

Importância do Habitat e do Forófito para a Composição da Comunidade de Diatomáceas Perifíticas

Pablo Santos Guimarães¹ & Marinês Garcia²

¹Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Ciências Biológicas, Av. Itália km 8 Bairro Carreiros, Rio Grande, RS, Brasil.
pabloguima@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas, Instituto de Biologia, Campus Universitário, CEP 96160-000, Capão do Leão, RS, Brasil

Recebido em 27.I.2014

Aceito em 13. V.2016

RESUMO – Este trabalho objetivou avaliar a importância do forófito (macrófita aquática) utilizado como substrato, fluxo de água e concentração de nutrientes na composição da comunidade epifítica em quatro pontos do Arroio Bolaxa (Rio Grande, Rio Grande do Sul). No total, 47 táxons foram identificados, dentre estes 19 foram abundantes. As comunidades apresentaram maior similaridade entre os pontos 3 e 4, de maior impacto antropogênico, e entre os pontos 1 e 2, menos impactados e cujas comunidades foram ainda separadas de acordo com o tipo de forófito (folhas recortadas ou inteiras). A comunidade epifítica respondeu às alterações ambientais com a diminuição do número de espécies sensíveis à poluição e maior abundância relativa das espécies como *Nitzschia palea* (Kützinger) W.Smith, *Nitzschia amphibia* Grunow, *Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot and *Diademes confervaceae* Kützinger. A comunidade perifítica foi primeiramente determinada pelo distúrbio antropogênico e posteriormente pelo tipo de macrófita colonizada.

Palavras-chave: arroio, Bacillariophyceae, indicador biológico, macrófitas

ABSTRACT – Importance of the Habitat and the Phorophyte for the Periphytic Diatom Community. Our work aimed to evaluate the importance of the phorophyte (aquatic macrophyte) as substrate, water flow and nutrient concentrations on the composition of the epiphytic community in Bolaxa stream (Rio Grande, Rio Grande do Sul). Diatoms were sampled from phorophytes in four sampling sites along the sandy bottom stream. A total of 47 taxa were identified, and 19 taxa were abundant. The communities between sampling points 3 and 4 were more similar and under elevated anthropogenic impact, and points 1 and 2 that were under lower anthropogenic impact. The communities were also separated according to the kind of phorophyte (dissected or smooth-edge leaves). The epiphytic community responded to the environmental changes, with a decrease in the number of species sensitive to pollution and an increase in the abundance of *Nitzschia palea* (Kützinger) W.Smith, *Nitzschia amphibia* Grunow, *Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot and *Diademes confervaceae* Kützinger. Periphytic community composition was mostly determined by anthropogenic disturbance, followed by the kind of the phorophyte.

Keywords: Bacillariophyceae, bioindicator, macrophyte, stream

INTRODUÇÃO

A composição de comunidades de diatomáceas está fortemente relacionada com a eutrofização (Hering *et al.* 2006), sendo que estes organismos aquáticos têm sido utilizados como bons indicadores da qualidade da água, especialmente na Europa (Cattaneo *et al.* 1995, Stenger-Kovács *et al.* 2007, Bere & Tundisi 2011a, Connell *et al.* 2013). A Legislação da União Européia sugere a utilização de comunidades aderidas a rochas ou substratos artificiais como bioindicadoras, mas estudos com comunidades epifíticas, ou seja, aderidas a plantas, são importantes em regiões onde os ambientes aquáticos possuem pouco substrato rochoso como a planície costeira do Rio Grande do Sul.

Neste contexto é necessário entender a influência do forófito sobre a composição da comunidade perifítica. Comunidades sobre forófitos tendem a sofrer mais com recolonização (Townsend & Gell 2005) e alelopatia (Hilt 2006), além dos efeitos também sofridos por comunidades epilíticas como submersão, turbulência e presença de predadores (Muller 1999). Distúrbios por predação ou

erosão do biofilme já estabelecido sobre o forófito reduzem momentaneamente a riqueza de espécies de diatomáceas. A recolonização por espécies vindas de outras partes da planta, de outros forófitos ou da coluna da água, aumenta novamente esta riqueza (Townsend & Gell 2005). Por outro lado, a produção de compostos alelopaticamente ativos por macrófitas submersas pode limitar o crescimento de algumas diatomáceas, limitando a riqueza de espécies da comunidade perifítica (Townsend & Gell 2005, Hilt 2006).

Além destes fatores, a concentração de nutrientes na água pode ser um dos principais fatores para determinar a riqueza da comunidade (Felisberto & Rodrigues 2010). A resposta da comunidade à variação da concentração de nutrientes vai depender das espécies que compõem a comunidade e de suas estratégias individuais diante da limitação ou disponibilidade de nutrientes. Espécies oportunistas se reproduzem rapidamente e se dispersam quando os nutrientes se tornam limitantes, enquanto que espécies competitivas usam os nutrientes de forma mais eficiente (Stevenson *et al.* 1991).

Este trabalho tem como objetivo avaliar a composição de comunidades de diatomáceas perifíticas em diferentes

forófitos e em distintas características limnológicas ao longo do Arroio Bolaxa, um arroio de fundo arenoso localizado em Rio Grande, RS. Os objetivos específicos são comparar a composição de comunidades de diatomáceas perifíticas que utilizam a mesma espécie de macrófita como substrato, sob ações antropogênicas e fluxo de água distintos e comparar a composição da comunidade perifítica sobre diferentes espécies de macrófitas sob as mesmas condições ambientais.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O Arroio Bolaxa (Fig. 1) encontra-se dentro da Área de Proteção Ambiental da Lagoa Verde (APA Lagoa Verde), no município de Rio Grande, inserido no Bioma Pampa. Nasce da união de diversos banhados e percorre cerca de 4 km formando meandros que acompanham os cordões litorâneos característicos da região, desembocando na Lagoa Verde (Costa 2003, Vieira 1983). O arroio está localizado em uma área residencial de ocupação rarefeita, apresentando poucas entradas pontuais de dejetos pecuários (Costa 2003, Vieira 1983). O clima da região é mesotérmico superhúmido (Vieira 1983).

Caracterização dos pontos de Amostragem

Foram definidos quatro pontos de coleta (Fig. 1) que apresentam diferentes características ambientais e níveis de ação antropogênica. A partir de análises visuais, foi possível diferenciar os pontos de coleta com relação a diferentes tipos de ações antropogênicas. Entre os pontos 1 e 2 houve a remoção da mata nativa em alguns trechos, em especial aqueles onde ocorre a criação de gado. O ponto 3 apresenta como principal impacto uma ponte, recentemente duplicada, onde passa a RS 734. É neste ponto que se encontra também o maior impacto com lixo (garrafas pet, latas, sacos, etc.). No ponto 4 há uma redução do impacto antropogênico, mas é ainda possível observar a ocupação das margens por propriedades que as utilizam como quintal e devido a distância em relação ao ponto 3, pode ainda receber influência à montante.

Para avaliar o impacto em cada ponto de coleta as características observadas foram categorizadas e utilizadas para calcular o distúrbio antropogênico (Angeli *et al.* 2010). Foram considerados sete fatores de impacto: captura de água, presença de estradas, construções, alterações da margem (e.g. erosão, mudança de curso e remoção da vegetação nativa), silvicultura, agricultura e pecuária. Para cada um dos fatores foi dado um valor de acordo com a intensidade do impacto (0= não observado; 1=baixo; 2=médio; 3=alto). Foi somado o valor total (de 0 a 28) de impacto para cada ponto e transformado para uma escala de 0 a 10.

Amostragem dos forófitos

As coletas foram todas realizadas na mesma data (19 janeiro de 2013). Em cada ponto foram coletadas amostras de três espécimes de 2 a 4 espécies de macrófitas

aquáticas (Tab. 2), de acordo com a presença das espécies de macrófitas em cada ponto, totalizando 11 amostras (Tab. 2). As macrófitas foram raspadas com escova de cerdas flexíveis e água destilada para remoção da comunidade perifítica. O material foi conservado em formaldeído 4%. As espécies de macrófitas foram coletadas e identificadas com as chaves de identificação para vegetação do extremo sul do Brasil (Cordazzo & Seeliger 1995).

Caracterização dos forófitos

Bacopa monnieri (L.) Pennel, é considerada uma macrófita cosmopolita das regiões costeiras temperadas e tropicais, frequente em locais de areia úmida ou alagada e tolerando emersão e submersão por diversos meses. Apresenta folhas inteiras, glabras carnosas e arredondadas no ápice (Cordazzo & Seeliger 1995, Trindade *et al.* 2010).

Cabomba australis Speg., é uma macrófita submersa enraizada com folhas finamente cortadas, o que garante substrato para o desenvolvimento da microflora e microfauna. Alguns trabalhos relacionam a ocorrência de *Cabomba* com reduzida profundidade, maior transparência, pouca correnteza e pH entre 4 e 6 (Cordazzo & Seeliger 1995, Albuquerque *et al.* 2010, Trindade *et al.* 2010).

Myriophyllum brasiliense Camb., possui rizoma rasteiro, pouco ramificado e folhas pinatipartidas. Crescem submersas em canais, lagoas, banhados ou terrenos alagados e são importantes produtoras de detritos (Cordazzo & Seeliger 1995, Trindade *et al.* 2010). É descrita como bem adaptada a ambientes eutrofizados e produz compostos anti-algais que inibem o crescimento de cianobactérias (Saito *et al.* 1989).

