



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA

**DIATOMÁCEAS PERIFÍTICAS DE CURSOS D'ÁGUA DO
PARQUE ESTADUAL DE IBITIPOCA (PEI), MINAS
GERAIS, BRASIL: COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA**

LUÍS GUSTAVO DE CASTRO CANANI

PORTO ALEGRE

2012



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA**

**DIATOMÁCEAS PERIFÍTICAS DE CURSOS D'ÁGUA DO
PARQUE ESTADUAL DE IBITIPOCA (PEI), MINAS
GERAIS, BRASIL: COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA**

LUÍS GUSTAVO DE CASTRO CANANI

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Botânica do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Botânica.

Orientadora: Profa. Dra. Lezilda C. Torgan

PORTO ALEGRE

2012

CIP - Catalogação na Publicação

Canani, Luís Gustavo de Castro

Diatomáceas perifíticas de cursos d'água do Parque Estadual do Ibitipoca (PEI), Minas Gerais, Brasil: composição florística / Luís Gustavo de Castro Canani. - 2012.
79 f.

Orientadora: Lezilda Carvalho Torgan.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Botânica, Porto Alegre, BR-RS, 2012.

1. ambientes continentais. 2. águas oligotróficas.
3. Eunotia. 4. Nupela. 5. taxonomia de criptógamos.
I. Torgan, Lezilda Carvalho, orient. II. Título.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que era antes”. (Marthin Luther King)

“Temos o destino que merecemos. O nosso destino está de acordo com os nossos méritos”. (Albert Einstein)

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Prof^ª. Dr^ª. Lezilda Carvalho Torgan, por prontamente me receber como orientado e por ter confiado em mim. És para mim exemplo de profissionalismo, ética e dedicação, prova de que sabedoria e conhecimento podem conviver com simplicidade e empatia. Muito obrigado por fazer muito mais do que lhe cabia e por estar sempre disposta a ajudar. Pelo muito que aprendi, a minha eterna gratidão.

À Prof^ª. Dr^ª. Vera Regina Werner, do louco mundo das cianobactérias, pela amizade e incentivo. Obrigado por todas as pequenas gentilezas que fazem a grande diferença (e, é claro, por todos os cafezinhos que não eram água de barranco)!

À Dr^ª. Ana Luiza Burliga Miranda (Aninha) pela participação na banca da qualificação, mas principalmente pelo incentivo, pelas conversas, conselhos e palavras generosas.

À Dra. Saionara Salomoni (Saio), pelas conversas e desabafos, e pelo apoio nos momentos difíceis, minha gratidão.

À Prof^ª. Dr^ª. Luciana de Souza Cardoso pelo incentivo e amizade desde a seleção, pelas correções no projeto de tese, pelo estágio de docência e pelas sugestões no artigo de qualificação.

À Prof^ª. Dr^ª. Hilda Maria Longhi-Wagner e Prof^ª. Dr^ª. Marinês Garcia pelas valiosas sugestões para o artigo da qualificação.

Ao Curso de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo suporte e apoio durante o desenvolvimento da tese. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica pela cessão de sua infraestrutura de microscopia óptica eletrônica, laboratórios para preparação de lâminas permanentes e bibliografia. Ao Sr. Nilson pelo apoio no herbário.

Ao Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF) pelas licenças de coleta no Parque Estadual do Ibitipoca. Ao gerente do Parque, João Carlos Lima de Oliveira pela cessão dos alojamentos e demais funcionários pela presteza e suporte às expedições de campo.

Aos amigos da Seção de Criptógamos da Fundação Zoobotânica do RS: Carolina Domingues (Carol), Cristiane Bahi dos Santos (Chris), Daniela Bes (Dani), Dávia

Talgatti, Letícia Donadel, Marcele Laux (Cele), Renata Nunes de Carvalho (Renatinha) e também Priscila Tremarin da UFPR. Saio, Cele, Cris, Dávia, Letícia, Dani, vocês tornaram esses anos mais leves e divertidos. Obrigado pelas conversas, cafés, cervejas, violão, churrascos e, principalmente, pelo cuidado que tiveram comigo!

Aos amigos Janderson Casanova e Haroldo Neves de Carvalho Jr. pela força nas coletas em Ibitipoca.

À querida Cássia Casarin que me apoiou, me incentivou e me tolerou durante essa jornada, minha imensa gratidão pela sua dedicação e amor.

Ao meu muito estimado Braz Antônio da Silva Cataldo que me incentivou a iniciar essa empreitada. Pelo apoio e pelas preleções e, principalmente, pelo exemplo de integridade, caráter e desprendimento, a minha imensa gratidão e admiração.

À minha tia Cláudia Canani e ao meu primo Gabriel Canani Sampaio (Gabo) por me receberem tão generosamente nos meus primeiros meses em Porto Alegre.

À minha amada mãe Vilma de Castro Canani por sempre apoiar as minhas escolhas, mesmo que isso tenha implicado em abrir mão da minha presença nos últimos quatro anos; ao meu irmão, Francisco Otávio de Castro Canani e meu sobrinho, Gabriel Canani, pela torcida e pelo apoio, principalmente nesses últimos meses.

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
INTRODUÇÃO.....	1
MATERIAL E MÉTODOS.....	4
RESULTADOS.....	8
REFERÊNCIAS.....	10
Artigo 1. Canani, L.G.C.; Torgan, L.C. & Menezes, M. 2010. Gadget for Epilithic Microalgal Sampling (GEMS). <i>Brazilian Journal Biology</i> , 70(2):289-291.	14
Artigo 2: Canani, L.G.C.; Menezes, M. & Torgan, L.C. 2011. Diatomáceas epilíticas de águas oligotróficas e ácidas do Sudeste do Brasil. <i>Acta Botanica Brasílica</i> , 25(1):130-140.	18
Artigo 3: Canani, L.G.C. & Torgan, L.C. Two new <i>Eunotia</i> species with subapical costae, an uncommon structure for this genus. <i>Submetido à Diatom Research em agosto de 2012.</i>	30
.	
Artigo 4: Diatomáceas perifíticas do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil: gênero <i>Nupela</i>	58
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79

O perífíton é formado por uma complexa comunidade de organismos aderidos a um substrato orgânico ou inorgânico, dos quais as diatomáceas (Bacillariophyta) constituem importante parcela. Mais recentemente inventários florísticos que contemplam as diatomáceas bentônicas em sistemas lóticos vêm incrementando o conhecimento da flora na região Neotropical e Neosubtropical, porém grande parte desses sistemas permanece inexplorado, especialmente em águas oligotróficas, de altitude e de baixo pH. Tais ecossistemas em geral possuem uma flora bastante peculiar, e são importantes referências em termos qualidade de água. Desta forma, o presente estudo teve por objetivos contribuir para o conhecimento da flora de diatomáceas perifíticas do Parque Estadual do Ibitipoca, localizado na serra da Mantiqueira em Minas Gerais. Como resultado, foram identificados 15 gêneros, 18 espécies e duas variedades taxonômicas. Duas novas espécies do gênero *Eunotia* são propostas e três espécies do gênero *Nupela* não puderam ser identificadas de acordo com a literatura, sendo provavelmente novas para a ciência. São feitos 16 registros pioneiros para o estado de Minas Gerais, sendo quatro delas primeiras ocorrências em território brasileiro. A composição taxonômica das diatomáceas perifíticas do Parque Estadual do Ibitipoca apresenta semelhanças com a flora de outros ambientes oligo-distróficos já inventariados nos Neotrópicos.

Palavras-chave: ambientes continentais, águas oligotróficas, *Eunotia*, *Nupela*, taxonomia de criptógamos.

ABSTRACT

The periphyton is composed by a complex community of organisms adhered to an organic or inorganic substrate, and diatoms (Bacillariophyta) constitute an important part of it. More recent floristic inventories in lotic systems that include benthic diatoms increased the knowledge of the Neosubtropical Neotropical flora for the region, but most environments remains unexplored, especially those with oligotrophic and low pH waters in altitude sites. Such ecosystems in general have a very peculiar flora and are important indicators of water quality. Thus, the present study aimed to contribute to the knowledge of periphytic diatom flora of Ibitipoca State Park, located in the Mantiqueira ridge, in Minas Gerais. As a result, we identified 15 genera, 18 species and two taxonomic varieties. Two new species of *Eunotia* are proposed and three species of the genus *Nupela* could not be identified according to the literature, and are probably new to science. Sixteen new records were made for the state of Minas Gerais, including four first occurrences for Brazil. The taxonomic composition of the periphytic diatoms of Ibitipoca State Park share similarities with other oligo-dystrophic environments already surveyed in the Neotropics.

Keywords: continental environments, oligotrophic water, *Eunotia*, *Nupela*, taxonomy of Cryptogams.

O perifíton é formado por uma complexa comunidade de organismos (bactérias, fungos, algas, protozoários e microcrustáceos), além de detritos orgânicos e inorgânicos, aderidos a um substrato, vivo ou morto (Wetzel 1983). As diatomáceas (Bacillariophyta) constituem parcela muito representativa do perifíton, principalmente em ambientes lóticos. A fixação em substratos é uma adaptação importante para a estabilidade das comunidades, enquanto que o tipo de substrato e o fluxo de água determinam estratégias de fixação (Patrick & Reimer 1966). De acordo com os substratos sobre o qual estão aderidas, as comunidades de diatomáceas recebem denominações específicas: epifíton (sobre vegetais), epilíton (sobre rochas), episâmon (sobre grãos de areia) e epipélon (sobre sedimento argiloso) (Round *et al.* 1990).

Em nível mundial, os trabalhos que, em parte ou no todo, enfocam comunidades de diatomáceas sésseis de ambientes lóticos têm tratado da composição florística (Kawecka & Eloranta 1987; Pfister 1992; Potapova 1996; Vavilova & Lewis 1999; Hieber *et al.* 2001; Biggs & Smith, 2002; Potapova & Charles 2003), da biomassa (Uehlinger 1991; Griffith & Perry 1995), da estrutura e dinâmica da comunidade em relação às variáveis ambientais (Blinn *et al.* 1980, Poff *et al.* 1990; Peterson 1996; Fayolle *et al.* 1999; Sherwood & Sheath 1999; Lim *et al.* 2001; Potapova & Charles 2002, 2003) e da sua aplicação em índices bióticos (Montesanto *et al.* 1999).

A partir de meados dos anos 90, estudos florísticos de diatomáceas nos neotrópicos têm demonstrado uma elevada riqueza nessa região e um incremento significativo no número de espécies conhecidas (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998, 2007). Os estudos no Brasil com enfoque nas Bacillariophyta epicontinentais perifíticas estão concentrados principalmente nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul. Trata-se de investigações que visam a sua utilização em índices bióticos e espécies indicadoras de poluição (Lobo *et al.* 1996, 2002 Salomoni *et al.* 2006 Salomoni & Torgan 2008 Schneck *et al.* 2007), ou que usam de tipos funcionais para a caracterização das comunidades algais (Burliga *et al.* 2004) bem como inventários taxonômicos (Ludwig & Flores 1995, 1997; Leandrini *et al.* 2002; Burliga *et al.* 2005, 2010, 2012; Souza & Oliveira 2007; Talgatti *et al.* 2007; Schneck *et al.* 2008; Tremarin *et al.* 2008, 2009;

Santos *et al.* 2011, Moresco *et al.* 2011, Bes *et al.* 2012).

