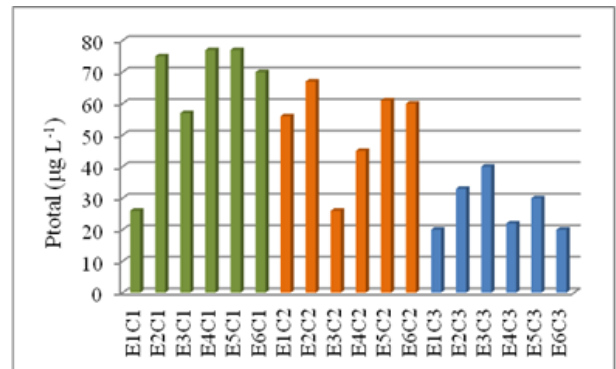


Figura 10. Variação do fósforo total no Rio Ibirapuitã, no outono e primavera de 2011 e outono de 2012.

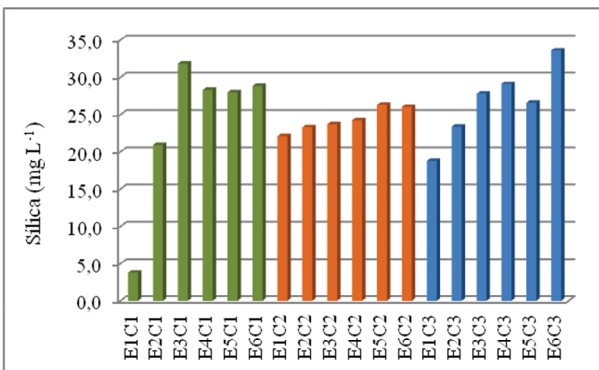


Figura 8. Variação da sílica no Rio Ibirapuitã, no outono e primavera de 2011 e outono de 2012.

curso superior do rio (Fig. 9). As concentrações de fósforo total (Ptotal) oscilaram entre 20 µg L⁻¹ (E6C3) e Ae 77 µg L⁻¹ (E4E5C1) (Fig. 10).

A transparência da água no rio variou entre o mínimo de 0,10 m (E3C1 e E5C1) e o máximo de 0,52 m (E1C2) acompanhando as profundidades totais das estações de amostragem. A velocidade da corrente foi baixa ao longo do rio, com valores abaixo de 2 m. s⁻¹.

A análise de agrupamento das variáveis limnológicas diferenciou o rio em dois grupos, principalmente pelo

período de amostragem (Fig. 11). O primeiro grupo agrupou seis estações da Campanha 3 (outono/2012) e uma estação da Campanha 2 (primavera/2011), que apresentaram menores concentrações de matéria orgânica e fósforo total e maiores concentração de sílica e oxigênio dissolvido. O segundo grupo esteve formado por seis estações das Campanhas 1 e 2 (outono/2011 e primavera/2011), que apresentaram menores concentrações de oxigênio dissolvido, profundidades e temperaturas.

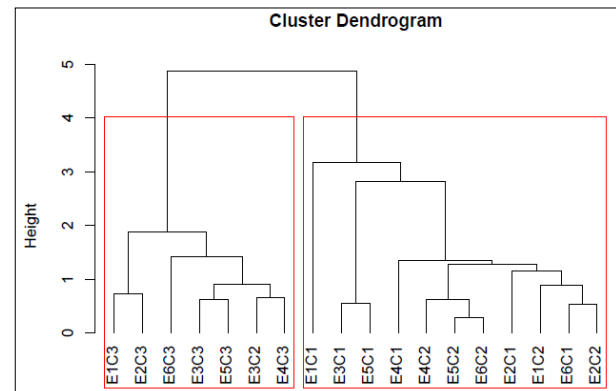


Figura 11. Dendrograma mostrando o agrupamento das variáveis limnológicas em seis estações do Rio Ibirapuitã e em três campanhas, realizadas no outono e primavera de 2011 e outono de 2012.

Comunidade fitoplânctonica

A comunidade fitoplânctônica esteve composta por nove classes taxonômicas. A classe Bacillariophyceae foi a mais representativa com cerca de 39% da comunidade algal, seguida pelas Chlorophyceae com 30% e Cryptophyceae com 10%, e as demais contribuíram com 21% do total de táxons identificados (Fig. 12).