Ceratophyllum demersum L., é submersa, sem raízes, com folhas verticiladas divididas dicotomicamente e serrilhada em um dos lados da margem. Ocorre em rios e riachos com pouco fluxo de água (Cordazzo & Seeliger 1995, Trindade *et al.* 2010). Rai *et al.* (1995) observaram o potencial desta espécie na fitoremediação de corpos d'água contaminados com metais. Diferente de macrófitas enraizadas, *C. demersum* requer nutrientes dissolvidos na água, competindo por estes com o fitoplâncton, o que pode lhe conferir vantagem competitiva devido à capacidade de acumular nitrogênio nos estágios iniciais de vida para posteriormente utilizá-lo no crescimento (Mjelde & Faafeng 1997).

Polygonum punctatum Michx., possui folhas curtamente pecioladas, inteiras e lanceoladas. Anfíbia, habita as margens de lagoas, arroios, banhados e terrenos úmidos (Cordazzo & Seeliger 1995). Ocorre do Sul do Canadá até a Argentina (Fasset 1949). Sua distribuição no Arroio Bolaxa está associada à maior incidência de radiação (Barbosa 2013).

No ponto 1 (32°10.03' S 52°11.47' O) foram coletadas as macrófitas *B. monnieri*, *C. australis*, *M. brasiliense*, *C. demersum*, *P. punctatum*; no ponto 2 (32°09.92' S 52°11.33' O), *C. australis* e *M. brasiliense*; no ponto 3 (32°09.58' S 52°11.27' O) *M. brasiliense* e *P. punctatum*; e no ponto 4 (32°09.478' S 52°11.282' O), *C. australis*, *M. brasiliense*



Fig. 1. Localização dos quatro pontos de coleta no Arroio Bolaxa, Rio Grande, RS, Brasil (Fonte: Google Maps).

e *P. punctatum* (Tab. 2). Para comparar a comunidade perifítica ao longo do arroio (objetivo 1) foram utilizadas *C. australis* (B), *M. brasiliense* (C) e *P. punctatum* (E), pois foram encontradas em três dos quatro pontos de coleta. Para avaliar a importância do substrato para a composição da comunidade perifítica (objetivo 2), em cada ponto de coleta foram comparadas as comunidades aderidas a diferentes forófitos.

Amostragem da água

Também foram coletadas amostras de água para análise de fósforo e nitrogênio total e medida a velocidade do fluxo de água em cada ponto utilizando um frasco vazio (modificado de Carvalho 2008). As concentrações de nitrogênio total presente na coluna d'água foram determinadas pelo método de Kjeldahl, descrito por Mackereth *et al.* (1978). Os resultados foram expressos em mg.l^{-1} . A concentração de fósforo total foi determinada segundo Valderrama (1981) e Baumgarten *et al.* (1996). Os resultados foram expressos em mg.l^{-1} .

Preparação e análise do material

Foram preparadas lâminas permanentes de diatomáceas para cada forófito de cada ponto segundo o método de Simonsen (1974). Foram contadas pelo menos 200 valvas em duas lâminas permanentes de cada forófito, totalizando 400 valvas por amostra. A identificação e contagem das

diatomáceas perifíticas foi feita em microscópio óptico Olympus BX53 com uma câmera Olympus DP72 acoplada para captura de imagens. Foram considerados táxons numericamente abundantes aqueles táxons cujas densidades superaram a densidade média de cada amostra e numericamente dominantes aqueles que representam numericamente mais que 50% da comunidade (Lobo & Leighton 1986). As diatomáceas foram identificadas em nível de gênero ou espécie com auxílio de bibliografia especializada, como Bartozek *et al.* (2013), Mann *et al.* (1999), Mann (2007), Tremarin *et al.* (2009a), Torgan & Santos (2008), Round *et al.* (1990), Metzeltin *et al.* (2005), Metzeltin & Tremarin (2011) e Tremarin *et al.* (2009b).

Para auxiliar na identificação de espécies de diatomáceas foi utilizada microscopia eletrônica de varredura (MEV JeolJSM 6610LV) com recobrimento com carbono (Denton Vacuum DESK V), distância de trabalho 11 mm e 20 kV no Centro de Microscopia Eletrônica da Zona Sul (CEMESUL) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

Todas as amostras foram coletadas conforme a disponibilidade de forófitos em cada ponto de coleta. Desta forma, a riqueza total de cada ponto de coleta, considerando a comunidade epifítica de todos os forófitos coletados, não pode ser comparada, pois tanto as espécies quanto o número de espécies coletadas variaram entre os pontos. Assim, isto não interferiu nos objetivos deste trabalho, uma vez que se considerou na discussão somente a riqueza de

diatomáceas sobre cada forófito coletado em cada ponto.

Para comparar a distribuição das espécies abundantes sobre diferentes substratos e pontos de coleta foi feita uma análise de agrupamento utilizando o método da ligação média não ponderada (UPGMA) e índice de Horn sobre a matriz de abundância. As análises foram realizadas no programa Past 3.x.

RESULTADOS

O distúrbio antropogênico (Tab. 2) foi maior no ponto 3, onde está localizada a RS 374, com ponte recentemente construída, pequenas residências e pecuária. O ponto 1 recebe influência da pecuária extensiva e os pontos 2 e 4 apresentaram os menores impactos, principalmente relacionados a pecuária e construção civil, respectivamente. O nitrogênio é o nutriente limitante, se comparado ao fósforo, tendo em vista a razão N/P. No entanto, para ambos os nutrientes foi possível observar um aumento de concentração a jusante (Tab. 1). O ponto 2 apresentou o fluxo de água mais intenso, seguido pelo ponto 1, 3 e 4, onde não foi observado fluxo na superfície da água devido a densidade de macrófitas que cobriam integralmente o arroio neste trecho (Tab. 1).

Foram identificados 47 táxons distribuídos em 23 gêneros (Figs. 2 - 48), dos quais 19 foram abundantes (Tab. 3). Os gêneros abundantes foram *Gomphonema* (39,1%), *Navicula* (30,4%), *Nitzschia* (21,74%), *Pinnularia* (13%) e *Achnanthes*, *Encyonema*, *Eunotia*, *Amphora* e *Planorbulina* (8,7%, cada). *Diadema confervaceae* apresentou maior abundância relativa com 60,29% (Tab. 3). No entanto, *Navicula cryptotenella* (27,18%), *Nitzschia palea* (25,19%), *N. amphibia* (19,85%) e *Cyclotella meneghiniana* (14,59%) também foram abundantes. Entre as citadas, *D. confervaceae*, *N. cryptotenella*, *N.*

amphibia, *N. palea* e *S. pupula* foram encontradas em todas as amostras, ou seja, não apresentaram restrição a nenhum forófito ou ponto de coleta, e são todas tolerantes ou indicadoras de eutrofização (Tab. 3).

Com relação à similaridade entre os diferentes substratos e seus respectivos pontos de coleta, pode-se observar que as amostras foram separadas em dois grupos, o primeiro com as comunidades dos pontos 3 e 4, e o segundo com as comunidades dos pontos 1 e 2 (Fig. 59). As comunidades dos pontos 1 e 2 foram separadas de acordo com o tipo de forófito, formando dois grupos: macrófitas com folhas recortadas (*Cabomba*, *Myriophyllum* e *Ceratophyllum*) e macrófitas de folhas inteiras (*Bacopa* e *Polygonum*).

O ponto 3 apresentou menor abundância relativa de espécies sensíveis a eutrofização, se comparado aos pontos 1, 2 e 4 (Fig. 60-A, C, D), e do ponto 4 em relação ao 1 e 2 (Fig. 60-B). No entanto, *Cyclotella meneghiniana*, uma espécie indicadora de eutrofização, apresentou maior abundância relativa no ponto 1, diminuindo gradativamente até o ponto 4 (Fig. 60-D).

Diadema confervaceae foi a mais abundante na maioria das amostras, exceto sobre *Polygonum* e *Bacopa* no ponto 1, e *Polygonum* e *Myriophyllum* no ponto 3, onde *Nitzschia palea*, *N. amphibia* e *Navicula cryptotenella* estavam entre as espécies com maior abundância relativa (Fig. 60). Pode ainda ser observada a maior abundância de *D. confervaceae* na *Cabomba* em relação ao *Polygonum* e *Myriophyllum*, onde também *Nitzschia palea* e *N. amphibia* foram táxons abundantes (Figs. 60.A, 60.B e 60.C).

DISCUSSÃO

A importância do forófito na composição da comunidade perifítica vem sendo há muito tempo discutida. Estudos que levam em consideração a avaliação da qualidade de água

Tabela 1. Comparação dos fatores físicos, químicos e biológicos entre os Pontos de coleta e no Arroio Bolaxa. NT = Nitrogênio total, FT = Fósforo total, N/P = razão entre nitrogênio e fósforo total; FAS = fluxo de água superficial; DA = distúrbio antropogênico; ARM = Abundância Relativa Máxima entre todas as espécies ocorridas no ponto/forófito; ND = não detectável.