No estado de Minas Gerais o conhecimento sobre o grupo é escasso. Podemos citar o estudo de Giani & Leonardo (1988), sobre a distribuição vertical do fitoplâncton, onde são registrados quatro gêneros e uma espécie, a investigação realizada por Costa & Torgan (1991) sobre as diatomáceas no plâncton de um lago artificial, localizado na Universidade Federal de Juiz de Fora (MG), onde foram encontradas 58 espécies e a de Soares *et al.* (2007) sobre a composição do fitoplâncton dos rios Pomba e Paraibuna que registra onze espécies.

As diatomáceas de águas com pouca ou nenhuma influência antropogênica são em geral pouco conhecidas. Lange-Bertalot & Metzeltin (1996) registraram 500 taxa em uma única amostra em um lago oligodistrófico moderadamente ácido na Finlândia. Nesse estudo foram particularmente bem representados os gêneros *Eunotia* Ehrenberg e *Pinnularia* Ehrenberg. Os autores enfatizam a importância do conhecimento da flora diatomológica presente nesse tipo de ambiente, em função da presença de espécies ameaçadas bem como pelo fato de tais ambientes serem cada vez mais raros na Europa.

Os estudos de Metzeltin & Lange-Bertalot (1998, 2007) realizados nas Américas do Sul e Central resultaram na publicação de 387 novos táxons. *Eunotia* e *Pinnularia* foram igualmente os gêneros mais representativos, além de *Neidium* Pfitzer, *Brachysira* Kützing, *Stauroneis* Ehrenberg e *Actinella* Lewis. A maioria das amostras utilizadas neste estudo foram provenientes de águas oligotróficas e com baixo nível de eletrólitos, mas com moderadas a altas concentrações de ácidos húmicos.

Kulikovskiy *et al.* (2010) também encontraram dominância dos gêneros *Eunotia* e *Pinnularia* em estudo realizado em campos de *Sphagnum* na Mongólia. Tais ambientes são considerados ecossistemas únicos, que se caracterizam principalmente pela baixa condutividade e baixo pH. Os autores também ressaltam a importância da preservação desses ecossistemas, que abrigam espécies raras com preferência por ambientes ácidos, oligossapróbios, oligotróficos a ultra-oligotróficos.

Assim, as investigações em ambientes ácidos e distróficos / oligotróficos têm revelado uma elevada diversidade e uma flora bastante peculiar composta principalmente por representantes dos gêneros *Eunotia* e *Pinnularia*. Outros gêneros frequentemente associados são *Achnanthes* Bory, *Aulacoseira* Thwaites, *Fragilaria* Lyngbye, *Frustulia* Agardh, *Surirella* Ehrenberg e *Stenopterobia* Brébisson, além de

outros descritos mais recentemente como *Chamaepinnularia* Metzeltin & Lange-Bertalot e *Nupela* (Lange-Bertalot & Metzeltin 1996, Metzeltin & Lange-Bertalot 1998, 2007, Kulikovskiy *et al.* 2010).

O Parque Estadual de Ibitipoca (PEI) preserva uma parcela da Mata Atlântica. Encontra-se entre duas importantes Bacias Hidrográficas: a Bacia do rio Grande e a do rio Paraíba do Sul. Devido à altitude, topografia e geologia distintas das áreas vizinhas, possui um clima diferenciado de seus arredores e 70% de sua área é coberta por campos rupestres (Andrade & Forzza 2012). O Rio do Salto, principal curso d'água na área do Parque é oligotrófico, com baixa condutividade e baixo pH (Canani 2005), assim como seus tributários.

O escasso conhecimento sobre a biodiversidade e a integridade ecológica dos sistemas lóticos do Parque Estadual de Ibitipoca e dos campos rupestres de maneira geral justificam a execução do presente estudo. Os resultados apresentados nesta Tese visam contribuir para o conhecimento da flora de diatomáceas em um ecossistema com características muito peculiares, quais sejam: águas oligotróficas, de baixa condutividade e ácidas, que recebem pouca influência antrópica e situado em região de altitude no Sudeste do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O Parque Estadual de Ibitipoca (PEI) é uma unidade de conservação aberta à visitação, sob a guarda e administração do Instituto Estadual de Florestas (IEF). Foi criado pela lei estadual nº 6.126, de 4 de julho de 1973 e possui uma área de 1.488 ha. Faz parte do Planalto Itatiaia, na Serra da Mantiqueira Meridional, estando situado nas coordenadas 21°40'–21°44'S, 43°52'–43°55'W (UTM 7597000–7604000 S e 613000–618000 W), localiza-se a aproximadamente 100 Km de Juiz de Fora na Zona da Mata mineira (fig. 1) (IEF, 2009).

As microbacias na área do PEI são formadas por corredeiras e pequenas cachoeiras; em alguns locais os rios cava túneis em formações rochosas ou forma piscinas naturais, estas últimas representadas por praias de areia grossa e branca, proveniente do intemperismo sobre o quartzito (observação pessoal).

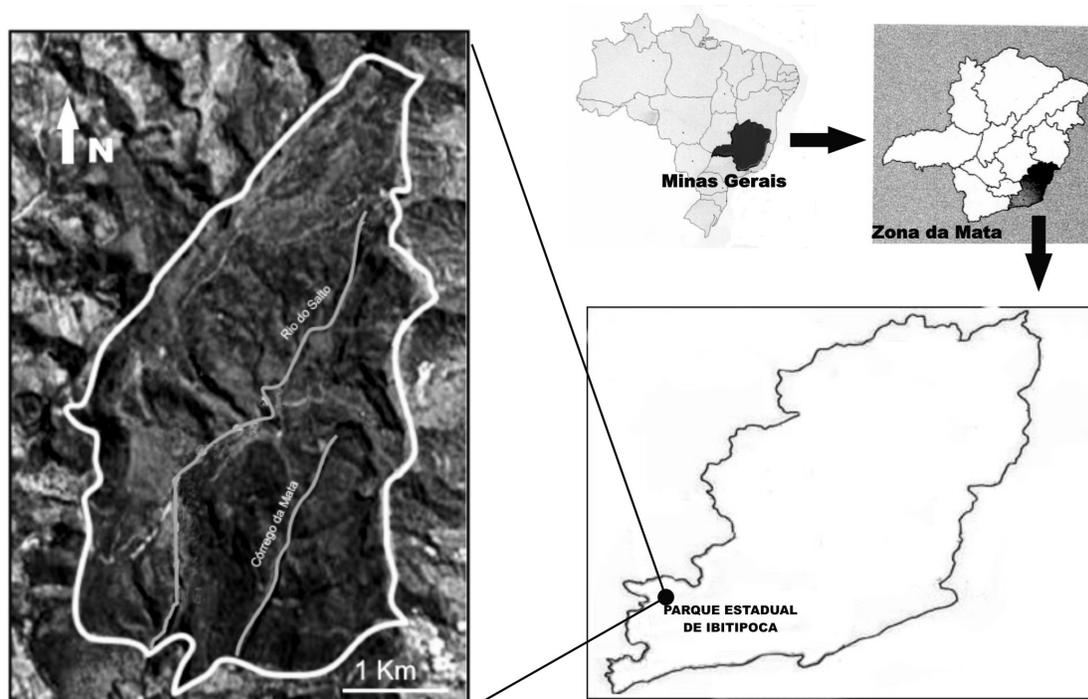


Fig. 1. Localização do Parque Estadual do Ibitipoca.

O PEI possui dois cursos d'água principais: o rio do Salto e o córrego da Mata, sendo que o primeiro apresenta em grande parte fundo chato com leito rochoso e com vegetação ripária de pequeno porte ou ausente, sendo bastante exposto; o segundo localiza-se em área de solo mais profundo, que sustenta vegetação de maior porte e é fortemente sombreado (observação pessoal).

A maior microbacia no parque é a do rio do Salto, que ocupa uma área de 1.190,56 ha, entre as faixas de 1.780 a 940 m de altitude (Zaidan, 2002). Da nascente à sua porção média está situada em região de complexo afloramento de rocha e neossolo litólico, com domínios de quartzito e biotita gnaisse, recobertos principalmente por matas ciliares, campos rupestres e campos rupestres arbustivos. As porções média e sul desta microbacia são formadas por cambissolo substrato xisto, também com domínios de quartzito e biotita gnaisse, recobertos principalmente por matas ombrófila e ciliares, e campos rupestres arbustivos (Rodela, 2000).

De acordo com a Resolução nº 16/96 da COPAM (Conselho Estadual de Política Ambiental, MG), o rio do Salto pertence à Bacia Mineira do rio Paraibuna (Bacia do rio Paraíba do Sul), apresentando águas desde as nascentes até o limite jusante do Parque Estadual de Ibitipoca enquadradas no tipo “Especial”, isto é, águas destinadas ao abastecimento doméstico sem prévia ou simples desinfecção e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas, em consonância com a Resolução nº 20/86 da CONAMA.

Segundo Pires (1997) e Rodela (2000), os domínios vegetacionais encontrados na serra do Ibitipoca são: Mata Ombrófila Densa Altimontana, Mata Estacional Semidecídua Altimontana, Cerrados de Altitude, Campos Rupestres, Campos Rupestres Arbustivos, Campos Sujos encharcáveis, Campos com Cactaceae.

O clima da Serra do Ibitipoca pode ser classificado como tropical de altitude mesotérmico (Cwb), segundo a classificação de Köppen, com inverno seco/frio e chuvas elevadas no verão, temperaturas médias de 12 a 15°C na época mais fria e entre 18° e 22°C na época mais quente, precipitação pluviométrica anual cerca de 2.200 mm (Rodela & Tarifa J.R., 2002).

Amostragem e identificação

As amostragens foram realizadas em julho de 2008 e março e outubro de 2009, em diferentes substratos de três ambientes lóticos (rio do Salto, rio Vermelho e córrego

da Mata Oeste) e um ambiente lêntico (“Lagoa” Seca) dentro da área do Parque Estadual do Ibitipoca.

As amostras de epilítton foram obtidas pela raspagem de seixos e fragmentos de rocha recolhidos dos leitos dos rios ou diretamente do próprio substrato rochoso, utilizando-se o para isso o dispositivo para amostragem de microalgas epilíticas (descrito no artigo 1 que faz parte desta tese) que consiste em uma caixa de acrílico vazada no fundo, que isola a área a ser amostrada. O material foi acondicionado em frascos de vidro de 100 ml.

Para a obtenção de amostras epifíticas foram coletadas briófitas (*Sphagnum*), macrófitas (*Utricularia neottioides* A.St.-Hil. & Girard), Poaceae e macroalgas existentes nas margens ou dentro dos riachos e acondicionadas em sacos plásticos Ziploc[®] e em frascos de vidro de 100 ml.

As amostras de episâmon foram obtidas através da coleta com placas de Petri de sedimento quartzítico arenoso, abundante na área de estudo, posteriormente acondicionadas em sacos plásticos Ziploc[®] e em frascos de vidro de 100 ml.

As amostras aerofíticas foram provenientes de raspagem, rinsagem e aspiração de superfícies rochosas úmidas ou pela coleta de briófitas e macroalgas presentes na superfície e as metafíticas por aspiração com seringa ou coletadas diretamente em frascos de vidro.