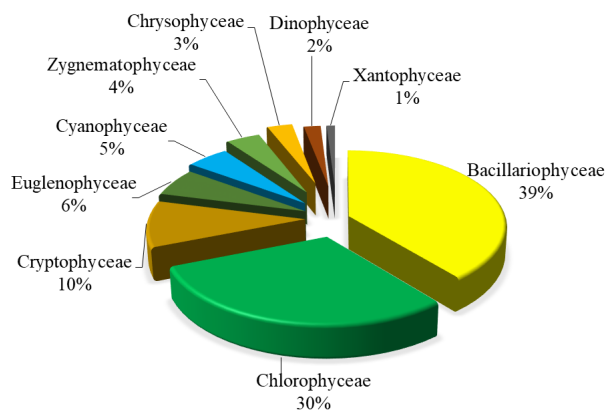


Figura 12. Distribuição em porcentagem da composição do fitoplâncton por classes taxonômicas no Rio Ibirapuitã.

A estimativa da densidade do fitoplâncton variou entre as estações no Rio Ibirapuitã, nas três campanhas amostrais (Fig. 13), entretanto as variações não foram significativas. A menor densidade (547 ind. mL⁻¹) foi verificada no Passo do Cerrito (E2C2) na primavera de 2011 e a maior densidade estimada (4.853 ind mL⁻¹) foi registrada na nascente (E1C3), no outono de 2012.

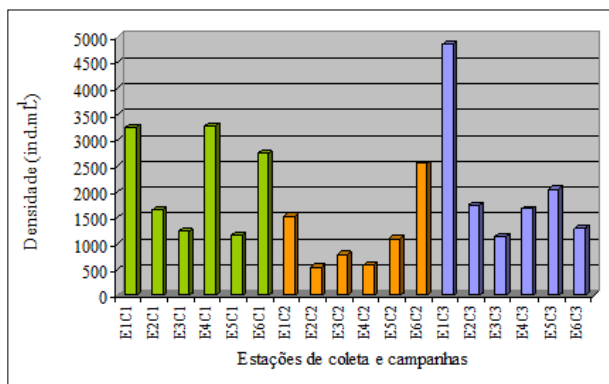


Figura 13. Variação da densidade média fitoplânctônica (ind. mL⁻¹) no Rio Ibirapuitã, entre março de 2011 a março de 2012.

Os táxons que se destacaram pela dominância foram *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* (O. Müller) Simonsen com 2.327 ind.mL⁻¹, na E1, no outono de 2011, *Didymocystis comasii* Komárek com 727 ind.mL⁻¹ na E1, no outono de 2011 e *Spermatozopsis exsultans* Koršikov, com 2.297 e 574 ind.mL⁻¹, na E4 e E3, no outono de 2011 e primavera de 2011 respectivamente. E os táxons

abundantes foram *Cryptomonas obovata* Czosnowski na E1, no outono de 2012, *C. ovata* Ehrenberg, *C. curvata* Ehrenberg, *Gonium pectorale* O.F.Müller, *Monoraphidium contortum* (Thuret) Komárková-Legnerová, *Nitzschia palea* Kützing e *Scenedesmus* cf. *ecornis* (Ehrenberg) Chodat.

A riqueza de espécies variou entre 10 e 42 espécies (Fig. 14). Valores significativamente maiores foram registrados no trecho superior (E1 – E3) em relação ao trecho inferior do rio (E4 – E6) ($p = 0,027$), nas duas primeiras campanhas amostrais, em outubro e primavera de 2011.

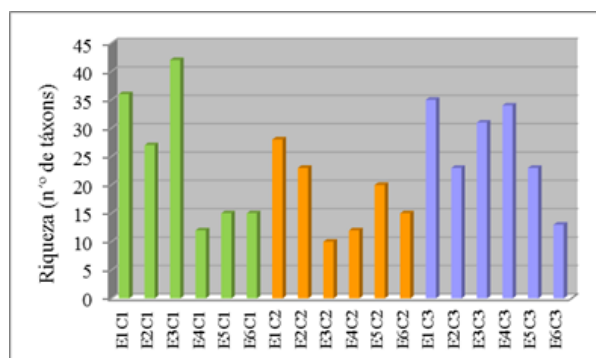


Figura 14. Variação da riqueza no Rio Ibirapuitã, entre março de 2011 e março de 2012.

A diversidade específica variou entre 1,74 e 4,53 bits ind⁻¹ na E4, esta variação não foi significativa (Fig. 15). A menor diversidade específica verificada na E4, no outono de 2011, deve-se à dominância de *Spermatozopsis exsultans*. Assim como a diversidade, a maior e menor equitabilidade foi verificada na E4, variando de 48% na Campanha 1 a 89% na Campanha 3 (Fig 16).