Pontos	1	2	3	4
NT (g. L ⁻¹)	0,29	0,39	0,40	0,47
FT (g. L ⁻¹)	0,15	0,19	0,19	0,21
N/P	1,92	2,01	2,06	2,20
FAS (cm s ⁻¹)	5	18	1	ND
DA	1,85	1,11	4,07	0,74
Riqueza	39	35	34	39
ARM	38,82	33,66	27,18	60,29

Tabela 2. Comparação da ocorrência, riqueza e abundância relativa máxima do perifiton dos Forófitos no Arroio Bolaxa. ARM = Abundância Relativa Máxima entre todas as espécies ocorridas no ponto/forófito, Bac = *Bacopa monnieri*, Cab = *Cabomba australis*, Cer = *Ceratophyllum demersum*, Myr = *Myriophyllum brasiliense*, Pol = *Polygonum punctatum*.

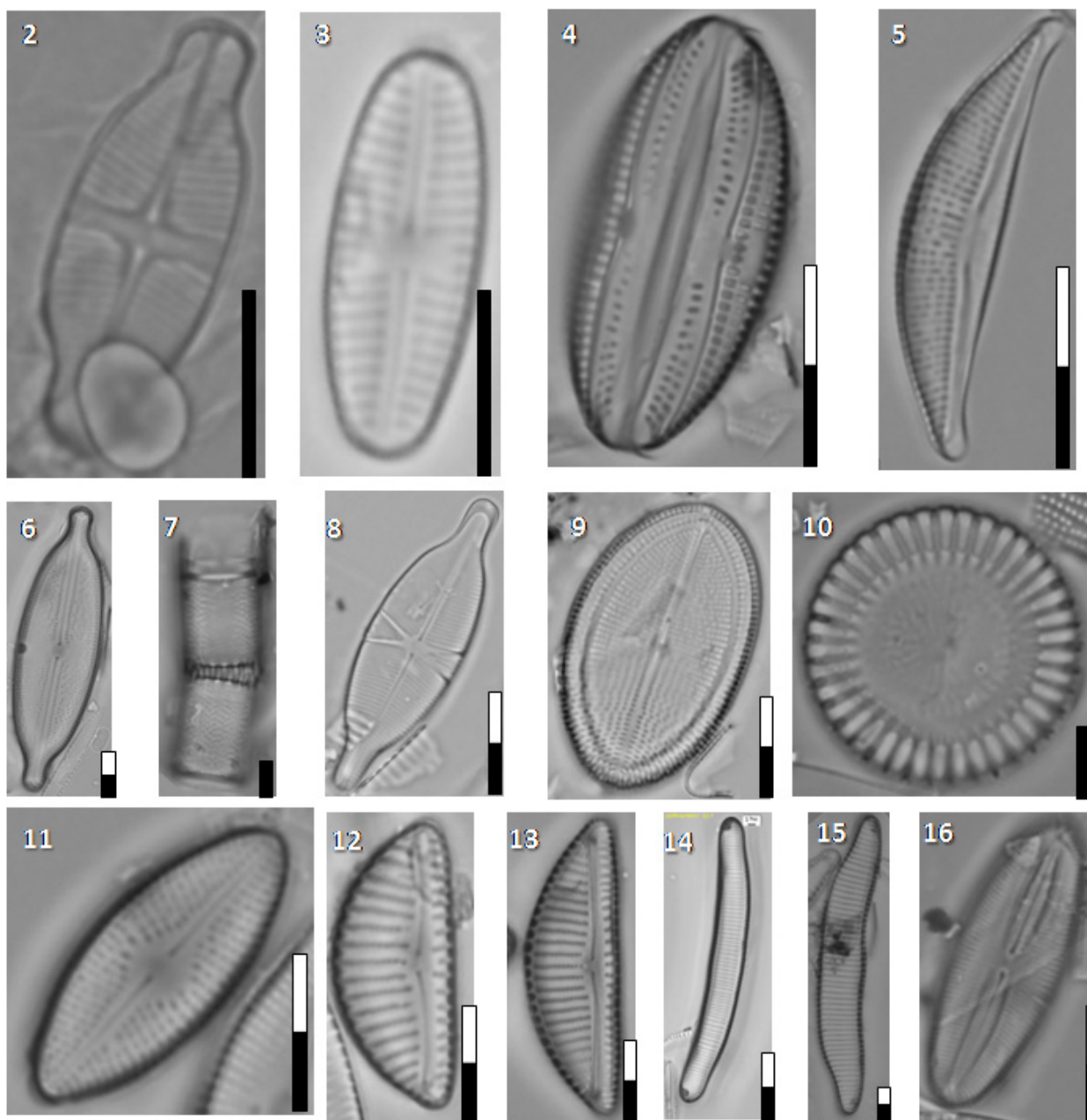
Forófito	Bac	Cab	Cer	Myr	Pol
Pontos	1	1, 2, 4	1	2, 3, 4	1, 3, 4
Riqueza	26	38	26	38	40
ARM	19,85	60,29	36,31	33,66	25,18

Tabela 3. Dados morfométricos e ecológicos das diatomáceas perifíticas do Arroio Bolaxa. FO = Frequência de Ocorrência, ARM = Abundância Relativa Máxima, * espécies abundante em ao menos uma amostra. ¹Alakananda *et al.*, 2010; ²Bellinger *et al.*, 2006; ³Karthick *et al.*, 2009; ⁴Lobo *et al.*, 2004b; ⁵Lobo *et al.*, 2004; ⁶Salomoni *et al.*, 2007; ⁸Silva *et al.*, 2010; ⁹Stenger-Kovács *et al.*, 2007; ¹⁰Torgan & Santos, 2008; ¹¹Van Dam *et al.*, 1994; ¹²Lai *et al.*, 2010; ¹³Moro & Furtenberger, 1997, c = comprimento, l = largura, e = estrias, Bac = *Bacopa monnieri*, Cab = *Ceratophyllum demersus*, Myr = *Myriophyllum brasiliense*, Pol = *Polygonum punctatum*.

Espécies	Fig	Dimensões (mm) e estrias (em 10 mm)	FO (%)	ARM (%)	Observações	Ocorrência nos Pontos	Ocorrência nas Macrófitas
<i>Achnanthes exiguum</i> (Grunow) D.B.Czarnecki	2	c:14-15.5; l:5; e:25	45.45	0.25		1,3;4	Cab; Cer; Myr; Pol
<i>A.minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	3	c:12-16; l:4; e:20	72.73	9.00	tolerância à eutrofização intermediária a alta ^{5,6,8} ; cosmopolita ⁹ ; indiferente ¹¹	1,2;3;4	Cab; Cer; Myr; Pol
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & R.E.M.Archibald *	4	c:20-30; l:4.6; e:21-26	18.18	4.17	tolerante à eutrofização ^{2,11}	4	Cab; Pol
<i>A. veneta</i> Kützing *	5	c:19-38; l:4.2-6; e:22-28	54.55	4.98	muito tolerante à eutrofização ^{9,11}	1,3;4	Cab; Myr; Pol
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> E.Pfitzer	6	c:62; l:18; e:17	36.36	0.47	saprófila; eutrófica ¹³	1;2	Cab; Cer; Myr
<i>Aulacoseira italica</i> (Ehrenberg) Simonsen *	7	c:8-10; l:9-10	27.27	5.41	limnófila; oligotrófica ¹³	1;2	Cab; Cer
<i>Capitotragma crucicula</i> (Grunow) R.Ross	8	c:32-34; l:10; e:20-23	45.45	2.70	ultra-oligotrófica ¹³	1,2;3;4	Cab; Cer; Myr; Pol
<i>Cocconeis</i> sp.	9	c:20-28; l:12-20; e:22-26	81.82	3.54	tolerância à eutrofização intermediária ⁶	1,2;4	Bac; Cab; Cer; Myr; Pol
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing *	10	c:14-17; e:7	100	14.59	tolerância à eutrofização intermediária ^{5,6} ; Cosmopolita ¹	1,2;3;4	Bac; Cab; Cer; Myr; Pol
<i>Diademsia confervaceae</i> Kützing *	11	c:14-19; l:5.4-8; e:19-24	100	60.29	dominante em ambiente eutrofizado ³ ; tropical ¹² ; cosmopolita ¹	1,2;3;4	Bac; Cab; Cer; Myr; Pol
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G.Mann *	12	c:17.5-30; l:7-9.5; e:14-15	90.91	3.97	oligo-mesotrófica ¹¹ ; tolerância à eutrofização intermediária ^{2,6} ; associada à margens desmatadas ²	1,2;3;4	Bac; Cab; Cer; Myr; Pol
<i>E. silesiacum</i> (Bleisch) D.G.Mann *	13; 57-58	c:35.5-41; l:9-10; e:10-12	81.82	4.71	baixa tolerância a eutrofização ⁵ ; tolerante a indiferente ¹¹	1,2;3;4	Bac; Cab; Myr; Pol
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt	14	c:27-52; l:3-4; e:16-19	81.82	2.45	oligotrófica a eutrófica ¹³	1,2;3;4	Bac; Cab; Cer; Myr; Pol
<i>E.fuhrmannii</i> Metzeltin & Tremarin	15	c:70-82; l:9; e:8-9 (centro) 12-14 (extremidades)	63.64	2.48		1,2;3;4	Cab; Cer; Myr; Pol
<i>Fallacia pygmaea</i> (Kützing) A.J.Stickle & D.G.Mann	16	c:23-24; l:8-15; e:26	63.64	0.49	eutrófica ¹³	1,2;3;4	Cab; Cer; Myr; Pol
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg *	17	c:46-53; l:11-13; e:10-11	54.55	4.23	eutrófica ¹³	1,2;3;4	Bac; Cab; Cer; Myr; Pol
<i>G. augur</i> Ehrenberg *	18	c:47-55; l:10-14; e:9-11	81.82	4.70	mesotrófica ¹³	1,2;3;4	Bac; Cab; Cer; Myr; Pol
<i>G. capitatum</i> Ehrenberg	19	c:39-41.5; l:9; e:10-12	90.91	0.98		2;4	Cab; Myr; Pol
<i>G. cf. kawakanum</i> Metzeltin, Reichardt & LangeBertalot	20	c:16.5-20; l:5-6; e:20-24	81.82	1.74	dominante em ambiente eutrofizado ³	1,2;3;4	Bac; Cer; Myr; Pol
<i>G. gracile</i> Ehrenberg	21	c:55-92; l:10-15; e:9-13	72.73	3.23	tolerância intermediária a eutrofização ^{6,11}	1,2;3;4	Bac; Cab; Cer; Myr; Pol
<i>G. laticollum</i> E.Reichardt *	22	c:36-42; l:10-12; e:10-13	27.27	5.20		1,2;4	Bac; Cab; Cer; Myr; Pol
<i>G. parvulum</i> (Kützing) Kützing *	23	C:30-44; l:8-11; e:10-13	72.73	5.30	intermediária a alta tolerância a eutrofização ^{1,2,4,5,6,7,11} ; cosmopolita ³	1,2;4	Bac; Cab; Cer; Myr; Pol
<i>G. pedrense</i> Metzeltin, Lange-Bertalot & Garcia-Rodriguez *	24	c:39-48; l:10-13; e:10-13	90.91	4.04		1,2;3;4	Bac; Cab; Cer; Myr; Pol