Todas as amostras foram fixadas em campo com formaldeído a 4% (formalina) e tombadas no Herbário Prof. Dr. Alarich Schultz (HAS), do Museu de Ciências Naturais, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (tabela 1).

As amostras foram oxidadas com dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) e ácido clorídrico (HCl) (Simonsen 1974, modificado por Moreira-Filho & Valente-Moreira 1981) ou com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e então montadas em lâminas permanentes com Naphrax[®]. Foram feitas observações em microscópio óptico (MO) com contraste de fase e captura imagens com câmera Zeiss Axiocan. Para microscopia eletrônica de varredura (MEV), as amostras oxidadas foram secas sobre lamínula e presas com fitas de carbono a stubs, os quais foram cobertas com aproximadamente 16 nm de platina e observados em microscópio JEOL[®] JSM-5200 operando a 15kV e 20 WD. As fotomicrografias foram obtidas com câmera digital Pentax[®] K-7.

O enquadramento taxonômico seguiu o sistema de Round *et al.* (1990) e trabalhos de flora e revisões recentes. Os táxons serão descritos e ilustrados com base em caracteres morfológicos e morfométricos.

Tabela 1. Relação das amostras e lâminas tombadas no Herbário. Prof. Dr. Alarich Schultz (HAS), do Museu de Ciências Naturais, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul e seus respectivos substratos.

Amostra	HAS	Epilíton	Metafíton	Epifíton	Episâmon	Aerofítica	Lâminas
SAL0101A	108244				x		6140
SAL0101B	108245	x					6141, 6420
SAL0102A	108246	x					6142
SAL0102B	108247	x					6143
SAL0103A	108248			x			6144, 6212
SAL0103B	108249		x				6145, 6213
SAL0103C	108250		x				6146
SAL0103D	108251		x				6147, 6214
SAL0103E	108252	x					6148, 6421
SAL0204A	108253					x	6149, 6422
SAL0204B	108254					x	6150, 6423
SAL0204C	108255				x		6151
SAL0206A	108260			x			6152, 6235, 6236, 6439
SAL0206B	108261			x			6153, 6237
SAL0307A	108262				x		6154, 6424
SAL0307B	108263				x		6154, 6424
SAL0307C	108264				x		6154, 6424
SAL0307D	108265			x			6155, 6215ct
SAL0307E	108266			x			6156, 6241, 6436
SAL0307F	108267			x			6157, 6216
SAL0309A	108268					x	6158, 6238
SAL0309B	108269					x	6159, 6239, 6437
SAL0410A	108274			x			6160, 6217
SAL0410B	108275			x			6161, 6218
SAL0410C	108276			x			6162, 6219
SAL0411B	108278			x			6240
SAL0411C	108279		x				6438
SAL0411D	108280		x				6163
SAL0412	108281				x		6425
SAL0513	108871	x					6427
SAL0514	108872				x		6429
LAS011B	108879		x				6431
VER0104	108889	x					6233, 6234
VER0207	108892	x					6430
SAL0222	108899	x					6428
MAT0411	108910	x					6432
MAT0716	108914	x					6433
MAT0717A	108915	x					6434
MAT0717B	108916	x					6435

RESULTADOS

A investigação da flora de diatomáceas perifíticas do Parque Estadual do Ibitipoca revelou uma flora com elementos típicos de ambientes oligotróficos, de baixa condutividade e baixo pH. Os seguintes gêneros foram encontrados: *Brachysira* Kützing, *Encyonema* Kützing, *Eunotia* Ehrenberg, *Fragilaria* Lyngbye, *Fragilariforma* Williams & Round, *Frustulia* Agardh, *Kobayasiella* Lange-Bertalot, *Luticola* Mann, *Microcostatus* Johansen & Sray, *Eolimna* Lange-Bertalot & Schiller, *Navicula* Bory, *Neidium* Pfitzer, *Nupela* Metzeltin & Lange-Bertalot, *Pinnularia* Ehrenberg, *Stenopterobia* Brébisson e *Surirella* Ehrenberg. Entre estes, destacou-se o gênero *Eunotia* com mais de 40 espécies.

A partir dos estudos realizados, foram elaborados quatro manuscritos, sendo que os dois primeiros já se encontram publicados.

O primeiro manuscrito intitulado “Gadget for Epilithic Microalgal Sampling (GEMS)” aborda um dispositivo que foi criado especificamente para amostragem *in situ* de microalgas epilíticas, nos casos que são impossíveis a coleta de substrato rochoso. Dentre as vantagens do referido aparato, podemos citar a sua utilidade por minimizar a perda de material em ambientes lóticos e de proporcionar a estimativa da densidade dos organismos, devido ao uso de uma área conhecida.

O segundo manuscrito intitulado “Diatomáceas epilíticas de águas oligotróficas e ácidas do Sudeste do Brasil” aborda a composição taxonômica e a distribuição temporal (período de chuva e estiagem) da comunidade de diatomáceas no rio do Salto, no período de janeiro a julho de 2004. São apresentadas descrições, medidas e comentários quando necessários, de quinze espécies e duas variedades taxonômicas e comentários sobre a variação temporal da riqueza da comunidade.

O terceiro manuscrito “Two new *Eunotia* species with subapical costae, an uncommon structure for this genus” aborda espécies novas do gênero *Eunotia* Ehrenberg, encontradas em pedras submergidas nos ambientes de estudo (rio do Salto e rio Vermelho) do parque Estadual de Ibitipoca, estado de Minas Gerais. São

apresentadas descrições, medidas e comentários sobre a relação das duas espécies com outras afins. O manuscrito conta com análises ao microscópio óptico e eletrônico.

O quarto manuscrito “Diatomáceas perifíticas do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil: gênero *Nupela* Vyvermann & Compère” aborda quatro espécies do gênero *Nupela* encontrados no Parque Estadual do Ibitipoca. Uma delas, *N. shoemanaiana* é pela primeira vez registrada para o Estado de Minas Gerais. Três espécies não puderam ser identificadas de acordo com a literatura consultada e provavelmente são novas para a ciência. São apresentadas descrições, medidas e comentários sobre a relação das duas espécies com outras afins. O manuscrito conta com análises ao microscópio óptico e eletrônico. Também é feito um levantamento dos registros de *Nupela* em território brasileiro.

REFERÊNCIAS

-
-
- Andrade, B.S.C. & Forzza, R.C. 2012. Lentibulariaceae no Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, 30(1): 23-35.
- Bes, D., Ector, L., Torgan, L.C. & Lobo, E.A. 2012. Composition of the epilithic diatom flora from a subtropical river, Southern Brazil. *Iheringia, Série Botânica*, 67(1): 93-125.
- Bicudo, D.C., Necchi, O.Jr. & Chamixaes, C.B. 1995. Periphyton studies in Brazil: present status and perspectives. In Tundisi, J.G., Bicudo, C.E.M. & Tundisi, T.M. (Eds), *Limnology in Brazil*. Academia Brasileira de Ciências/Sociedade Brasileira de Limnologia. Rio de Janeiro: Gráfica Imprinta, p. 37-58.
- Biggs, B.J.F. & Smith, R.A. 2002. Taxonomic richness of stream benthic algae: effects of flood disturbance and nutrients. *Limnology and Oceanography*, 47(4): 1175–1186.
- Blinn, D.W., Fredericksen, A. & Korte, V. 1980. Colonization rates and community structure of diatoms on three different rock substrata in a lotic system. *British Phycological Journal*, 15: 303-310.
- Burliga, A.L.M., Schwarzbald, A., Lobo, E.A. & Pillar, V.D. 2004. Functional types in epilithon algae communities of the Maquiné River, Rio Grande do Sul, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 16(4): 369-380.
- Burliga, A.L., Torgan, L.C., Nóbrega, E.A., Beaumord, A.C., Costa, C.O. & Yamauti, D.V. 2005. Diatomáceas epilíticas do rio Itajaí-Mirim, Santa Catarina, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 27(4): 415-421.
- Burliga, A.L. & Kociolek, J.P. 2010. *Kobayasiella* species from Carajás National Forest, Amazonia, Brasil. *Diatom Research*, 25(2): 235-250.
- Canani, L.G.C. 2005. *Flora e distribuição das diatomáceas (Bacillariophyta) epilíticas do Rio do Salto, Parque Estadual do Ibitipoca, MG*. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 67 p. (Dissertação de mestrado).
- Costa, J.C.F. & Torgan, L.C. 1991. Análise taxonômica de diatomáceas (Bacillariophyceae) do lago da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. *Iheringia, Série Botânica*, 41: 47-81.
- Fayolle, S., Cazaubon, A. & Comte, K. 1999. Réponses et stratégies d'adaptation des communautés algales épilithiques à différents régimes hydrologiques. *Académie Science de Paris, Sciences de la vie*, 322: 413-422.
- Graeff, C., Kociolek, J.P. & Burliga, A.L. 2012. Valve morphology of four species of *Frustulia* (Bacillariophyta), including two described as new. *Phytotaxa*, 46: 62-76.
- Giani, A. & Leonardo, I.M. 1988. Distribuição vertical de algas fitoplanctônicas no reservatório da Pampulha (Belo Horizonte, MG). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 2: 387-404.
- Griffith, M.B. & Perry, S.A. 1995. Between-year variation of periphyton community structure in two Appalachian headwater streams. *Hydrobiologia*, 302: 1-9.

- Hieber, M., Robinson, C.T., Rushforth, S.R. & Uehlinger, U. 2001. Algal communities associated with different alpine stream types. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, 33(4): 447-456.
- IEF. Instituto Estadual de Florestas. 2009. Parque Estadual do Ibitipoca. Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais.
Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/component/content/192?task=view>. Acesso em maio de 2009.
- Kawecka, B. & Eloranta, P. 1987. Communities of sessile algae in some small streams of Central Finland. Comparison of the algae of the high mountains of Europe and those of its northern regions. *Acta Hydrobiologica*. 29: 403-415.
- Kulikovskiy, M.S., Lange-Bertalot, H., Witkowski, A., Dorofeyuk, N.I. & Genkal, S.I. 2010. Diatom assemblages from *Sphagnum* bogs of the world. I. Nur bog in northern Mongolia. *Bibliotheca Diatomologica*, vol. 55. Gebrüder Borntraeger, Stuttgart, 326 p.
- Lange-Bertalot, H. & Metzeltin, D. 1996. Indicators of Oligotrophy. *Iconographia Diatomologica*, vol. 2. Koeltz Scientific Books, Stuttgart, 358 p.
- Leandrini, J.A., Moreira-Filho, H. & Rodrigues, L. 2002. Espécies perifíticas de *Navicula* Bory de dois sistemas lóticos do município de Maringá, estado do Paraná, Brasil. *Hohnea*, 29(1): 49-56.
- Lim, D.S.S., Kwan, C. & Douglas, M.S.V. 2001. Periphytic diatoms assemblages from Bathurst Island, Nunavut, Canadian High Arctic: an examination of community relationships and habitat preferences. *Journal of Phycology*, 37: 379-392
- Lobo, E.A., Callegaro V.L.M, Oliveira, M.A., Salomoni, S.E., Schuler, S., Asai K. 1996. Pollution tolerant diatoms from lotic systems in the Jacuí Basin, Rio Grande do Sul, Brazil. *Iheringia, Série Botânica*, 27: 45-72.
- Lobo, E.A., Callegaro, V.L.M. & Bender, P. 2002. *Utilização de algas diatomáceas epilíticas como indicadoras da qualidade da água em rios e arroios da Região Hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil*. Santa Cruz do Sul: EDUNISC. 127p.
- Ludwig, T.A.V. & Flores, T.L. 1995. Diatomoflórula dos rios da região a ser inundada para a construção da usina elétrica de Segredo, PR. I. Coscinodiscophyceae, Bacillariophyceae (Achnanthes e Eunotiales) e Fragilariophyceae (*Meridion* e *Asterionella*). *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, 38(2): 631-650.
- Ludwig, T.A.V. & Flores, T.L. 1997. Diatomoflórula dos rios da região a ser inundada para a construção da usina elétrica de Segredo, PR. Fragilariophyceae (*Fragilaria* e *Synedra*) *Hoehnea*, 24(1): 55-65.
- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H. 1998. Tropical diatoms of the South America I. *Iconographia Diatomologica*, vol. 5. Koeltz Scientific Books, Königstein, 695 p.
- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H. 2007. Tropical diatoms of the South America II. *Iconographia Diatomologica*. vol. 18. A.R.G. Gartner Verlag K.G., Ruggell, 877 p.
- Montesanto, B., Ziller S. & Coste M. 1999. Diatomées épilithiques et qualité biologique des ruisseaux du mont Stratonikon, Chalkidiki (Grèce). *Cryptogamie, Algologie*, 20(3):235-251.