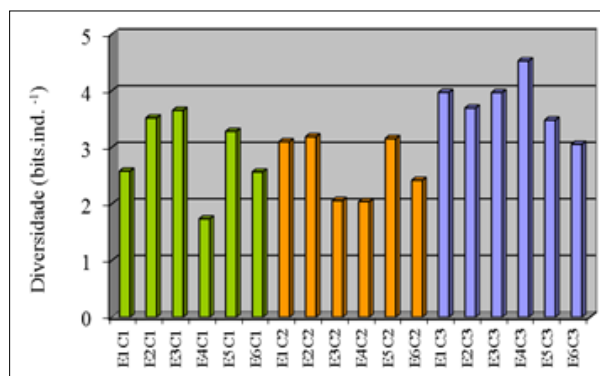


Figura 15. Variação da diversidade específica no Rio Ibirapuitã, entre março de 2011 e março de 2012.

Relação do fitoplâncton com as variáveis limnológicas

A Análise de Correspondência Canônica (CCA), visualizada na figura 17, explicou 40% da variação da composição e densidade de espécies do fitoplâncton, em relação às variáveis limnológicas. Temperatura da água,

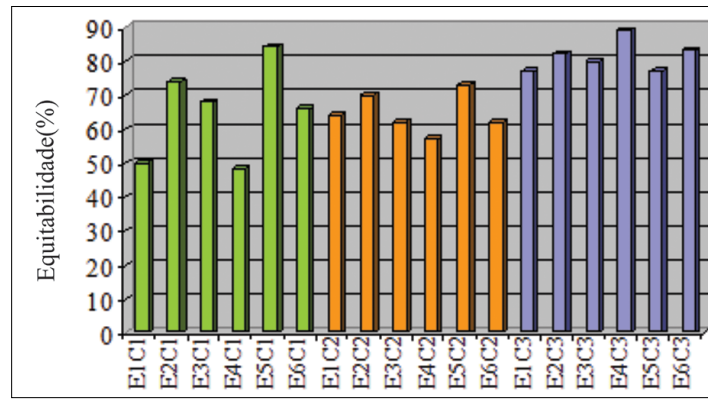


Figura 16. Variação da equitatividade (%) no Rio Ibirapuitã, entre março de 2011 e março 2012.