Tabela 3. Cont.

Espécies	Fig	Dimensões (mm) e estrias (em 10 mm)	FO (%)	ARM (%)	Observações	Ocorrência nos Pontos	Ocorrência nas Macrofitas
<i>Gomphonema</i> sp.	25	c:30-39; l:7-8; e:10-12(centro) 12-14(extremidades)	36.36	0.75		2;4	Myr; Pol
<i>Gyrosigma</i> sp.	26	c:135-139; l:11-12	72.73	1.00		1;3	Bac; Myr
<i>Hippodonia hungarica</i> (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski	27	c:18.5; l:5; e:10	18.18	1.77	baixa a média tolerância a eutrofização ⁴	1;2;3;4	Bac; Cab; Cer; Pol
<i>Lemnicola hungarica</i> (Grunow) F.E.Round & P.W.Basson *	28	c:38-39; l:7-8; e:20-21	90.91	4.41	tolerante à eutrofização ^{4,6,9} ; hipereutrófica ¹¹	1;2;3;4	Bac; Cab; Myr; Pol
<i>Mayamea</i> sp.	29	c:7; l:3.5; e:25	45.45	1.95	muito tolerante à eutrofização ⁶	1;3;4	Bac; Myr; Pol
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot *	30	c:24-35; l:5-7; e:13-18	100	27.18	indicadora de eutrofização; tolerância média a eutrofização ^{5,6} ; cosmopolita ^{9,11}	1;2;3;4	Bac; Cab; Cer; Myr; Pol
<i>N. riediana</i> Lange-Bertalot & Rumrich	31	c:46-52; l:8; e:11-13	90.91	2.43		1;2;3;4	Bac; Cab; Myr; Pol
<i>N. rostellata</i> Kützing	32	c:39; l:4-5; e:14	18.18	0.49	eutrófica ¹¹	1;2	Cab
<i>Navicula</i> sp. 1	33	c:74; l:16; e:6	9.09	0.25		3	Pol
<i>Navicula</i> sp.2	34	c:70; l:15; e:8	9.09	0.25		3	Myr
<i>N. subrhynchocephala</i> Hustedt	35	c:33-35; l:8; e:14-16	72.73	1.99		1;2;3;4	Cab; Cer; Myr; Pol
<i>Nitzschia</i> cf. <i>adamata</i> Hustedt	36	c:46-105; l:4-7.5	63.64	1.99	águas organicamente poluídas ⁶	1;2;3;4	Cab; Myr; Pol
<i>N. amphibia</i> (Kützing) Grunow *	37; 49-54	c:21-35; l:4-5; e:16-17	100	19.85	tolerância média à eutrofização ⁶	1;2;3;4	Bac; Cab; Cer; Myr; Pol
<i>N. clausii</i> Hantzsch	38	c:52-58; l:4	27.27	1.22	águas organicamente poluídas ⁶ ; tolerância intermediária ⁵ ; eutrófica ¹¹	3;4	Cab; Myr
<i>N. palea</i> (Kützing) W.Smith *	39; 55-56	c:29-32; l:3-4	100	25.19	tolerância à eutrofização intermediária a alta ^{2,5,6} ; cosmopolita ^{1,9} ; indiferente ¹¹ ; associada à margens desmatadas ²	1;2;3;4	Bac; Cab; Cer; Myr; Pol
<i>N. reversa</i> W.Smith	40	c:70-80; l:4-5	36.36	2.24	águas organicamente poluídas ⁶	1;3;4	Cab; Pol; Myr
<i>Pinnularia acrospira</i> W.Smith	41	c:30-54; l:7-11; e:11-15	81.82	2.96	oligotrófica ¹³	1;2;3;4	Cab; Cer; Myr; Pol
<i>P. gibba</i> Ehrenberg	42	c:36-58; l:8; e:10-12	45.45	3.70	indiferente à eutrofização ¹¹	3;4	Cab; Myr; Pol
<i>Pinnularia</i> sp.	43	c:105; l:20; e:8	9.09	0.25		1	Cer
<i>Placoneis</i> sp.	44	c:18; l:9; e:15	27.27	0.25		3;4	Cab; Myr; Pol
<i>Planothidium frequentissimum</i>	45	c:22; l:8; e:12	36.36	1.99		1;2;4	Bac; Cab; Pol
<i>P. haynaldii</i> (Lange-Bertalot) Round & L.Bukhtiyarova	46	c:9; l:3.5; e:25	9.09	0.25		1	Bac
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkovsky *	47	c:9-40; l:4-8; e:13-24	100	7.07	tolerância alta a eutrofização ⁵	1;2;3;4	Bac; Cab; Cer; Myr; Pol
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P.Compère *	48	c:77-260; l:5-8; e:8-11	81.82	7.60	intermediária a baixa tolerância a eutrofização ^{5,6}	1;2;4	Bac; Cab; Cer; Myr; Pol