- Moreira-Filho H. & Valente-Moreira I.M. 1981. Avaliação taxonômica e ecológica das diatomáceas (Bacillariophyceae) epífitas em algas pluricelulares obtidas nos litorais dos estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo. *Boletim do Museu Botânico Municipal* 47: 1–17.
- Moresco, C, Tremarin, P.I., Ludwig, T.A.V. & Rodrigues, L. Diatomáceas perifíticas abundantes em três córregos com diferentes ações antrópicas em Maringá, PR, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 34(3): 359-373.
- Peterson, C.G. 1996. Response of benthic algal communities to natural physical disturbance. In Stevenson, R.J., Bothwell, M. L. & Lowe, R.L. (Eds), *Algal ecology: freshwater benthic ecosystems*. New York: Academic Press. p. 375- 402.
- Patrick, R. & C. W. Reimer, 1966. The diatoms of the United States. Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Volume 1. Fragilariaceae, Eunotiaceae, Achnanthaceae, Naviculaceae, p. 1–688.
- Pfister, P. 1992. Artenspeltrum des Algenaufwuchses in 2 Tiroeler Bergbachen- Teil 2: Diatomophyceae. *Algological Studies*, 66: 35-72.
- Pires, F.R.S. 1997. Aspectos fitofisionômicos e vegetacionais do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. In *Parque Estadual do Ibitipoca: Seminário de Pesquisa*. Juiz de Fora, MG, UFJF. p. 53-60.
- Poff, N.L., Voelz, N.J. & Ward, J.V. 1990. Algal colonization under four experimentally controlled current regimes in a high mountain stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 9: 303-318.
- Potapova, M. 1996. Epilithic algal communities in rivers of the Kolyma mountains, NE Siberia, Russia. *Nova Hedwigia*, 63(3-4): 309-334.
- Potapova, M. & Charles, D.F. 2002. Distribution of Benthic diatoms in U.S. rivers: distributions along spatial and environmental gradients. *Journal of Biogeography*, 29: 67-187.
- Potapova, M. & Charles, D.F. 2003. Distribution of benthic diatoms in U.S. rivers in relation to conductivity and ionic composition. *Freshwater Biology*, 48: 1311-1328.
- Rodela, L. G. 2000. *Distribuição de Campos Rupestres e Cerrados de Altitude na Serra do Ibitipoca Sudeste de Minas Gerais*. São Paulo, Universidade de São Paulo. (Dissertação de Mestrado).
- Rodela, L.G. & Tarifa, J.R. 2002. O clima da Serra do Ibitipoca, Sudeste de Minas Gerais. *GEOUSP- Espaço e Tempo*, 11: 101-103.
- Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G. 1990. *The diatoms: biology and morphology of genera*. Cambridge: Cambridge University Press. 747 p.
- Salomoni, S.E., Rocha, O., Callegaro, V.L. & 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.E. & Torgan, L.C. 2008. Epilithic diatoms as organic contamination degree indicators in Guaíba Lake, Douthern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 20(4): 313-324.
- Santos, E.M., Tremarin, P.I. & Ludwig, T.A.V. 2011. Diatomáceas perifíticas em *Potamogeton polygonus* Cham. & Schltld.: citações pioneiras para o estado do Paraná. *Biota Neotropica*, 11(3): 303-315.

- Schneck, F., Torgan L.C. & Schwarztbold, A. 2007. Epilithic diatom community in a high altitude stream impacted by fish farming in southern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 19(3): 341-355.
- Schneck, F., Torgan L.C. & Schwarztbold, A. 2008. Diatomáceas epilíticas em riacho de altitude do sul do Brasil. *Rodriguésia*, 59(2): 325-338.
- Sherwood, A.R. & Sheath, R.G. 1999. Seasonality of macroalgae and epilithic diatoms in spring-fed streams in texas, U.S.A. *Hydrobiologia*, 390: 73-82.
- Simonsen R. 1974. The diatom plankton of the Indian Ocean Expedition of RV "Meteor", 1964-1965. "Meteor" *Forschungsergebnisse, Reihe D, Biologie* 19: 1-66
- Soares, M.C.S., Sophia, M.G. & Huszar, V.L.M. 2007. Phytoplankton flora of two rivers in Southeast Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, 30(3): 433-450
- Souza, M.G.M. & Oliveira, R.I.R. 2007. Levantamento da diatomoflórula epilítica da bacia do rio Paraná, Goiás, Brasil. In: Martins-Silva, M.J. (Org). *Inventário da biota aquática com vistas a conservação e utilização sustentável do bioma Cerrado (Serra e Vale do rio Paraná)*. Brasília: MMA, vol.1, p. 72-92.
- Talgatti, D.M., Garcia, M. & Scheffer, L. 2007. O gênero *Eunotia* Ehrenberg (Bacillariophyta) do arroio do Ecocamping Municipal de Pelotas, RS, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, 5: 756-768.
- Tremarin, P.I., Ludwig, T.A.V. & Moreira Filho, H. 2008. *Eunotia* Ehrenberg (Bacillariophyceae) do rio Guaraguaçu, litoral do Paraná, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, 22(3): 845-862.
- Tremarin, P.I., Faria, D.M., Bertolli, L.M., Costin, J.C. & Ludwig, T.A.V. 2009. *Gomphonema* Ehrenberg e *Gomphosphenia* Lange-Bertalot (Bacillariophyceae) do Rio Maurício, Paraná, Brasil. *Biota Neotropica*, 9(4): 111-130.
- Vavilova, V.V. & Lewis, W.M. Jr. 1999. Temporal and altitudinal variation in the attached algae of mountain streams in Colorado. *Hydrobiologia*, 390: 99-106.
- Wetzel, R.G. 1983. Opening remarks. In: Wetzel, R.G. (ed.). *Periphyton of freshwater ecosystems*. Boston: The Hague Dr. W. Junk. p. 3, 4.
- Uehlinger, U. 1991. Spatial and temporal variability of the periphyton biomass in a pre-alpine river (Necker, Switzerland). *Archiv fur Hydrobiologie*, 123 :219-237.
- Zaidan, R.T. 2002. *Zoneamento de áreas com necessidade de proteção ambiental no Parque Estadual do Ibitipoca- MG*. Rio de Janeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 204 p. (Dissertação de mestrado).

Manuscrito 1. Canani, L.G.C.; Torgan, L.C. & Menezes, M. 2010. Gadget for Epilithic Microalgal Sampling (GEMS). *Brazilian Journal Biology*, 70(2):289-291

Gadget for Epilithic Microalgal Sampling (GEMS)

Canani, LGC.^{a*}, Torgan, LC.^b and Menezes, M.^c

^aPrograma de Pós-Graduação em Botânica,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS,
R. Affonso Sanmartin, 94, casa 03, Bairro Jardim do Salso, 91410-100, Porto Alegre, RS, Brazil

^bFundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Museu de Ciências Naturais,
Av. Salvador França 1427, CEP 90690-000, Porto Alegre, RS, Brazil

^cMuseu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ,
Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

*e-mail: lgustavoc@gmail.com

Received November 24, 2008 – Accepted January 27, 2009 – Distributed May 31, 2010

(With 2 figures)

Abstract

Benthic microalgae sampling in lotic systems is carried out using either artificial or natural substrate. Natural substrate is more suitable for biomass and productivity estimates as well as biodiversity assessment because it contains the communities that are typical of the environment. We present a new gadget for epilithic microalgae sampling (GEMS) that allows sampling in situ when it is impossible to remove the substrate from the river bed. The sampler consists of an acrylic box with a 25 cm diameter opening on its base that allows access to the substrate. This gadget can be used in shallow plan bedrock streams and it keeps the sample area isolated as much as possible minimising losses and contamination. It is also easy to construct and handle.

Keywords: sampling, stream, epilithon.

Dispositivo para amostragem de microalgas epilíticas

Resumo

As amostragens de microalgas bênticas em sistemas lóticos são realizadas através do uso de substrato natural ou artificial. Substratos naturais são mais adequados para a estimativa de biomassa e produtividade, assim como, para a avaliação de biodiversidade, porque eles contêm as comunidades que são típicas de um determinado ambiente. Nós apresentamos um novo dispositivo para amostragem de microalgas epilíticas (GEMS) que permite a amostragem in situ, quando é impossível remover o substrato do leito do rio. O amostrador consiste em uma caixa de acrílico com uma abertura de 25 cm de diâmetro em sua base que permite acesso ao substrato. O amostrador pode ser usado em riachos rasos e de leito rochoso e plano, e mantém a área amostral o mais isolada possível, minimizando perdas e contaminação, além de ser fácil de construir e manusear.

Palavras-chave: amostragem, riacho, epilítion.

1. Introduction

Benthic cyanobacteria and algae (especially diatoms) are the main primary producers in streams and rivers (Biggs, 1996). In these fast flowing water environments, plankton is rare so that benthic algae have an important role in such aquatic foodwebs.

Benthic microalgae sampling in lotic system is usually carried out using either artificial substrate (e.g., glass slides, plastic and acrylic plates, or clay tiles) (Ghosh and Gaur, 1998; Stevenson and Bahls, 1999) or natural substrate (pebbles, cobbles, sediment, macroalgae or macrophytes) from the river bed (Round, 1993; Tolotti, 2001; Sala et al., 2002; Cetto et al., 2004; Ludwig et al.,

2004; Landucci and Ludwig, 2005; Ferrari and Ludwig, 2007; Salomoni et al., 2007).

The use of artificial substrate reduces effort and analysis time (e.g. slides can be directly observed in a microscope), though it requires an extra trip to deploy the substrate. It causes less habitat disruption, and substantially improves sampling precision, though problems such as substrate loss and/or damage, mainly due to theft and vandalism may occur (Lane et al., 2003). Artificial substrate should be used in succession studies, when natural substrate varies among sites or in comparisons of environmental variables, but it should

be avoided in biomass and productivity estimations (Aloi, 1990).