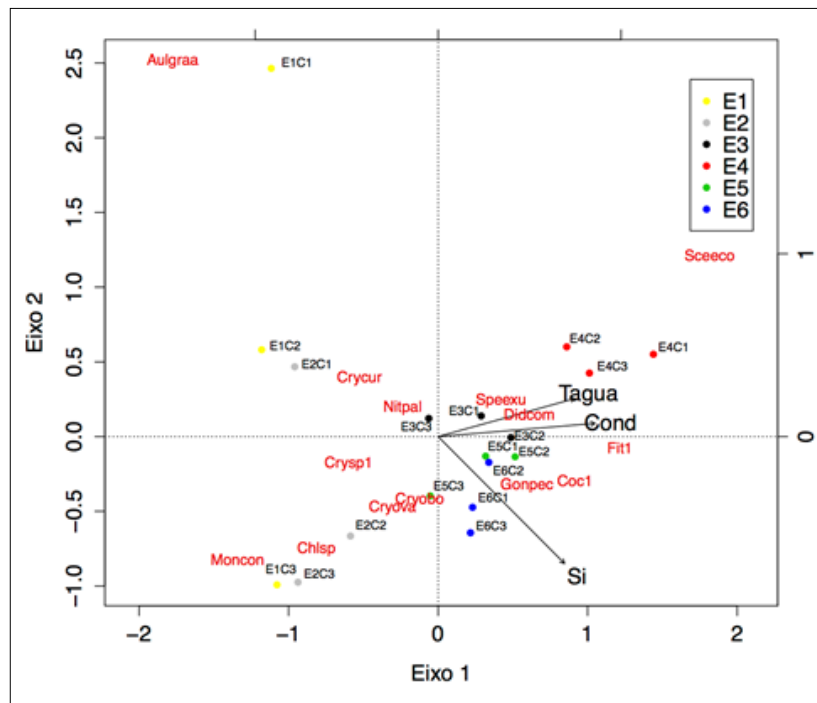


Figura 17. Diagrama de ordenação da análise de correspondência canônica (CCA) das espécies abundantes e dominantes. A proporção da variação explicada pelo eixo 1 foi 0,27 e pelo eixo 2 foi 0,13. Os rótulos vermelhos designam as espécies (Aulgraa = *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, Nitpal = *Nitzschia palea*, Cryobo = *Cryptomonas obovata*, Cryova = *Cryptomonas ovata*, Crycur = *Cryptomonas curvata*, Crysp1 = *Cryptomonas* sp1, Fit1 = Fitoflagelado 1, Chlsp = *Chlorella* sp., Coc1 = Cocóide 1, Didcom = *Didymocystis comasii*, Gonpec = *Gonium pectorale*, Moncon = *Monoraphidium contortum*, Sceeeco = *Scenedesmus* cf. *ecornis*, Speexu = *Spermatozopsis exultans*).

condutividade elétrica e sílica foram as variáveis que apresentaram relações significativas ($P < 0,05$).

No eixo 1, observa-se a distribuição de diferentes espécies ao longo do gradiente de temperatura e condutividade elétrica da água. *Monoraphidium contortum* (Thuret) Komárková-Legnerová, *Cryptomonas ovata* Ehrenberg e *C. obovata* Skuja e *Chlorella* sp. foram encontradas em maior densidade, em águas com menor temperatura (19,0-20,6 °C) e condutividade (71-110 mS cm⁻¹), enquanto *Scenedesmus* cf. *ecornis* (Ehrenberg) Chodat, *Didymocystis comasii* Komárek, *Spermatozopsis exultans* foram observadas na

outra extremidade do gradiente, com altas temperaturas (21,7-33,3 °C) e elevada condutividade (147-229,6 mS cm⁻¹).

No eixo 2, observa-se que o teor de sílica foi inversamente relacionado à dominância de *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* e abundância de *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith e *Cryptomonas curvata* Ehrenberg. O valor mais baixo de sílica (3,8 mg. L⁻¹), observado na estação da nascente, na primeira campanha (E1C1), deve-se, provavelmente, à utilização deste elemento no desenvolvimento e formação das frústulas de *Aulacoseira*.

DISCUSSÃO

O Rio Ibirapuitã é um rio de planície que possui leito sinuoso, com alguns trechos inacessíveis devido às margens íngremes e outros trechos bastante rasos. Na sua porção superior e média a atividade predominante da região é a pecuária com destaque para bovinocultura e ovinocultura e na porção inferior a agricultura (arroz irrigado, soja e trigo). As diferentes atividades de uso da terra podem ter influência nas condições limnológicas e biológicas dos cursos hídricos (Carpenter & Waite 2000, Soares *et al.* 2007, Vázquez *et al.* 2011, Gabel *et al.* 2012).

Na porção amostrada do Rio Ibirapuitã, a variação das variáveis limnológicas ocorreu mais nitidamente entre os períodos do ano, quando menores concentrações de matéria orgânica e fósforo total e maiores concentrações de sílica e oxigênio dissolvido foram observados no outono de 2012. A concentração média de fósforo total oscilou entre 51,5 µg L⁻¹ em outono e primavera de 2011 e 30 µg L⁻¹ no outono de 2012, ou seja, condições oligo - mesotróficas, segundo Lamparelli (2004). Concentrações de amônia, nitrato e nitrito ficaram abaixo do nível de detecção.

Especialmente, somente a condutividade mostrou aumento gradativo do curso superior (66-121 µS cm⁻¹) ao curso inferior do rio (128-229 µS cm⁻¹). Não se verificou qual seria o fator determinante da variação na condutividade da água. A influência antrópica resultante da rizicultura ou pecuária poderia ser possivelmente verificada, após período de alta pluviosidade, quando há o aporte de matéria orgânica e nutrientes oriundo do uso do solo do entorno. Entretanto, no período de amostragem ocorreu baixa pluviosidade e o Rio Ibirapuitã se apresentou pouco caudaloso, com baixa correnteza e fluxo.

Bacillariophyceae foi a classe que mais contribuiu para a riqueza taxonômica, destacando-se *Nitzschia* Hassal e *Navicula* Bory, organismos que ocorrem predominantemente no bentos, sendo trazidos à coluna de água pela ação da corrente, principalmente quando é baixo o nível hidrométrico.