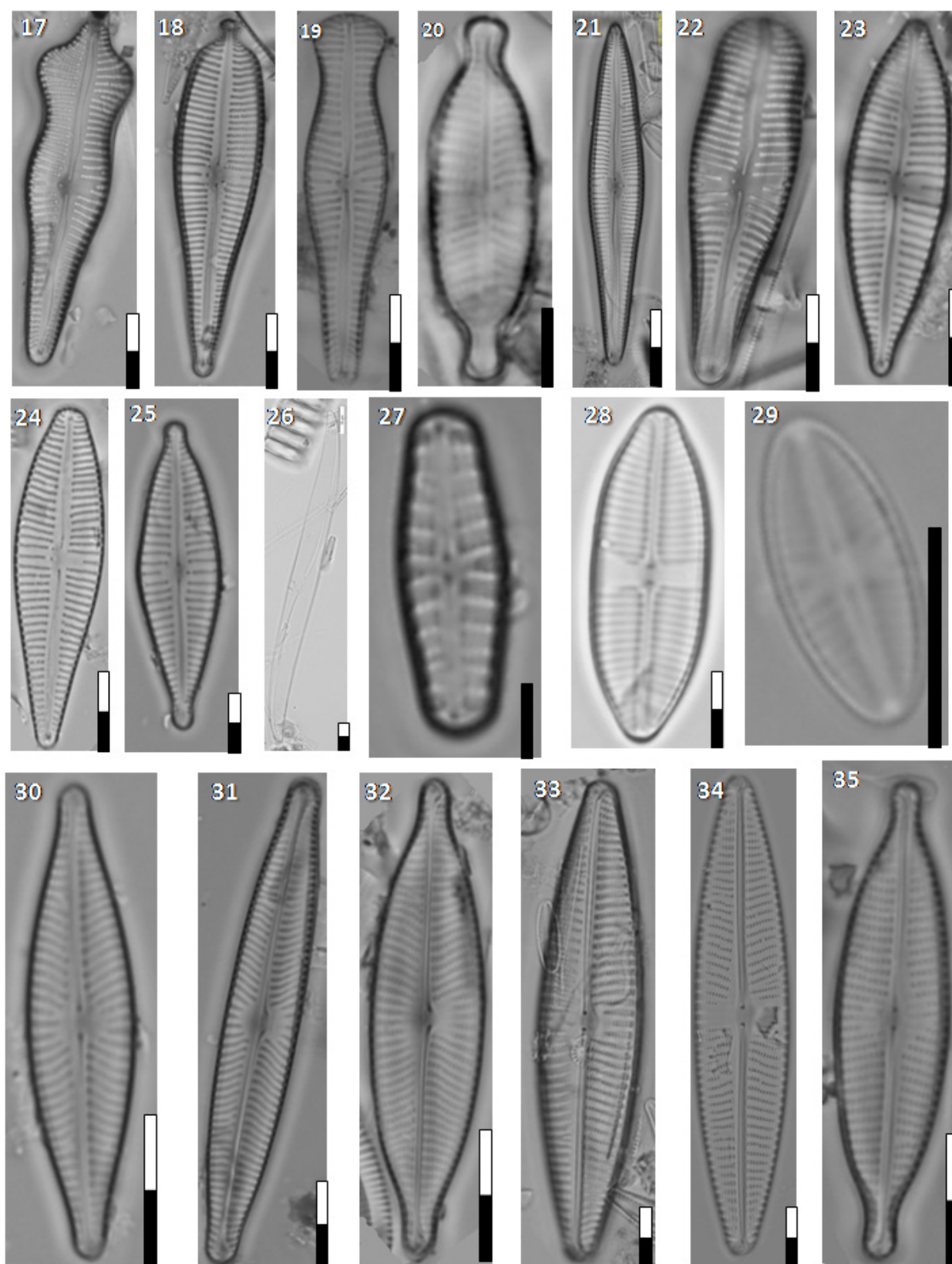


Figs. 2-16. Valvas em vista valvar ou conectival ao Microscópio Óptico. 2. *Achnanthyidium exiguum*; 3. *A. minutissimum*; 4. *Amphora copulata*; 5. *Amphora veneta*; 6. *Anomoeoneis sphaerophora*; 7. *Aulacoseira italica* var. *italica*; 8. *Capartogramma crucicula*; 9. *Cocconeis* sp.; 10. *Cyclotella meneghiniana*; 11. *Diadmesmis confervaceae*; 12. *Encyonema minutum*; 13. *E. silesiacum*; 14. *Eunotia bilunaris*; 15. *E. fuhrmannii*; 16. *Fallacia pygmaea*. Barra preta = 5 µm; barra branca/preta = 10 µm.

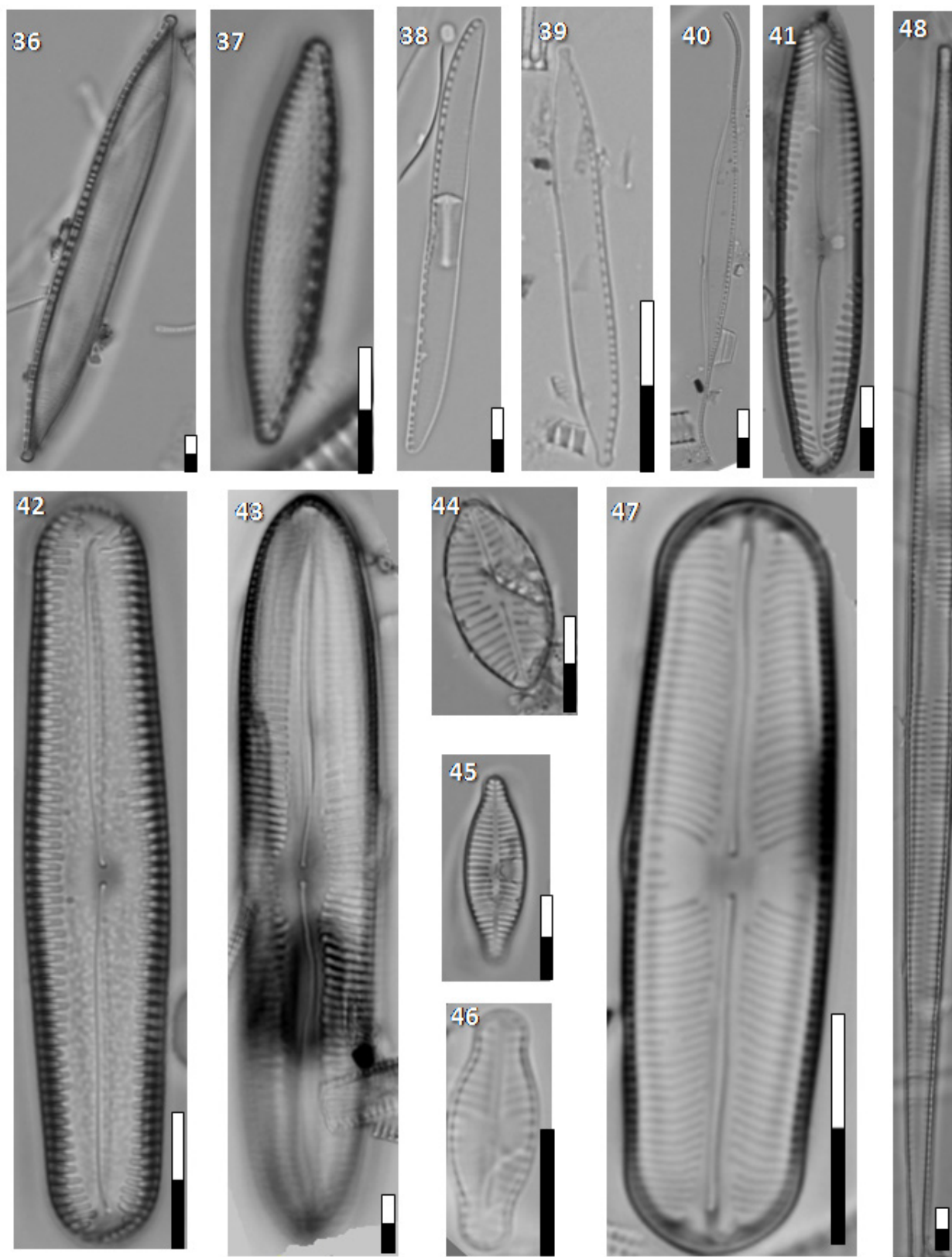
utilizando comunidades epifíticas são comumente criticados devido à dificuldade de separar os efeitos causados pela qualidade da água daqueles causados pelo próprio forófito (e.g. heterogeneidade de substratos, efeitos alelopáticos e maior erosão do biofilme formado pela comunidade perifítica; Birkett & Gardiner 2005, Townsend & Gell 2005, Hilt 2006). No entanto, apesar de serem mais indicados estudos que utilizem comunidades aderidas a substratos não vivos, diversos trabalhos têm mostrado que a comunidade perifítica aderida a substratos vivos também pode ser uma boa indicadora da qualidade da água (Cattaneo *et al.* 1995, Stenger-Kovács *et al.* 2007, Connell *et al.* 2013).

Os nossos resultados mostram que a composição da comunidade é diferente próxima a passagem do Arroio sob a RS-374. As concentrações de nitrogênio e fósforo aumentaram a jusante devido à diminuição do fluxo de água no mesmo sentido, chegando ao último ponto de coleta com fluxo indetectável. Desta forma, os impactos antropogênicos observados nos pontos de coleta à montante se acumulam no ponto 4.

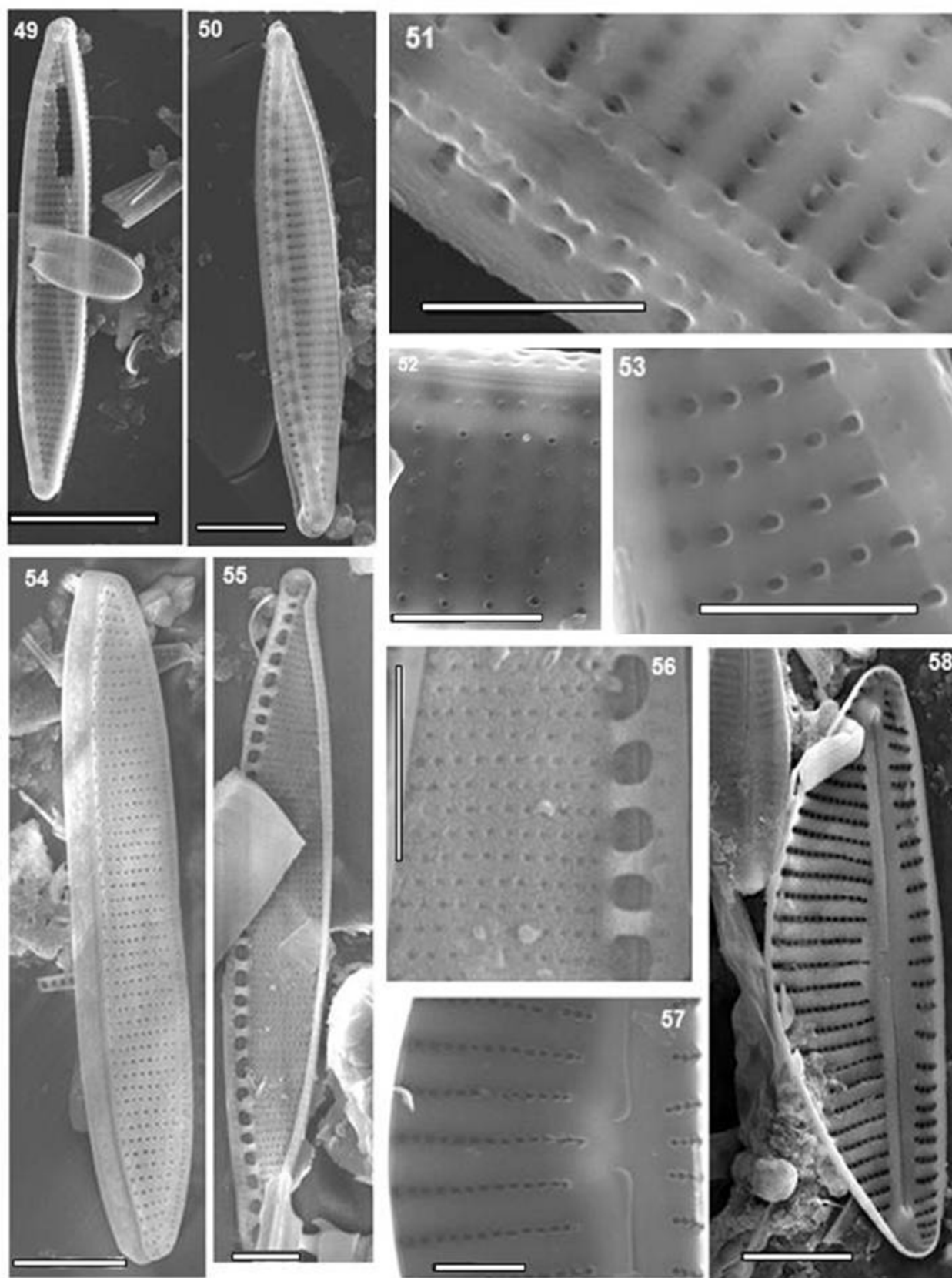
O ponto três, que se encontra junto a RS-374 apresentou a comunidade mais distinta independente do forófito da qual foi coletada. O ponto 4 se encontra a jusante do ponto 3, e por isso sua comunidade também reflete o maior