Natural substrate is more recommended for benthic algae floristic studies because it will contain the communities that are typical of the environment. The substrate characteristics such as chemical composition, porosity, crystal size and shape, among others, influences algal colonisation (Burkholder, 1996).

Epilithon sampling is usually carried out by withdrawal of pebbles and rocks (preferably flat ones) from the riverbed, stream or lake. When it is impossible to remove the substrate from the river bed (big rock blocks, bedrock streams) the sample collection must be made in situ, which leads to some technical difficulties: the scrapped material is swept away by the water current and the incoming of allochthonous material contaminates the sample area.

Aloi (1990) in the review about periphyton field methods recommended the use of brushing syringe-samplers, created by Stockner and Armstrong (1971) and modified by Loeb (1981), due to their low cost, ease of use and efficiency in removal of periphyton from firm substrate. Recently, Peters et al. (2005) improved a brush sampler based on Loeb (op. cit). These samplers remove periphyton from a limited area (3.14 and 5.7 cm² respectively). Considering these factors our purpose was to develop the gadget for epilithic microalgal sampling (GEMS), which has a bigger sampling area, and it is easy to construct and handle, to be used in shallow (up to 30 cm depth) bedrock stream, where benthic microalgae are found.

2. Gadget for Epilithic Microalgae Sampling (GEMS)

The Gadget for Epilithic Microalgae Sampling (GEMS) consists of an acrylic box 50 cm high. The side to be in contact with the riverbed has a 25 cm diameter opening (490.87 cm², the size of the quadrat) and the opposite face is opened to allow access inside the box. The box surface that will be in contact with the rock is covered with two centimetres of soft rubber in order to allow adhesion of the sampler on the wet and/or submerged rocky surface. The rubber material that covers the basis of the sampler can vary in terms of density, softness and thickness to give the best adherence possible to the rocky surface and thus prevents the entry of water through irregularities of the surface (Figure 1). Once placed on the desired area, the equipment avoids water running over the substrate which will be sampled. The water remaining in the sampler is removed and then the surface is scraped with a brush. The dislodged material is then collected using a syringe or pipette.

3. The GEMS Advantages

The GEMS has some technical advantages such as: 1) it allows direct access to submerged epilithon in situ with effective isolation of the sampling area; 2) it dimin-

ishes losses during sampling; 3) it prevents the entrance of allochthonous particles; 4) it optimises the sampling time using a great portion of substrate at a time; and 5) it estimates the taxa densities due to the use of the known area.

In relation to its use and handling, the acrylic constitution of the GEMS makes it virtually unbreakable, which is desirable for field work. Sampling can be done by one person by keeping the gadget fixed to the substrate by stepping on its base so that the hands are free to scrape and pump off, but with two people it is even faster and easier: one keeps the GEMS in the selected position and the other one does the scraping (Figure 2).

The GEMS was used for the first time in research on the floristic composition and density of diatoms in a bedrock stream, Salto River, in Ibitipoca State Park, in the state of Minas Gerais, Brazil (Canani, 2005).

As improvements for this gadget we suggest the following: 1) the reduction of the circumference of the base, resulting in the reduction of size and weight of the gadget; 2) the search for different materials to improve the adherence of GEMS to the substrate; and 3) a system to integrate the scraping and pumping in the sampler box.

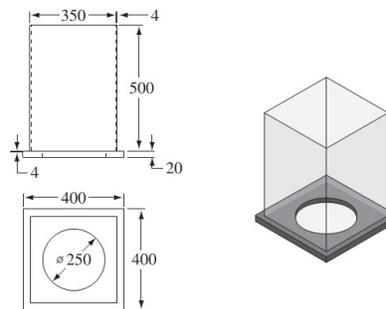


Figure 1. Gadget for Epilithic Microalgae Sampling (GEMS) model (dimensions in millimetres).

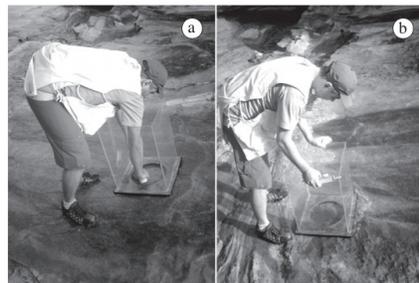


Figure 2. Sampling direct on a bedrock shallow stream, Salto River, Minas Gerais, Brazil.

Gadget for Epilithic Sampling

Acknowledgements — The authors thank the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for the financial support (Grants 133831/2003-5 and 302102/2007-8). We also thank the anonymous reviewers for their constructive remarks.

References

- ALOI, JE., 1990. A critical review of recent freshwater periphyton field methods. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 47, p. 656-670.
- BIGGS, BJF., 1996. Patterns in Benthic Algae of Streams. In STEVENSON, R.J., BOTHWELL, M.L. and LOWE, R.L. (Eds.). *Algal Ecology, Freshwater Benthic Ecosystems*. San Diego: Academic Press. p. 31-53.
- BURKHOLDER, J.M., 1996. Interactions of Benthic Algae with Their Substrate. In STEVENSON, J., BOTHWELL, M.L. and LOWE, R.L. (Eds.). *Algal Ecology, Freshwater Benthic Ecosystems*. San Diego: Academic Press. p. 253-297.
- CANANI, LGC., 2005. *Flora e distribuição das diatomáceas (Bacillariophyta) epilíticas do Rio do Salto, Parque Estadual do Ibitipoca, MG*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro. 67 p. [Dissertação de Mestrado]
- CETTO, J.M., LEANDRINI, J.A., FELISBERTO, S.A. and RODRIGUES, L., 2004. Comunidade de algas perifíticas no reservatório de Irai, Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, vol. 26, no. 1, p. 1-7.
- FERRARI, FR. and LUDWIG, TAV., 2007. Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae e Bacillariophyceae (Achnanthes) dos rios Ivaí, São João e dos Patos, bacia hidrográfica do rio Ivaí, município de Prudentópolis, PR, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, vol. 21, no. 2, p. 421-441.
- GHOSH, M. and GAUR, J.P., 1998. Current velocity and the establishment of stream algal periphyton communities. *Aquatic Botany*, vol. 60, no. 1, p. 1-10.
- LANDUCCI, M. and LUDWIG, TAV., 2005. Diatomáceas de rios da bacia hidrográfica Litorânea, PR, Brasil: Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae. *Acta Botanica Brasílica*, vol. 19, no. 2, p. 345-357.
- LANE, C.M., TAFFS, K.H. and CORFIELD, J.L., 2003. A comparison of diatom community structure on natural and artificial substrate. *Hydrobiologia*, vol. 493, no. 1-3, p. 65-79.
- LOEB, S.L., 1981. An in situ method for measuring primary productivity and standing crop of the epilithic periphyton community in lentic systems. *Limnology and Oceanography*, vol. 26, p. 394-399.
- LUDWIG, TAV., FLORES, T.L., MOREIRA FILHO, H. and VEIGA, L.A.S., 2004. Inventário florístico das diatomáceas (Ochrophyta) de lagoas do Sistema Hidrológico do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil: Coscinodiscophyceae. *Iheringia, Série Botânica*, vol. 59, no. 1, p. 97-106.
- ROUND, F.E., 1993. *A review and methods for the use of epilithic diatoms for detecting and monitoring changes in river quality*. London: HMSO. 65 p.
- SALA, S.E., DUQUE, S.R., NUNES-AVELLANEDA, M. and LAMARO, A.A., 2002. Diatoms from Colombian Amazon: some species of the genus *Eunotia* (Bacillariophyceae). *Acta Amazonica*, vol. 32, no. 4, p. 589-603.
- SALOMONI, S.E., TORGAN, L.C. and ROCHA, O., 2007. Sampler collection gadget for epilithic diatoms. *Revista Brasileira de Biologia = Brazilian Journal of Biology*, vol. 67, no. 4, p. 631-637.
- STEVENSON, R.J. and BAHL, L.L., 1999. Periphyton Protocols. In BARBOUR, M.T., GERRITSEN, J., SNYDER, B.D. and STRIBLING, J.B. *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish*. 2 ed. Washington: Environmental Protection Agency. (Office of Water, chapter 6)
- STOCKNER, J.G. and ARMSTRONG, F.A.J., 1971. Periphyton of the experimental lakes area, northwestern Ontario. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, vol. 28, p. 215-229.
- TOLOTTI, M., 2001. Phytoplankton and littoral epilithic diatoms in high mountain lakes of the Adamello-Brenta Regional Park (Trentino, Italy) and their relation to trophic status and acidification risk. *Journal of Limnology*, vol. 60, no. 2, p. 171-188.

Manuscrito 2: Canani, L.G.C.; Menezes, M. & Torgan, L.C. 2011. Diatomáceas epilíticas de águas oligotróficas e ácidas do Sudeste do Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, 25(1):130-140



Diatomáceas epilíticas de águas oligotróficas e ácidas do Sudeste do Brasil¹

Luís Gustavo de Castro Canani^{2,5}, Mariângela Menezes³ e Lezilda Carvalho Torgan⁴

Recebido em 3/04/2010. Aceito em 10/01/2011

RESUMO

(Diatomáceas epilíticas de águas oligotróficas e ácidas do Sudeste do Brasil). Poucos estudos tem abordado a flora de diatomáceas de sistemas oligotróficos do Brasil. São apresentados os resultados da composição taxonômica e distribuição espacial e temporal de diatomáceas no rio do Salto, situado no Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais (21°40'-21°44'S e 43°52'-43°55'W). As águas desse rio possuem pH entre 4,2 e 5,5 e concentração de ortofosfato entre 1,37 e 10,98 µg.L⁻¹. O estudo baseia-se na análise de 80 amostras coletadas em oito estações no leito rochoso do rio, em janeiro e julho de 2004, períodos de chuva e estiagem, respectivamente. Um total de 15 espécies e duas variedades taxonômicas, distribuídas em oito gêneros e oito famílias foram descritas e ilustradas, com destaque para o gênero *Eunotia* Ehrenberg. O estudo sobre diatomáceas bentônicas em ambientes lóticos é pioneiro no estado de Minas Gerais, sendo registradas 14 novas citações, das quais *Fragilariforma stevensonii* Metzeltin & Lange-Bertalot, *Eunotia pirarucu* Metzeltin & Lange Bertalot, *Nupela giluwensis* Vyverman & Compère e *Sellaphora blackfordensis* Mann & Droop são primeiros registros para o Brasil.

Palavras-chave: Bacillariophyta, taxonomia, ambiente lótico

ABSTRACT

(Epilithic diatoms from acidic and oligotrophic waters in Southeast Brazil) Few studies have been done on the diatom flora of acidic and oligotrophic environments from Brazil. We present the taxonomic composition and distribution of diatoms of Salto River, situated at Ibitipoca State Park, Minas Gerais (21°40'-21°44'S; 43°52'-43°55'W). The pH values ranged from 4.2 to 5.5 and orthophosphate was between 1.37 and 10.98 µg.L⁻¹. The study is based on the analysis of 80 samples collected at eight stations in the rocky stream bed, in January and July 2004, rainy and dry seasons, respectively. A total of 15 species and two taxonomic varieties distributed in eight genera and eight families were described and illustrated, notably the *Eunotia* Ehrenberg genus. The study of benthic diatoms in lotic systems is pioneer in Minas Gerais state; 14 new records were recorded of which *Fragilariforma stevensonii* Metzeltin & Lange-Bertalot, *Eunotia pirarucu* Metzeltin & Lange-Bertalot, *Nupela giluwensis* Vyverman & Compère and *Sellaphora blackfordensis* Mann & Droop are first records for Brazil.