A classe Chlorophyceae, foi a segunda com maior riqueza, sendo *Desmodesmus* (Chodat) An, Friedl & Hegewald e *Monoraphidium* Komárková-Legnerová os gêneros melhor representados. A variabilidade morfológica das clorofíceas, as permite se desenvolver em diversos habitats (Happey-Wood 1988). As clorofíceas possuem diferentes formas de vida, há organismos unicelulares livres, coloniais, filamentosos, que podem apresentar mucilagem, espinhos e maior relação superfície/volume, características que favorecem a manutenção destes organismos no plâncton. As Bacillariophyceae e Chlorophyceae são citadas como as duas classes com maior diversidade em ambientes lóticos no sul do Brasil (Rosa *et al.* 1988, Torgan *et al.* 1979, Bittencourt-Oliveira 1997, Train & Rodrigues 1998, Rodrigues *et al.* 2007), como também no Uruguai e Argentina (Perez 2002, Mercado 2003).

É importante destacar a presença de *Spermatozopsis exsultans* no rio, esta espécie foi dominante no outono de 2011 na E4 (Estância Maronna), primavera de 2012 na E3 (Passo do Ferrão) e E6 (Estância Sá Brito) em temperatura entre 21,1 e 33,3 °C, associada aos valores de alta condutividade (190 mg. L⁻¹) e alto pH (8,2). A ecologia desta espécie foi detalhadamente estudada por Ribeiro & Torgan (2024).

Cryptophyceae, a terceira classe mais representada (Fig. 12) é favorecida pela hidrodinâmica, como pela disponibilidade de luz e nutrientes (Marinho & Huszar 2002, Borges *et al.* 2008). Euglenophyceae são citadas como comuns em águas pouco profundas e ricas em matéria orgânica (Palmer 1963, Sladecék 1973). Embora os valores de matéria orgânica na água não tenha sido muito alto (3,7-9,2 mg L⁻¹), a maior riqueza desta classe ocorreu em ambientes rasos, com pouca ou nenhuma correnteza, como na nascente do rio. Representantes dos gêneros *Cryptoglena* Marin & Melkonian emend. Kosmala & Zakrýs *Monomorphina* (Ehrenberg) Mereschkowsky emend. Kosmala & Zackýs, *Phacus* Durjardin, *Strombomonas* Deflandre *Trachelomonas* Ehrenberg emend. Deflandre foram encontrados (Alves-da-Silva & Klein 2015, Alves-da-Silva *et al.* 2016, 2017).

As demais classes foram menos representadas no plâncton do rio Ibirapuitã. Dentre as Zygnematophyceae observou-se a predominância do gênero *Staurastrum* Meyem ex Ralfs, comum de ocorrer em águas alcalinas e ou em condições meso-eutróficas (Moss 1972, Brook 1982, Perez 2002). A presença de macrófitas aquáticas em alguns trechos do rio favoreceu o desenvolvimento de espécies pseudofilamentosas desta classe, como *Desmidium cylindricum* Greville ex Nordstedt, *Onychonema laeve* var. *latum* West & G.S.West e *Teilingia wallichii* var. *anglica* (West & G.S.West) Förster (Burliga *et al.* 2016). Dentre as Cyanophyceae, destacaram-se pela frequência *Anagnostidinema amphibium* (Agardh ex Gomont) Strunecký, Bohunická, Johansen & Komárek e *Merismopedia tenuissima* Lemmermann.

Na classe Chrysophyceae, destacou-se *Dinobryon* Ehrenberg, que ocorreu em baixas concentrações de fósforo total (20-30 mg L⁻¹), essa classe possui a habilidade de crescer em ambientes com baixas concentrações deste elemento (Sandgren 1988). Dinophyceae prefere águas quentes, com pH acima de 6,0 e frequentemente são encontradas nas camadas superficiais dos corpos d'água devido à preferência por luz abundante (Pollinger 1988). Na classe Xantophyceae foi registrada apenas o gênero *Ophiocytium* Nägeli, encontrado nas nascentes com a presença de macrófitas aquáticas, pois é comum representantes dessa classe estar associada ao substrato e muitas são epífitas (Ott *et al.* 2015).