Figs. 17-35. Valvas em vista valvar ao Microscópio Óptico. 17. *Gomphonema acuminatum*; 18. *G. augur*; 19. *G. capitatum*; 20. *G. cf. kaweeakanum*; 21. *G. gracile*; 22. *G. laticollum*; 23. *G. parvulum*; 24. *G. pedrense*; 25. *Gomphonema* sp.; 26. *Gyrosigma* sp.; 27. *Hippodonta hungarica*; 28. *Lemnicola hungarica*; 29. *Mayamea* sp.; 30. *Navicula cryptotenella*; 31. *N. riediana*; 32. *N. rostellata*; 33. *Navicula* sp.1; 34. *Navicula* sp.2; 35. *N. subrhynchocephala*. Barra preta = 5 µm; barra branca/preta = 10 µm.



Figs. 36-48. Valvas em vista valvar ao Microscópio Óptico. 36. *Nitzschia* cf. *adamata*; 37. *N. amphibia*; 38. *N. clausii*; 39. *N. Palea*; 40. *N. reversa*; 41. *Pinnularia acrosphaeria*; 42: *P. gibba*; 43. *Pinnularia* sp.; 44. *Placoneis* sp.; 45. *Planothidium frequentissimum*; 46. *P. haynaldii*; 47. *Sellaphora pupula*; 48. *Ulnaria ulna*. Barra preta = 5 μm; barra branca/preta = 10 μm.



Figs. 49-58. Valvas em vista valvar ao Microscópio Eletrônico de Varredura. **49-54.** *Nitzschia amphibia* em vista interna e externa com detalhe das estrias com aréolas duplas próximas a rafe; **55, 56.** *N. palea*; **57, 58.** *Encyonema silesiacum* com detalhe da extremidade proximal da rafe. Barras: **Figs. 51, 52, 53, 55, 56, 57** = 2 µm; **Figs. 50, 54, 58** = 5 µm; **Fig. 49** = 10 µm.

impacto sofrido a montante. Por outro lado, os pontos menos impactados a montante (1 e 2) são mais similares pois apresentaram distúrbios antropogênicos semelhantes. Nestas condições outros fatores podem influenciar na determinação da composição da comunidade perifítica, como por exemplo, o tipo de forófito onde as diatomáceas estão aderidas. Os resultados mostram que para os pontos 1 e 2 as comunidades foram separadas entre aquelas aderidas a macrófitas de folha inteira, e aquelas aderidas em macrófitas de folha recortada.

As espécies de diatomáceas aderidas ao *Polygonum*, *Myriophyllum* e *Cabomba* em três pontos de coleta sugerem que a comunidade epifítica pode responder às alterações ambientais naturais ou não, com a diminuição do número de espécies sensíveis à poluição no ponto sob maior ação antropogênica. A sensibilidade da comunidade epifítica às ações antropogênicas no ponto 3 é evidenciada pela menor abundância relativa de espécies sensíveis a eutrofização como *Encyonema silesiacum*, *Gomphonema augur*, *G. laticollum*, *G. pedrense* e *Ulnaria ulna*. Da mesma forma, o ponto 3 também apresentou maior abundância relativa de espécies indicadoras de eutrofização, como por exemplo, *Nitzschia palea*, *N. amphibia*, *Navicula cryptotenella* e *Diademesmis confervaceae*. Embora o ponto 1 tenha apresentado a segunda maior quantidade de distúrbios antropogênicos, a comunidade perifítica indicou um maior impacto nos pontos 3 e 4. Este último ponto apresenta o menor distúrbio antropogênico, mas por estar à jusante dos outros pontos e por possuir menor fluxo de água, sua comunidade é afetada por impactos a montante. Além disso, é possível que a pecuária extensiva, predominante no ponto 1, não promova tanto impacto quanto as alterações do ponto 3 (influência da rodovia, construções e alteração da margem), que por sua vez também acumulam no ponto 4.

A presença de *Ulnaria ulna* só não foi observada no ponto 3, aquele com maior impacto. *Ulnaria ulna* tem sido documentada como uma possível espécie indicadora de ambientes subtropicais menos impactados e com turbulência (Padisák *et al.* 2009). Bere & Tundisi (2010, 2011b e 2012) observaram a sensibilidade de *U. ulna* à ação antropogênica após a passagem de córregos por área urbana e a concentrações elevadas de cádmio. No entanto, alguns trabalhos a descrevem como resistentes à eutrofização (Salomoni *et al.* 2006), o que não foi observado neste estudo. Não parece haver consenso na resposta de *U. ulna* à eutrofização e outros fatores ambientais, embora, segundo nossos resultados, podemos levantar duas hipóteses: (1) *U. ulna* foi sensível ao distúrbio antrópico no ponto 3; ou (2) ela foi sensível a outro fator, que apresentou variação similar no arroio, como por exemplo, menor fluxo de água. Apesar de sensível às condições do ponto 3, esta espécie volta a ocorrer posteriormente no ponto 4, ainda que com uma abundância relativa baixa se comparada aos pontos 1 e 2. Este padrão de distribuição condiz com a sensibilidade ao principal foco de ação antropogênica no arroio Bolaxa para este trabalho, o ponto 3, sugerindo a sensibilidade de *U. ulna* ao fator antrópico, embora não possa ser descartada

a influência da velocidade do fluxo de água.

Embora *Aulacoseira italica* e *Cyclotella meneghiniana* estejam entre as espécies abundantes, ocorreram apenas nos pontos 3 e 4, por serem espécies limnéticas (Moro & Furtenberger 1997). Desta forma, quanto menor o fluxo de água, menor a chance de estas espécies serem encontradas na superfície. Além disso, os pontos 3 e 4 são mais profundos, tornando mais distante os habitats planctônicos e bentônicos. Isso explica porque *C. meneghiniana*, uma espécie indicadora de eutrofização, diminui sua abundância relativa ao longo do arroio, apresentando maior abundância relativa nos pontos menos impactados.

D. confervaceae apresentou a maior abundância relativa aderida a *Cabomba* no ponto 4. Apesar de este resultado ser baseado em apenas uma amostra, isto pode ser em resposta a dois fatores: distúrbio antrópico pontual ou a montante e disponibilidade de luz. Frequentemente comunidades dominadas por uma espécie são associadas ao distúrbio antrópico (Agatz *et al.* 1999). No entanto, *Cabomba* se encontrava totalmente submersa e encoberta por outras macrófitas flutuantes no ponto 4, o que representa uma desvantagem na competição por luz (outro fator importante e limitante na distribuição do perifiton) com relação ao *Polygonum* e *Myriophyllum*, que estavam mais expostas à radiação. É possível que a intensidade luminosa tenha agido como fator limitante para a comunidade perifítica da *Cabomba*, onde uma espécie adaptada a pouca intensidade luminosa poderia dominar numericamente. Embora não existam estudos acerca da tolerância a baixa luminosidade por *D. confervaceae*, em observações na República Tcheca os autores registraram ao menos duas espécies de