Key words: Bacillariophyta, taxonomy, lotic system

Introdução

As diatomáceas bentônicas são importantes produtores primários em ambientes lóticos e vem sendo utilizadas para avaliação e monitoramento da qualidade de água (Stevenson 1996). A quase totalidade dos estudos tem focado espécies indicadoras de eutrofia, já que grande parte dos ambientes se tornou ou está prestes a se tornar eutrófico, priorizando rios que recebem impacto da atividade humana. Pouca atenção vem sendo dada à flora de diatomáceas de ambientes

oligotróficos (Kociolek & Stoermer 2009). Entre os raros estudos realizados merece destaque o de Lange-Bertalot & Metzeltin (1996), que em apenas três lagos oligotróficos na Europa identificaram 800 taxa e descreveram mais de 100 como novos ou que não puderam ser identificados. Uma contribuição adicional foi a criação da "lista vermelha" de espécies de diatomáceas que são raras e indicadoras de condições de pureza (oligotrofia) da água cujos habitats merecem especial atenção em termos de conservação (Lange-Bertalot 1996).

¹ Parte da dissertação de Mestrado do primeiro Autor

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Botânica, Porto Alegre, RS, Brasil

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

⁴ Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Museu de Ciências Naturais, Porto Alegre, RS, Brasil

⁵ Autor para correspondência: lgustavocc@gmail.com

O conhecimento sobre a flora de diatomáceas bentônicas em águas oligotróficas e ácidas no Brasil é escasso e limita-se à contribuição de Schneck *et al.* (2008). Outros estudos envolvendo a comunidade epilítica são relacionados principalmente a indicadores de condições tróficas e de saporidade (Lobo *et al.* 1996, 2002, 2004a, b; Wetzel *et al.* 2002; Burliga *et al.* 2005; Salomoni *et al.* 2006; Hermany *et al.* 2006; Schneck *et al.* 2007; Salomoni & Torgan 2008).

Em Minas Gerais o conhecimento sobre a flora diatomológica limita-se a estudos do fitoplâncton (Giani & Leonardo 1988; Costa & Torgan 1991; Soares *et al.* 2007), não havendo até o momento trabalhos envolvendo as comunidades epilíticas.

O presente trabalho tem por objetivo conhecer a composição taxonômica da comunidade de diatomáceas epilíticas do rio do Salto e a distribuição dos táxons nos períodos de chuva e estiagem, buscando contribuir para o incremento do conhecimento deste grupo em ambiente oligotrófico e ácido no Brasil. Amplia-se também as informações sobre a distribuição geográfica das Bacillariophyceae no estado de Minas Gerais.

Material e métodos

O Parque Estadual do Ibitipoca (PEI) localiza-se na serra da Mantiqueira, no município de Lima Duarte (MG), entre as coordenadas 21°40'-21°44'S e 43°52'-43°55'W (Fig. 1). Nele situa-se a nascente do rio do Salto, seu principal curso d'água. Da nascente ao limite sul do PEI, o rio corre por 5 Km, entre as cotas altimétricas de 1.650 e 1.050 m. As amostragens de epilíton foram realizadas no leito rochoso do rio, em oito estações ao longo de seu curso superior, em janeiro e julho de 2004. Em cada estação foi delimitada uma área de 10 m² onde foram sorteadas cinco posições. No total 80 amostras foram analisadas. Um coletor de epilíton especialmente confeccionado (Canani *et al.*, 2010) foi usado para permitir o acesso ao leito rochoso e minimizar perdas durante a coleta. As amostras foram obtidas através de raspagem, utilizando-se escovas e uma seringa, e foram fixadas em solução de Lugol. A condutividade e a temperatura da água foram medidas em campo com termosalinômetro / oxímetro marca SC-TYSI mod.30 e o pH com potenciômetro DIGIMED mod. DMPA-PV. A análise para ortofosfato foi realizada no Laboratório de Hidrologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, segundo os protocolos citados em Paranhos (1996).

O material foi oxidado de acordo com o protocolo de Von Stoch (Tomas 1996), usando-se Naphrax como meio de montagem para as lâminas permanentes. As fotomicrografias foram obtidas em microscópio óptico Zeiss Axioplan, modelo Standard 18 e através de software Pro Plus (versão 4.5.0.19) acoplado a microscópio Olympus BH2. As amostras estão depositadas no Herbário do Museu Nacional do Rio de Janeiro (R).

O sistema de classificação e a terminologia usados seguiram Round *et al.* (1990). A identificação de táxons foi baseada em Frenguelli (1931-1933, 1941), Patrick & Reimer (1966), Hein (1981), Round & Mann (1981), Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1991), Vyverman & Compère (1991), Lange-Bertalot & Metzeltin (1996), Torgan *et al.* (1993), Costa (1995), Metzeltin & Lange-Bertalot (1998), Moser (1999), Krammer (2000) e Sala *et al.* (2002).

Resultados

A água do rio do Salto apresentou valores de pH entre 4,2 e 5,5, e concentração de ortofosfato entre 1,37 e 10,98 µg.L⁻¹. A condutividade foi mais alta no período chuvoso (33-160 µS.cm⁻¹); na estiagem os valores ficaram entre 11,9-14,7 µS.cm⁻¹. A temperatura da água no mês de janeiro variou entre 18,8-20°C (estação chuvosa) e entre 13,1-14,4 em julho (estação seca) (tabela 1).

Nesse estudo foram identificadas 15 espécies e duas variedades taxonômicas, distribuídas em duas classes, quatro ordens, oito famílias, descritas a seguir.

Fragilariophyceae Round 1990
Fragilariales Silva 1962
Fragilariaceae Greville 1833

Fragilariforma (J. Ralfs) D. M. Williams & F. E. Round 1988

Fragilariforma stvensonii Metzeltin & Lange-Bertalot, *Icon. Diatomol.* 18, p. 135. 2007.
Fig. 2-6

Valvas cruciformes, rômbo-lanceoladas, às vezes sigmóides ou subcirculares, fortemente infladas na região central; ápices arredondados, às vezes truncados ou rostrados; estrias transapicais paralelas tornando-se progressivamente curvas ou radiadas e mais densas em direção aos ápices; *sternum* parcialmente obliterado ou ausente. Compr. 10,2-32,5 µm; larg. 8,3-15,2 µm; 16-20 estrias em 10µm no centro, ca. de 22 estrias em 10 µm nas extremidades.

Material examinado: **BRASIL, Minas Gerais:** Lima Duarte, Parque Estadual do Ibitipoca, rio do Salto, 27/1/2004, L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n. (R 205103).

O material apresentou ampla variação quanto à forma das valvas e à distribuição e orientação das estrias: forma cruciforme com estrias paralelas, interrompidas ou não (fig. 2), forma sigmóide (fig. 3), forma elíptica com estrias paralelas no centro e radiadas nos ápices (fig. 4) ou forma subcirculare com estrias distribuídas desordenadamente (fig. 5). Em todos os indivíduos observados as estrias atingem a margem valvar na região central, que é expandida lateralmente.

A população encontrada no rio do Salto assemelha-se a *Fragilariforma floridana sensu* Williams. No protólogo de *Fragilaria floridana*, Hanna (1933) citou apenas as medidas

Luís Gustavo de Castro Canani, Mariângela Menezes e Lezilda Carvalho Torgan

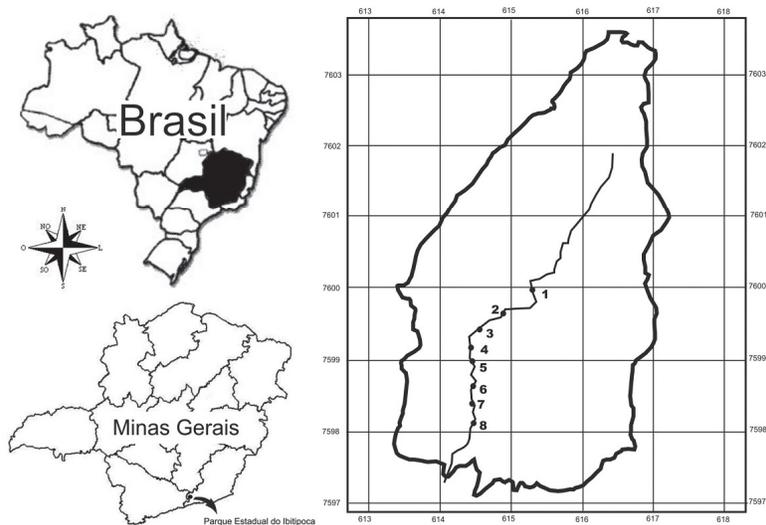


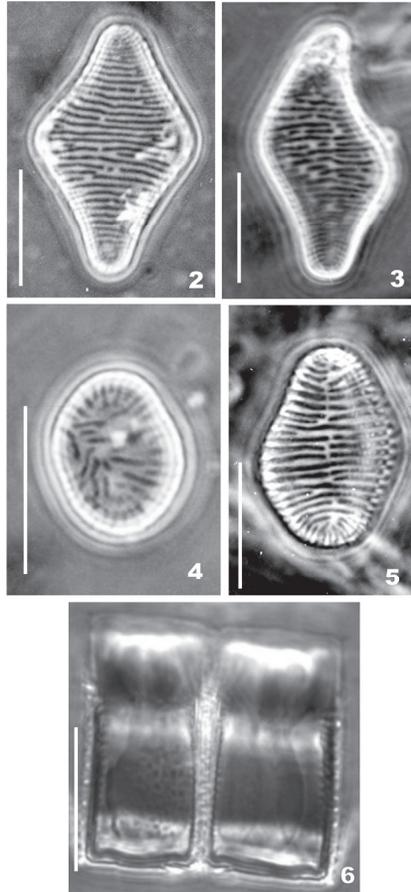
Figura 1. Localização geográfica do Parque Estadual do Ibitipoca, no estado de Minas Gerais, Brasil (coordenadas em UTM). No detalhe, localização das estações de amostragem no rio do Salto.

do holótipo e do parátipo, ilustrando apenas dois indivíduos e comentou que as estrias não atingiam a margem valvar na área central expandida. Patrick (1940) descreveu *F. spinulosa*, citando que as estrias atingiam a margem da valva na região central nesta espécie diferenciando-se de *F. floridana*. Entretanto, ao observar o material tipo de Hanna, Hein (1981) encontrou indivíduos com estrias alcançando as margens e outros não, não considerando esta característica como diagnóstica para a espécie. Através do

acesso ao material tipo de Hanna (lâminas CAS#345026 e CAS#391058) confirmamos a ocorrência de indivíduos com ambas as características. Posteriormente, Williams (1990) transferiu o táxon *F. floridana* para o gênero *Fragilariforma* e o sinonimizou com *Fragilaria spinulosa* Patrick. Metzeltin & Lange-Bertalot (2007) desconsideraram a sinonimização e além de transferirem *Fragilaria spinulosa* Patrick para o gênero *Fragilariforma*, descrevem algumas espécies novas para o gênero.