Em síntese, os resultados do estudo demonstraram que o fitoplâncton no Rio Ibirapuitã dentro dos limites da APA, apresentou uma flora rica em classes taxonômicas com espécies adaptadas às condições ambientais. Dentre

os atributos da comunidade somente a riqueza, juntamente com a composição demonstraram variação espacial, estando relacionadas com as variáveis temperatura e condutividade da água.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Pesquisa Científica e Tecnológica – CNPQ pelo apoio financeiro ao projeto (Proc. 558259/2009). À Eridiane Lopes Silva, na época coordenadora da Área de Proteção Ambiental do Rio Ibirapuitã, pelo suporte logístico em campo. À Dra. Maria de Lourdes Abruzzi de Oliveira e MSc. Rosana Senna, pelas informações prestadas sobre a flora arbórea da região. À Dra. Ana Luiza Burliga (*in memoriam*) pela análise quantitativa do fitoplâncton. À Dra. Fabiana Schneck, pelo apoio nas análises estatísticas. Ao biólogo Ricardo Aranha Ramos (*in memoriam*), pela confecção do mapa da área e ao químico Manoel Luiz Nunes pelas análises químicas da água.

REFERÊNCIAS

- Alves-da-Silva, S.M. & Klein, I.C. 2015. Euglenophyceae na Área de Proteção Ambiental do Rio Ibirapuitã, sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. 1. *Cryptoglena* Marin & Melkonian emend. Kosmala & Zakrýs, *Monomorphina* (Ehrenberg) Mereschkowsky emend. Kosmala & Zakrýs e *Phacus* Durjardin. *Hoehnea* 42(3): 471-496.
- Alves-da-Silva, S.M., Escobar, K.C. & Juliano, V.B. 2016. Novos registros de *Trachelomonas* Ehr. emend. Defl. (Euglenophyceae) para o Estado do Rio Grande do Sul e Brasil. *Hoehnea* 43(1): 1-10.
- Alves-da-Silva, S.M., Klein, I.C. & Lieske, I. 2017. *Strombomonas* Deflandre (Euglenophyceae) em ambientes aquáticos na Área de Proteção Ambiental do Ibirapuitã, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Hoehnea* 44(4): 539-558.
- American Public Health Association - APHA. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater. American Public Health Associations, Washington, 1368p.
- Bertaco, V.A. & Azevedo, M.A. 2013. Fishes from Rio Ibirapuitã basin, Environmental Protection Area of Ibirapuitã, Pampa Biome. *Check List* 9(5): 966-972.
- Bicudo, C.E.M. & Menezes, M. 2017. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil. Chave para identificação e descrições. São Carlos, Editora RiMa. 552p.
- Bittencourt-Oliveira, M.C. 1997. Fitoplâncton do rio Tibagi, estado do Paraná, Brasil: Nostocophyceae, Chlorophyceae, Euglenophyceae, Chrysophyceae e Tribophyceae. *Hoehnea* 24:1-20.
- Borges, P.A.F., Train, S. & Rodrigues, L.C. 2008. Spatial and temporal variation of phytoplankton in two subtropical Brazilian reservoirs. *Hydrobiologia* 607: 63-74.
- Brook, A.J. 1982. Desmids of the *Staurastrum tetracerum*- group from a eutrophic lake in Mid-Wales. *British Phycological Journal* 17: 259-274.
- Burliga, A.L., Rosa, Z.M & 2 & Alves-da-Silva, S.M. 2016. Desmídias pseudofilamentosas (Zygnematophyceae) da Área de Proteção Ambiental do Ibirapuitã, Bioma Pampa, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia. Série Botânica* 71(2): 201-208.
- Carpenter, K.D. & Waite, I.R. 2000. Relations of habitat-specific algal assemblages to land use and water chemistry in the Willamette Basin, Oregon. *Environmental Monitoring and Assessment* 64: 247-257.
- Comas, A. 1996. Las Chlorococcales dulciacuícolas de Cuba. *Bibliotheca Phycologica*, 99:1-192.
- Croasdale, H., Bicudo, C.E.M. & Prescott, G.M. 1983. A synopsis of North American desmids, 2: Desmidiaceae: Placoderm. Section 5. The filaments genera. University of Nebraska Press, Lincoln. p.1-117.
- Embrapa - Documentos 2011. Manual para formação e capacitação de grupos comunitários em metodologias participativas de monitoramento de qualidade da água – módulo III: Avaliação Físico-Química. (E. Siste, E. G. G. Bryan. L. Duncan, org.) Documentos / Embrapa Agroindústria Tropical, ISSN 2179-8184, 135, p. 21-- 24.