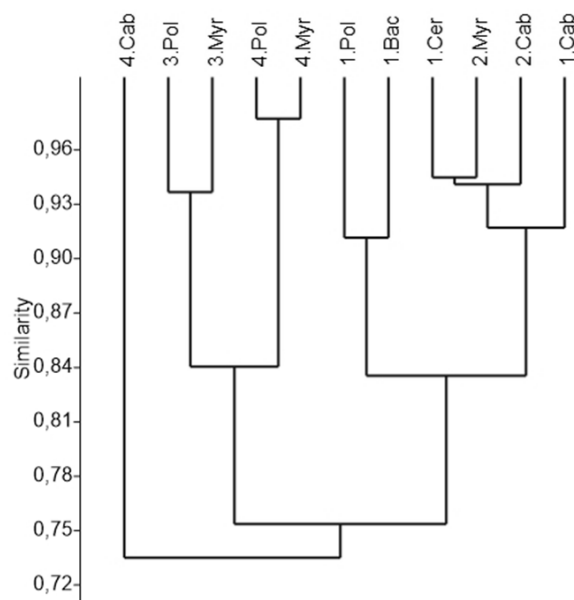
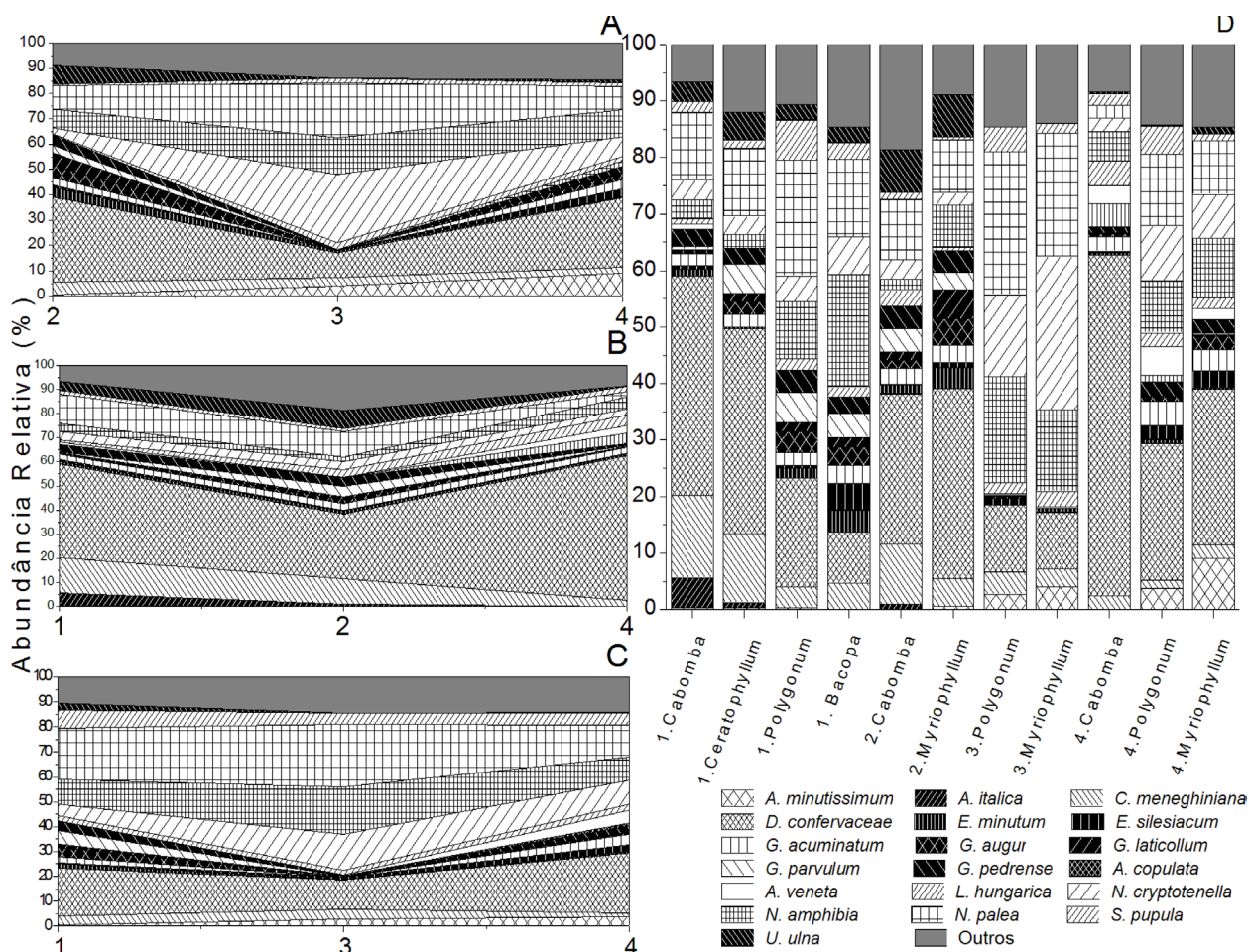


Fig. 59. Dendrograma resultante da análise de agrupamento utilizando matriz de abundância da comunidade perifítica de macrófitas (índice de Horn) coletadas em quatro pontos no Arroio Bolaxa, RS, Brasil. Bac = *Bacopa monnieri*, Cab = *Cabomba australis*, Cer = *Ceratophyllum demersum*, Myr = *Myriophyllum brasiliense*, Pol = *Polygonum punctatum*.



Diadsmis em cavernas com reduzida intensidade luminosa (Pouličková & Hašler 2007, Taylor *et al.* 2007). Nos pontos 1 e 2 a limitação por luz não foi observada devido a baixa profundidade destes pontos, não tendo ocorrido dominância de nenhuma espécie.

Por outro lado, *Polygonum* e *Myriophyllum*, no ponto 4, foram as duas amostras com maior riqueza específica em comparação à *Cabomba*. Além da maior disponibilidade de luz em relação à *Cabomba*, estes substratos se encontram no ponto com menor fluxo de água o que leva ao acúmulo de nutrientes como fósforo e nitrogênio com origem à montante, onde o fluxo não deixa que estes se acumulem. Segundo Felisberto & Rodrigues (2010), a disponibilidade de nutrientes é mais importante para a riqueza específica do que o próprio substrato. A relação entre disponibilidade de nutriente e riqueza específica é controversa na literatura, tendo em vista que outros trabalhos apontam a redução da riqueza relacionada ao aumento de nutrientes (Lobo *et al.* 1995). No entanto, Felisberto & Rodrigues (2010) se referem ao enriquecimento por biomassa alóctone trazida pelo vento, enquanto Lobo *et al.* (1995) se referem à poluição química originada na região metropolitana de

Tokyo, portanto uma influência antropogênica.

Embora o principal determinante da comunidade perifítica tenham sido o acúmulo de nutrientes e impacto antropogênico, nos pontos menos impactados outros fatores como o tipo de substrato podem também ter importância. Foi possível observar grande abundância relativa de *D. confervaceae* na *Cabomba* ao longo de todo arroio. Enquanto em *Polygonum* a abundância relativa de *D. confervaceae* foi menor e muito próxima de *N. cryptotenella*, *N. amphibia* e *N. palea*. Algumas destas espécies já haviam sido observadas por Bertolli *et al.* (2010) em *Polygonum* no Reservatório de Passaúna (Curitiba, Paraná, Brasil), com tendência moderada a eutrofização. No entanto, este trabalho apresenta um enfoque taxonômico e qualitativo, não sendo possível fazer outro tipo de comparação de âmbito ecológico. A diferença entre a abundância em *Cabomba* e *Polygonum* pode estar relacionada à morfologia de *Cabomba* que apresenta folhas muito recortadas e portanto maior área superficial e microhabitats para o perifiton.

Pode-se concluir que a composição da comunidade perifítica foi primeiramente determinada pelos distúrbios

antropogênicos, e posteriormente pelo forófito. A comunidade foi alterada ao longo do arroio, de forma similar às alterações antropogênicas avaliadas a partir do cálculo do distúrbio antropogênico e pela concentração de nutrientes. *Encyonema minutum*, *E. silesiacum*, *Gomphonema augur*, *G. laticollum*, *G. pedrense* e *Ulnaria ulna* são espécies sensíveis à eutrofização, e maior abundância relativa de *Nitzschia palea*, *N. amphibia*, *Navicula cryptotenella* e *Diademes confervaceae* nos pontos com maior impacto antrópico (maior concentração de nutrientes e acúmulo de impactos antropogênicos), mostrando o potencial desta comunidade como bioindicadora de influências antropogênicas. No entanto, a comparação entre comunidades de diferentes forófitos em um mesmo ponto também evidenciaram a importância do substrato na composição da comunidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à colaboração do Dr. Ubiratã Jacobi e Mrs. Paulo Ellert na identificação das macrófitas. Ao Dr. Cleber Palma Silva, Ms. Cláudio Trindade e Ms. Leonardo Furlanetto pelas análises de nutrientes. A Dra. Adriana Gava pelo auxílio na obtenção das imagens das diatomáceas com microscopia óptica e à equipe do Centro de Microscopia Eletrônica do Sul da Universidade Federal do Rio Grande, Dr. Paulo Henrique Sanchez Cardoso, Dra. Ludmila Entiauspe e Msc. Caroline Pires Ruas no auxílio à obtenção das imagens em MEV.