Tabela 1. Valores mínimos e máximos, média e desvio padrão de algumas variáveis abióticas aferidas no rio do Salto em janeiro (período de chuvas) e julho (período de estiagem) de 2004.

Variáveis abióticas	Período de chuvas		Período de estiagem
	Min-max	Média	DP
pH	4,5-6,8	5	3,4-4,7
		0,84	4,2
			0,551
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	33-160	127,62	11,9-14,7
		39,464	12,57
			0,908
PSR ($\mu\text{g}/\text{L}$)	1,37-8,22	5,08	3,08-10,98
		2,034	5,49
			2,657
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	18,8-22		13,1-14,4



Figuras 2-6. *Fragilariforma stevensonii*. Barra = 10 µm.

Consideramos que a ausência ou presença de estrias alcançando a margem valvar seja um caráter relevante. Ao observarmos as descrições e ilustrações das novas espécies de *Fragilariforma* descritas por Metzeltin & Lange-Bertalot (2007) os indivíduos encontrados no rio do Salto assemelharam-se à *Fragilariforma stevensonii*, em relação à densidade de estrias e ao contorno valvar. Ressaltamos que a população observada apresentou variabilidade morfológica não encontrada na literatura consultada. Ao assumir o fato das estrias irem ou não até a margem como característica importante na separação das espécies, implica em admitir

que o material de Hanna (1933) possui mais do que uma espécie de *Fragilariforma*.

Bacillariophyceae Haeckel 1878

Eunotiales Silva 1962

Eunotiaceae Kützing 1844

Eunotia Ehrenberg 1837

Eunotia bidentula W. Smith, Syn. Brit. Diat. 2, p. 83. 1856.
Fig. 7

Células isoladas; valvas com margem ventral reta a levemente côncava na região central, margem dorsal convexa com duas ondulações; ápices capitados arredondados; estrias radiadas; nódulos polares nítidos próximos aos ápices valvares. Compr. 22-27 µm; larg. 5,5-8,5 µm; 14-21 estrias em 10 µm.

Material examinado: **BRASIL. Minas Gerais:** Lima Duarte, Parque Estadual do Ibitipoca, rio do Salto, 27/1/2004, epiliton, L.G.C. Canani & U.J.Pereira, s.n. (R 205101, 205104); 28/1/2004, epiliton, L.G.C. Canani & U.J.Pereira s.n. (R 205097, 205100); 21/VII/2004, epiliton, L.G.C. Canani & U.J.Pereira s.n. (R 205105, 205106, 205107, 205108, 205109, 205111).

Eunotia exigua (Brébisson) Rabenhorst, Fl. Eur. Alg. I: 73. 1864.

Fig. 8

Células isoladas; valvas arqueadas, margem ventral moderada a fortemente côncava, margem dorsal fortemente convexa; ápices rostrados, voltados para a região dorsal; estrias paralelas; nódulos polares nos ápices valvares. Compr. 26,2-34,5 µm; larg. 4-6 µm; 20-22 estrias em 10 µm.

Material examinado: **BRASIL. Minas Gerais:** Lima Duarte, Parque Estadual do Ibitipoca, rio do Salto, 21/VII/2004, epiliton, L.G.C. Canani & U.J.Pereira s.n. (R 205107, 205108, 205109, 205111).

Os espécimes observados no rio do Salto apresentaram comprimento e largura superiores ao relatado por Petersen (1950), quais sejam: compr. 10-26; larg. 2,5-3,5, e número de estrias ligeiramente inferior, assemelhando-se às medidas citadas por Krammer & Lange-Bertalot (1991).

Eunotia faba Ehrenberg, Ber. K. Akad. Wiss. Berlin: 45, fig 20. 1837.

Fig. 9-10

Células isoladas ou formando cadeias de dois a seis indivíduos; valvas lunadas a semicirculares, margem ventral reta a levemente côncava, margem dorsal convexa; ápices arredondados; estrias paralelas, com aréolas bem visíveis; nódulos polares nítidos, próximos aos ápices valvares. Compr. 17-71 µm; larg. 5,5-12 µm; 13-24 estrias em 10 µm.

Material examinado: **BRASIL. Minas Gerais:** Lima Duarte, Parque Estadual do Ibitipoca, rio do Salto, 27/1/2004, epiliton, L.G.C. Canani & U.J.Pereira s.n. (R 205101, 205102,

205103, 205104); 28/I/2004, epilíton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205097, 205098, 205099, 205100); 21/VII/2004, epilíton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205105, 205106, 205107, 205108, 205109, 205110, 205111, 205112).

Os espécimes analisados apresentaram largura maior que 9 µm, valor máximo citado por Krammer & Lange-Bertalot (1991).

Eunotia fallax A. Cleve, Kongl. Sven. Vet.-Akad. Handl. 21: 33, fig. 35. 1895.

Fig. 11

Células isoladas; valvas arqueadas, margem ventral levemente côncava na porção mediana, concavidade situada entre espessamentos bem marcados, margem dorsal levemente convexa; ápices capitados voltados para a região dorsal; estrias paralelas; nódulos polares nos ápices valvares, deslocados em direção à margem dorsal. Compr. 26,4-38,4 µm; larg. 4-4,8 µm; 13-17 estrias em 10 µm.

Material examinado: **BRASIL. Minas Gerais:** Lima Duarte, Parque Estadual do Ibitipoca, rio do Salto, 27/I/2004, epilíton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205101, 205103); 28/I/2004, epilíton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205100).

Eunotia intermedia (Krasske ex Hustedt) M. Nörpel & Lange-Bertalot, Bibl. Diatomol. 27, p.32. 1993.

Fig. 12

Células isoladas; valvas lineares, margem ventral reta a levemente côncava, margem dorsal fracamente convexa; ápices arredondados; estrias paralelas; nódulos polares pouco visíveis nos ápices. Compr. 12,8-15,6 µm; larg. 2,6-3 µm; 18-20 estrias em 10 µm.

Material examinado: **BRASIL. Minas Gerais:** Lima Duarte, Parque Estadual do Ibitipoca, rio do Salto, 27/I/2004, epilíton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205101, 205102, 205103, 205104); 28/I/2004, epilíton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205097, 205098, 205099, 205100); 21/VII/2004, epilíton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205105, 205106, 205107, 205108, 205110, 205112).

Os exemplares apresentaram menores dimensões (comp. 14-45 µm; larg. 3,5-5 µm) do que as referidas por Krammer & Lange-Bertalot (1991) para esta espécie.

Eunotia pirarucu Metzeltin & Lange-Bertalot, Icon. Diatomol. 5, p. 332, fig. 49:1-3. 1998.

Fig. 13

Células isoladas; valvas lunadas, margem ventral côncava, margem dorsal convexa; ápices amplamente arredondados; estrias irregularmente distribuídas, às vezes interrompidas junto à margem ventral, paralelas no centro a radiadas nos ápices; nódulos polares nítidos, distanciados dos ápices valvares. Compr. 89,5-114 µm; larg. 25-33,9 µm; 4-6 estrias (no centro) em 10 µm.

Material examinado: **BRASIL. Minas Gerais:** Lima Duarte, Parque Estadual do Ibitipoca, rio do Salto, 21/

VII/2004, epilíton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205106, 205107, 205108, 205111).

O material analisado possui dimensões menores do que as mínimas citadas na descrição da espécie (compr. 135-160 µm; larg. 32-40 µm) por Metzeltin & Lange-Bertalot (1998).

Eunotia pseudoindica Frenguelli, Rev. Museo la Plata, sér. Bot. 3: 307, 1941.

Fig. 14

Células isoladas; valvas arqueadas; margem ventral côncava, reta nos ápices, margem dorsal convexa, reta nos ápices; ápices levemente cuneados, destacados da valva; estrias paralelas; nódulos polares próximos aos ápices valvares. Compr. 71-137 µm; larg. 9-11 µm; 10-14 estrias em 10 µm.

Material examinado: **BRASIL. Minas Gerais:** Lima Duarte, Parque Estadual do Ibitipoca, rio do Salto, 21/VII/2004, epilíton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205108).

Eunotia serra Ehrenberg, Ber. K. Akad. Wiss. Berlin: 45. 1837.

Fig. 15

Células isoladas; valvas arqueadas, margem ventral côncava, margem dorsal convexa com onze ondulações; ápices atenuado-truncados; estrias paralelas; nódulos polares indistintos. Compr. 63-96 µm; larg. 9-11 µm; 11-14 estrias em 10 µm.

Material examinado: **BRASIL. Minas Gerais:** Lima Duarte, Parque Estadual do Ibitipoca, rio do Salto, 27/I/2004, epilíton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205103); 21/VII/2004, epilíton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205105, 205107, 205108, 205109).

Cymbellales Mann 1900

Cymbellaceae Greville 1833

Encyonema Kützing 1833

Encyonema hebridicum Grunow ex Cleve in Cleve & Möller, Acta Soc. Fauna et Flora Fenn. 8(2):48, pl. 2: figs. 16,17. 1891.

Fig. 16

Células isoladas; valva semilanceolada, margem ventral levemente convexa, margem dorsal convexa; ápices apiculados; estrias paralelas; rafe deslocada para a porção mais ventral da valva; área central semicircular a elíptica. Compr. 35 µm; larg. 7 µm; 12 estrias em 10 µm na região dorsal; 11 estrias em 10 µm na região ventral.

Material examinado: **BRASIL. Minas Gerais:** Lima Duarte, Parque Estadual do Ibitipoca, rio do Salto, 27/I/2004, epilíton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205104); 21/VII/2004, epilíton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205106, 205107, 205108, 205109, 205111).