- Gabel, K.W., Wehr, J.D. & Truhn, K.M. 2012. Assessment of the effectiveness of best management practices for streams draining agricultural landscapes using diatoms and macroinvertebrates. *Hydrobiologia* 680: 247-264.
- Grehs, S.A. 2003. Efeitos da espacialização de propriedades físicas nas respostas hidrológicas da bacia do rio Ibirapuitã, Rio Grande do Sul. Tese 185 p., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle>
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T. & Ryan, P.D., 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electronica* (Online), 4(1),1-9.
- Happy-Wood, C.M. 1988. Ecology of freshwater planktonic green algae. *In* Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton (C. D. Sandgren, ed.). University Press, Cambridge, p. 175-226.
- Hoek, C. van den, Mann, D.G., Jahns, H.M. 1995. Algae: an introduction to phycology. Cambridge University Press, Cambridge. 627p.
- Huber-Pestalozzi, G. 1955. Euglenophyceen. *In* Das phytoplankton des Süsswassers: Systematik und Biologie (G. Huber-Pestalozzi ed.) Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, Band 16, Teil 4, p. 1- 605.
- Komárek, J. 2013. Cyanopokaryota 3 - Heterocytous genera. *In* Süßwasserflora von Mitteleuropa (Büdel, B., Gärtner, G., Krienitz, L. & Schager, M. eds.). Springer Spektrum, Berlin Heidelberg, Band 19, Teil 3, p. 1- 1130.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1998. Cyanopokaryota 1 - Chroococcales. *In* Süßwasserflora von Mitteleuropa (H. Ettl, G. Gärtner, H. Heynig & D. Mollenhauer eds.). G. Fischer, Verlag, Band 19, Teil 1, p. 1- 548.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 2005. Cyanopokaryota 2- Oscillatoriales. *In* Süßwasserflora von Mitteleuropa (A. Pascher, Heidelberg, eds). Elsevier, Akademischer Verlag, Band 19, Teil 2, p. 1- 758.
- Komárek, J. & Fott, B. 1983. Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung: Chlorococcales *In* Das Phytoplankton des Süßwassers: Systematik und Biologie (G. Huber Pestalozzi, H. Heynig & D. Mollenhauer, eds). Schweizerbat'sche Verlagsbuchandlung, Stuttgart, Band. 16, Teil 7, Hälfte 1, p. 1- 1044.
- Lamparelli, M.C. 2004. Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Tese 235 f., Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Lang-Bertalot, H., Bak, M. & Witkowski, A. 2011. Diatoms of the European Inland Water and comparable Habitats. *Eunotia* and some related genera. *In* The Diatoms of Europe (H. Lang-Bertalot, ed.). Gantner Verlag, Ruggell, v.6., p. 1- 747.
- Legendre P. & Legendre L. 1998. Numerical Ecology. Elsevier, Amsterdam. 853p.
- Lobo, E. & Leighton, G. 1986. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. *Revista de Biología Marina* 22(1): 1-29.
- Manly, B.F.J. 2005. Multivariate statistical methods: a primer. Chapman & Hall/CRC Press, Boca Raton, Florida. 214p.
- Marinho, M.M. & Huszar, V.L.M. 2002. Nutrient availability and physical conditions as controlling factors of phytoplankton composition and biomass in a tropical reservoir (Southeastern Brazil). *Archiv für Hydrobiologie* 153(3): 443-468.
- Mercado, L.M. 2003. A comparative analysis of the phytoplankton from six pampean lotic systems (Buenos Aires, Argentina). *Hydrobiologia* 495:103-117.
- Metzeltin, D., Lange-Bertalot, H. & García-Rodríguez, F. 2005. Diatoms of Uruguay: taxonomy, diversity, biogeography. *In* Iconographia Diatomologica (H. Lange-Bertalot, ed.). Gantner Verlag, Ruggell, v. 15, p. 1-736.
- Moss, B. 1972. The influence of environmental factors on the distribution of freshwater algae: an experimental study. 1. Introduction and the influence of calcium concentration. *Journal of Ecology* 61:157-177.