REFERÊNCIAS

- Agatz M., R.M. Asmus, And Deventer B. 1999. Structural Changes In The Benthic Diatom Community Along An Eutrophication Gradient On A Tidal Flat. *Helgoland Marine Research* 53:92-101.
- Albuquerque, U., Moura, A. & Araújo E. 2010. Biodiversidade, potencial econômico e processos ecofisiológicos em ecossistemas nordestinos. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bauru. 538 p.
- Angeli, N., Cantonati, M., Spitalé, D. & Lange-Bertalot, H. 2010. A comparison between diatom assemblages in two groups of carbonate, low-altitude springs with different levels of anthropogenic disturbances. *Fottea* 10(1):115-128
- Barbosa, D. A. 2013. Influência de Fatores Ambientais na comunidade de Macrófitas Aquáticas em pequenos Cursos Lóticos Perenes Subtropicais. Dissertação 45 f. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.
- Bartozek, C.E.R., Bueno, N.C., Ludwig, T.A.V., Tremarin, P.I., Nardelli, M.S. & Rocha, A.C. 2013. Diatoms (Bacillariophyceae) of Iguaçu National Park, Foz do Iguaçu, Brazil. *Acta Botanica Brasiliica* 27(1):108-123.
- Baumgarten, M.G.Z., Rocha, J.M.B. & Niencheski, L.F.H. 1996. Manual de análises em Oceanografia Química. Editora da FURG, Rio Grande, 112 p.
- Bere, T. & Tundisi, J.G. 2010. Epipsammic diatoms in streams influenced by urban pollution, São Carlos, SP, Brazil. *Brazilian Journal of Limnology* 70(4):921-930.
- Bere, T. & Tundisi, J.G. 2011a. The effects of substrate type on diatom-based multivariate water quality assessment in a tropical river (Monjolinho). *Water Air Soil Pollut* 216:391-409.
- Bere, T. & Tundisi, J.G. 2011b. Toxicity and sorption kinetics of dissolved cadmium and chromium III on tropical freshwater phytoplankton in laboratory mesocosm experiments. *Science of the Total Environment* 409:4772-4480.
- Bere, T. & Tundisi, J.G. 2012. Cadmium and lead toxicity on tropical freshwater periphyton communities under laboratory-based mesocosm experiments. *Hidrobiologia* 680:187-197.
- Bertolli, L.M., Tremarin, P.I. & Ludwig, T.A.V. 2010. Diatomáceas perifíticas em *Polygonum hydropiperoides* Michaux, Reservatório do Passaúna, Região Metropolitana de Curitiba, Paraná, Brasil. *Acta Botanica Brasiliica* 24: 1065-1081.
- Birkett, K. & Gardiner, S. 2005. The use of epilithic and epiphytic diatoms as indicators of organic pollution in the Cheboygan River, Cheboygan County, Michigan, Disponível em: <http://www.handle.net/2072.42/55043>. Acessado em 28.08.2015.
- Carvalho, T. M. 2008. Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e technical of discharge measurement through conventional and non conventional means. *Revista Brasileira de Geografia Física* 01:73-85.
- Cattaneo, A., Méthot, G., Pinel-Alloul, B., Niyonsenga, T. & Lapierre, L. 1995. Epiphyte size and taxonomy as biological indicators of ecological and toxicological factors in Lake Saint-François (Québec). *Environmental pollution* 87(3):357-72.
- Connell, J.M.O., Reavie, E.D. & Smol, J.P. 2013. Assessment of water quality using epiphytic diatom assemblages on *Cladophora* from the St. Lawrence river (Canada). *Diatom Research* 12(1):55-70.
- Cordazzo, C.V. & Seeliger, U. 1995. Guia Ilustrado da Vegetação Costeira no Extremo Sul do Brasil. Editora da Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 275 p.
- Costa, R. C. 2003. Estudo de caso em gestão ambiental: a área verde do Arroio Bolaxa – Rio Grande – RS. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. Monografia, Universidade Federal do Rio Grande. 109 p.
- Fasset, N.C. 1949. The Variations of *Polygonum punctatum*. *Brittonia* 6(4):369-393.
- Felisberto, S.A. & Rodrigues, L. 2010. Periphytic algal community in artificial and natural substratum in a tributary of the Rosana reservoir (Corvo Stream, Paraná State, Brazil). *Acta Scientiarum Biological Sciences* 32(4):373-385.
- Hering, D., Johnson, R.K., Kramm, S. & Schmutz, S. 2006. Assessment of European streams with diatoms, macrophytes, macroinvertebrates and fish: a comparative metric-based analysis of organism response to stress. *Freshwater Biology* 51:1757-1785.
- Hilt, S. 2006. Allelopathic inhibition of epiphytes by submerged macrophytes. *Aquatic Botany* 85(3):252-256.
- Lobo, E.A., Katoh, K. & Aruga, Y. 1995. Response of epilithic diatom assemblages to water pollution in rivers in the Tokyo Metropolitan area, Japan. *Freshwater Biology* 34:191-204.
- Lobo E.A. & Leighton G., 1986. Estructuras comunitarias de la fitocenosis planctonica de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona Central de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 22:1-29.
- Mackereth, F.J.H., Heron, J. & Talling, J.F. 1978. Water analysis: Some revised methods for limnologists. *Freshwater Biological Association, Ambleside, Cumbria*. 120 p.
- Mann, D.G. 2007. The diatom genus *Sellaphora*: Separation from *Navicula*. *European Journal of Phycology* 24:1-20.
- Mann, D.G., Chepurnov, V.A. & Droop, S.J.M. 1999. Sexuality, incompatibility, size variation, and preferential polyandry in natural populations and clones of *Sellaphora pupula*. *Journal of Phycology* 170, 152-170.
- Metzeltin, D., Lange-Bertalot, H. & Garcia-Rodriguez, F. 2005. Diatoms of Uruguay. In *Iconographia Diatomologica*. Annotated diatom micrographs. (H. Lange-Bertalot, ed.). Gantner Verlag, Ruggell, v. 15, 736 p.
- Metzeltin, D. & Tremarin, P.I. 2011. Uma nova espécie de *Eunotia* para o sudeste do Brasil: *Eunotia fuhrmannii*. *Iheringia. Série Botânica* 66(2):201-208.
- Mjelde, M. & Faafeng, B.A. 1997. *Ceratophyllum demersum* hampers phytoplankton development in some small Norwegian lakes over a wide range of phosphorus concentrations and geographical latitude. *Freshwater Biology* 37:355-365.
- Moro, R.S. & Furtenberger, C.B. 1997. Catálogo dos Principais Parâmetros Ecológicos de Diatomáceas Não-Marinhas. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa. 282 p.

- Muller, U. 1999. The vertical zonation of adpressed diatoms and other epiphytic algae on *Phragmites australis*. *European Journal of Phycology* 34(5):487–496.
- Padisák, J., Crossetti, L. & Naselli-Flores, L. 2009. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia* 621:1–19.
- Pouličková A. & Hašler P. 2007. Aerophytic diatoms from caves in central Moravia (Czech Republic). *Preslia* 79: 185–204.
- Rai, U.N., Sinha, S., Tripathi, R.D. & Chandra, P. 1995. Wastewater treatability potential of some aquatic macrophytes: Removal of heavy metals. *Ecological Engineering* 5(1):5–12.
- Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G. 1990. *The Diatoms: Biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge. 747 p.
- Saito, K., Matsumoto, M., Sekine, T. & Murakoshi, I. 1989. Inhibitory substances from *Myriophyllum brasiliense* on growth of blue-green algae. *Journal of Natural Products* 52(6):1221–1226.
- Salomoni, S., Rocha, O., Callegaro, V. & Lobo, E.A. 2006. Epilithic diatoms as indicators of water quality in the Gravataí river, Rio Grande do Sul, Brazil. *Hydrobiologia* 559:233–246.
- Salomoni, S., Rocha, O., Hermany, G. & Lobo, E.A. 2011. Application of water quality biological indices using diatoms as bioindicators in the Gravataí river, RS, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 71(4):949–959.
- Simonsen, R. 1974. The diatom plankton of the Indian Ocean Expedition of R/V Meteor 1964–1965. “Meteor” *Forsch.-Ergebnisse Reihe D*, 19:1–107.
- Stenger-Kovács, C., Buczkó, K., Hajnal, É. & Padisák, J. 2007. Epiphytic, littoral diatoms as bioindicators of shallow lake trophic status: Trophic Diatom Index for Lakes (TDIL) developed in Hungary. *Hydrobiologia* 589(1):141–154.
- Stevenson, R.J., Peterson, C.G., Kirschtel, D.B., King, C.C. & Tuchman, N.C. 1991. Density-dependent growth, ecological strategies, and effects of nutrients and shading on benthic diatom succession in streams. *Journal of Phycology* 27: 59–69.
- Taylor J.C., Prygiel J., Vosloo A., Rey P. A. D. L. and Rensburg, L. V. 2007. Can diatom-based pollution indices be used for biomonitoring in South Africa? A case study of the Crocodile West and Marico water management area. *Hydrobiologia* 592: 455–64.
- Torgan, L.C. & Santos, C.B. 2008. *Diademes confervaceae* (Diademesiaceae-Bacillariophyta): morfologia externa, distribuição e aspectos ecológicos. *Iheringia. Série Botânica*, 63(1):171–176.
- Townsend, S.A. & Gell, P.A. 2005. The Role of Substrate Type on Benthic Diatom Assemblages in the Daly and Roper Rivers of the Australian Wet/Dry Tropics. *Hydrobiologia* 548(1):101–115.
- Tremarin, P.I., Bertolli, L.M., Faria, D.M., Costin, J.C. & Ludwig, T.A.V. 2009a. *Gomphonema* Ehrenberg e *Gomphosphenia* Lange-Bertalot (Bacillariophyceae) do Rio Maurício, Paraná, Brasil. *Biota Neotropica* 9(4):111–130.
- Tremarin, P.I., Freire, E.G., Bertolli, L.M. & Ludwig, T.A.V. 2009b. Catálogo das diatomáceas (Ochrophyta-Diatomeae) continentais do estado do Paraná. *Iheringia. Série Botânica* 64(2):79–107.
- Trindade, C.R.T., Pereira, S.A., Albertoni, E.F. & Palma-Silva, C. 2010. Caracterização e importância das macrófitas aquáticas com ênfase nos ambientes límnicos do campus carreiros - FURG, Rio Grande, RS. *Cadernos de Ecologia Aquática*, 5(2):1–22.
- Valderrama, J.C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry* 10(2):109–122.
- Vieira, E.F. 1983. Rio Grande: geografia física, humana e econômica. Sagra, Porto Alegre. 158 p.