- Ott D.W., Oldham, C.K., Rybalka, N. & Friedl, T. 2015. Xanthophyte, Eustigmatophyte, and Raphidophyte Algae. *In* Freshwater algae of North America. Ecology and Classification (J. D. Wehr, R.G. Sheath & J.P. Kociolek eds) Elsevier, Amsterdam, p. 485-530.
- Paiva, J.B.D. de, Paiva, E.M.C.D. de, Gastaldini, M.C.C., Irion, C.A.O., Dias, J.R., Costa, L.C.M. da, Richter, L.A. 2000. Quantificação da demanda de água na bacia do rio Ibicuí - RS. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 5 (3) 93-111.
- Palmer, C.M. 1963. The effect of pollution on River algae. *Annals of the New York Academy of Sciences* 108(1): 78-82.
- Palmer, M.W. 1993. Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology* 74: 2215-2230.
- Pappas, J.L. & Stoermer, E.F. 1996. Quantitative method for determining a representative algal sample count. *Journal of Phycology* 32: 693-696.
- Perez, M. del C. 2002. Fitoplancton del rio Negro, Uruguay. *Limnetica* 21(1-2): 81-92.
- Pillar V.D. 1999. How sharp are the classifications? *Ecology* 80: 2508-2516.
- Pillar V.D. 2006. MULTIV, software for multivariate exploratory analysis, randomization testing and bootstrap resampling (for Macintosh and Windows OS). Porto Alegre.
- Pillar V.D. & Orlóci L. 1996. On randomization testing in vegetation science: multifactor comparisons and relevé groups. *Journal of Vegetation Science* 7: 585-592.
- Pollingher, V. 1988. Freshwater armored dinoflagellates: growth, reproduction, strategies, and population dynamics. *In* Growth and reproduction, strategies of freshwater phytoplankton (C. G. Sandgren, ed.). University Press, Cambridge p.134-174.
- R Core Team. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ribeiro, G.F. & Torgan, L.C. 2024. *Spermatozopsis exsultans* Korshikov (Chlorophyceae, Dunaliellaceae) in the freshwater environments from southern Brazil. *Hoehnea* 51: e192024. <https://doi.org>
- Rodrigues, S.C., Torgan, L.C. & Schwarzbald, A. 2007. Composição e variação sazonal da riqueza do fitoplâncton na foz de rios do delta do Jacuí, RS, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 21(3): 707-721.
- Rosa, Z.M., Torgan, L.C., Lobo, E.A. & Herzog, L.A.W. 1988. Análise da estrutura de comunidades fitoplanctônicas e de alguns fatores abióticos em trecho do Rio Jacuí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 2: 31-46.
- Sandgren, C.G. 1988. The ecology of Chrysophyte flagellates: their growth and perennation strategies phytoplankton. *In* Growth and reproduction strategies of freshwater phytoplankton (C.G. Sandgren, ed.) Cambridge University Press, Cambridge, p. 9-102.
- Sladecék, V. 1973. System of water quality from the biological point of view. *Archiv für Hydrobiologie* 7: 1-218.
- Soares, M.C., Huszar, V.L. & Roland, F. 2007. Phytoplankton dynamics in two tropical rivers with different degrees of human impact (southeast Brazil) river research and applications. *River Research and Applications* 23: 698-714.
- Starmach, K. 1985. Chrysophyceae and Haptophyceae. *In* Süßwasserflora von Mitteleuropa (H. Ettl, J. Gerloff & H. Heynig eds.), Band 1. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, p. 1-515.
- Tavares-Frigo, M.C., Volkmer-Ribeiro, C., Oliveira, A.E.Z. & Machado, V.S. 2015. Freshwater sponges from the Pampa Biome, Brazil, with description of a new species of *Oncosclera*. *Neotropical Biology and Conservation* 10(3):110-122.
- Tell, G. & Conforti, V.T.D. 1986. Euglenophyta pigmentadas de la Argentina. Stuttgart, J. Cramer. *Bibliotheca Phycologica* 75: 1-301.
- Ter Braak C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis: an eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.
- Torgan, L. C., Menegheti, J.O. & Silva, S.M.A. 1979. Contribuição ao estudo do fitoplâncton do Rio Caí, Rio Grande do Sul, Brasil. *In* Anais XXX Congresso Nacional de Botânica. p. 141-150.
- Train, S., Jati, S., Rodrigues, L.C. & Pivato, B.M. 2005. Distribuição Espacial e Temporal do Fitoplâncton em Três Reservatórios da Bacia do Rio Paraná. *In* Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais. (L.S.M. Rodrigues, A.A. Thomaz, A. A. Agostinho & L. C. Gomes, eds.) RIMA, São Carlos, p. 73-85.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommung der Quantitativ Phytoplankton metodik. *Mitteilungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 9:1-38.
- Vázquez G., Ake-Castillo, J.A. & Favilaet, M.E. 2011. Algal assemblages and their relationship with water quality in tropical Mexican streams with different land uses. *Hydrobiologia* 667:173-189