Naviculales Bessey 1907

Amphipleuraceae Grunow 1862

Diatomáceas epilíticas de águas oligotróficas e ácidas do Sudeste do Brasil

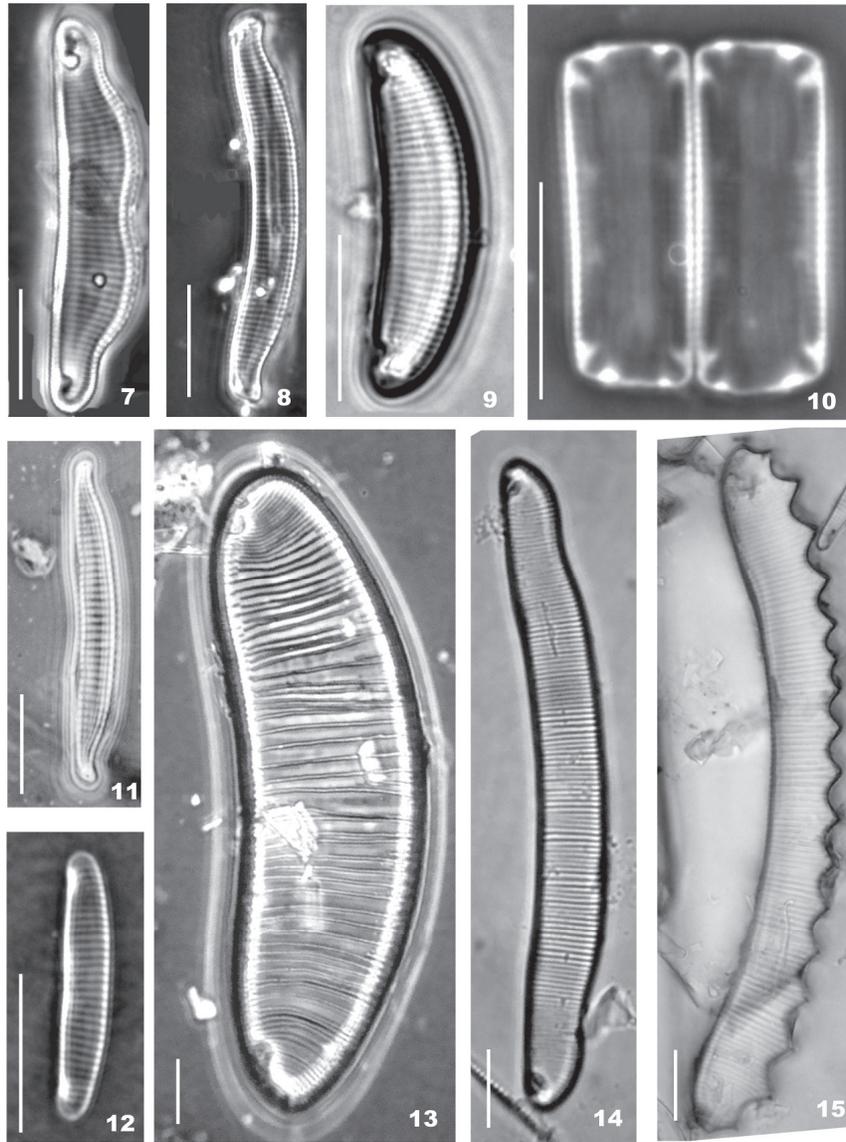


Figura 7. *Eunotia bidentula*; 8. *E. exigua*; 9-10. *E. faba*; 11. *E. fallax*; 12. *E. intermedia*; 13. *E. pirarucu*; 14. *E. pseudoindica*; 15. *E. serra*. Barra = 10 μm .

Frustulia Rabenhorst 1853

Frustulia crassinervia (Brébisson) Costa, Iheringia Ser. Bot. 46: 88. 1995.
Fig. 17

Células isoladas; valvas lanceoladas a elíptico-lanceoladas; margens levemente onduladas; ápices sub-rostrados; rafe filiforme reta entre duas costelas longitudinais; nódulo central constrito na região mediana. Compr. 50-54 µm; larg. 10,8-16,2 µm; 33-34 estrias transapicais em 10 µm; 25 estrias longitudinais em 10 µm.

Material examinado: **BRASIL. Minas Gerais:** Lima Duarte, Parque Estadual do Ibitipoca, rio do Salto, 27/1/2004, epíliton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira* (R 205103); 21/VII/2004, epíliton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira* (R 205105, 205107, 205108, 205109).

Frustulia saxonica Rabenhorst, Süsw. Diat. 50, pl 7, fig. 1. 1853.

Fig. 18

Células isoladas, valvas lanceoladas; ápices sub-rostrados; rafe filiforme reta, nódulo central constrito na região mediana. Compr. 38,3-90; larg. 10,8-16,2 µm; 33-34 estrias transapicais em 10 µm; 27-30 estrias longitudinais em 10 µm.

Material examinado: **BRASIL. Minas Gerais:** Lima Duarte, Parque Estadual do Ibitipoca, rio do Salto, 27/1/2004, epíliton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205101, 205102, 205103, 205104); 28/1/2004, epíliton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205097, 205098, 205100); 21/VII/2004, epíliton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205105, 205106, 205107, 205108, 205109).

Brachysiraceae D.G. Mann 1990

Brachysira Kützing 1836

Brachysira brebissonii R. Ross 1986 in Hartley, J. Mar. Biol. Ass. U.K. 66: 607. 1986.
Fig. 19

Células isoladas; valvas lanceoladas; ápices atenuado-arredondados; área central rômbrica; estrias formadas por aréolas alongadas transapicalmente; rafe filiforme reta. Compr. 25-35 µm; larg. 7-8 µm; 23 estrias em 10 µm.

Material examinado: **BRASIL. Minas Gerais:** Lima Duarte, Parque Estadual do Ibitipoca, rio do Salto, 21/VII/2004, epíliton *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205110).

Brachysira serians var. rostrata (Krasske) Lange-Bertalot & Moser, Bibl. Diatomol. 29: 62, fig. 35:4-6. 1994.
Fig. 20

Células isoladas; valvas lanceoladas; ápices alongados rostrados; área central arredondada; estrias formadas por aréolas alongadas transapicalmente; rafe filiforme reta.

Compr. 53-65 µm; larg. 11-12,7 µm; 20-23 estrias transapicais em 10 µm.

Material examinado: **BRASIL. Minas Gerais:** Lima Duarte, Parque Estadual do Ibitipoca, rio do Salto, 21/VII/2004, epíliton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205110).

Os espécimes observados conferem com os ilustrados por Krasske (1948) na obra original. O material foi coletado em musgos no estado São Paulo tendo sido considerado pelo autor como indicador de águas de baixo pH e ricas em ácidos húmicos.

Brachysira subrostrata Lange-Bertalot & Moser foi descrita pelos autores a partir da observação do material de Krasske. Esta espécie diferencia-se de *B. serians var. rostrata* por possuir ápices menos rostrados e valvas lanceoladas a rômbrico-lanceoladas.

Naviculaceae Kützing 1844

Nupela Vyverman & Compère 1991

Nupela giluwensis Vyverman & Compère, Diatom Res. 6(1), p. 175-179. 1991.
Fig. 21

Células isoladas; valvas elípticas levemente curvadas em relação ao eixo apical; ápices capitados; área central retangular, extremidades distais da rafe curvadas lateralmente, para a mesma direção. Compr. 10-18,5 µm; larg. 3-4,5 µm; estrias inconspícuas.

Material examinado: **BRASIL. Minas Gerais:** Lima Duarte, Parque Estadual do Ibitipoca, rio do Salto, 27/1/2004, epíliton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205101); 28/1/2004, epíliton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205097); 21/VII/2004, epíliton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205105, 205106, 205108, 205110, 205112).

Pinnulariaceae Mann 1990

Pinnularia Ehrenberg 1843

Pinnularia cf. microstauron var. rostrata Krammer, Diat. Eur. 1, p.74, figs.51:8-18. 2000.
Fig. 22

Célula isolada; valvas lineares; ápices subcapitados; área central retangular; estrias radiadas no centro, tornando-se progressivamente convergentes em direção aos ápices; extremidades distais da rafe em forma de gancho; Compr. 45 µm; larg. 9,8 µm; 11 estrias em 10 µm.

Material examinado: **BRASIL. Minas Gerais:** Lima Duarte, Parque Estadual do Ibitipoca, rio do Salto, 27/1/2004, epíliton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205104); 21/VII/2004, epíliton, *L.G.C. Canani & U.J. Pereira s.n.* (R 205106, 205108, 205109, 205111).

As medidas do espécime observado concordam com aquelas descritas para *P. microstauron* (Ehrenberg) Cleve, a

Diatomáceas epilíticas de águas oligotróficas e ácidas do Sudeste do Brasil

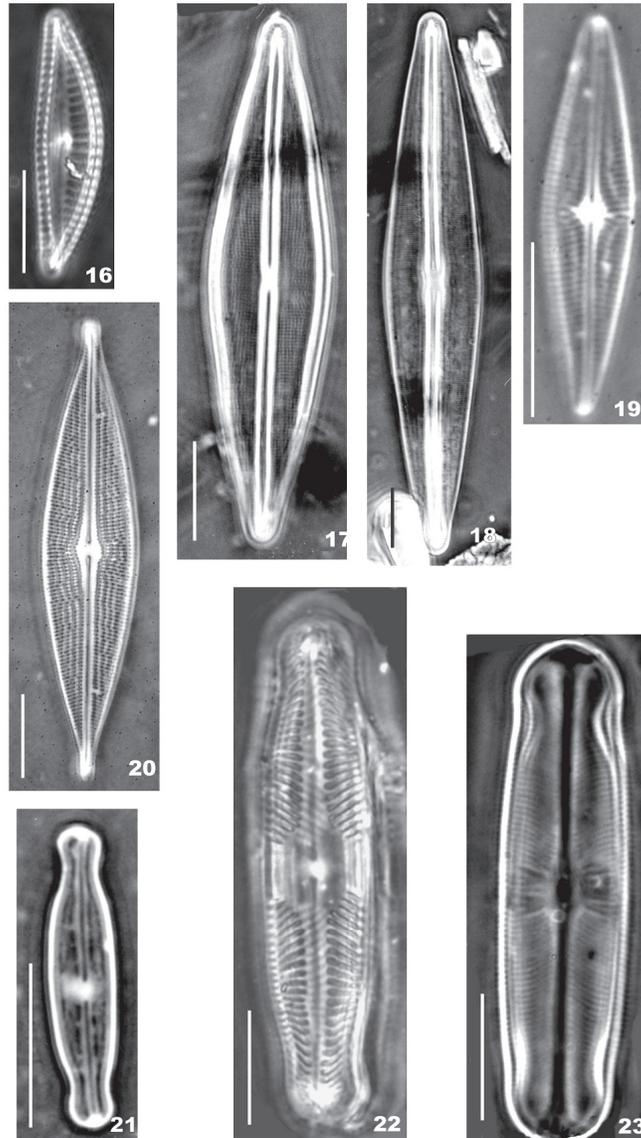


Figura 16. *Encyonema hybridicum*; 17. *F. crassinervia*; 18. *F. saxonica*; 19. *Brachysira brebissoni*; 20. *B. serians* var. *rostrata*; 21. *Nupela giluwensis*; 22. *Pinnularia microstauron* var. *rostrata*; 23 *Sellaphora blackfordensis*. Barra = 10 μ m.

partir de material coletado no Rio de Janeiro. Morfológicamente assemelha-se a *P. microstauron* var. *rostrata*, porém a largura encontrada (9,8 µm) foi maior do que aquela citada por Krammer (6-7 µm) para a variedade, motivo pelo qual foi mantido em *conferatur*. O táxon também aproxima-se morfológicamente de *P. subanglica*, porém esta apresenta área axial mais estreita.

Sellaphoraceae Mereschkowsky 1902

Sellaphora Mereschkowsky 1902

Sellaphora blackfordensis Mann & Droop, Phycologia 43(4), p. 476, figs. 4g-I, 19, 33-37. 2004.
Fig. 23

Células isoladas; valvas lineares; ápices sub-capitados; barras polares presentes, área axial estreita, área central em forma de gravata-borboleta, com contorno irregular devido à presença de estrias longas e curtas alternadas; estrias de radiadas no centro a paralelas nos ápices. Compr. 40 µm; larg. 9,6-10,3 µm; 20-22 estrias em 10 µm.

Material examinado: **BRASIL. Minas Gerais:** Lima Duarte, Parque Estadual do Ibitipoca, rio do Salto, 21/VII/2004, epilíton, L.G.C. Canani & U.J. Pereira (R 205109).

O gênero *Sellaphora* passou por recentes revisões e várias espécies novas foram propostas por Mann *et al.* (2008). Os autores consideraram importantes as características morfológicas (largura da área axial, forma da área central, nitidez do nódulo central e a presença de barras polares) para separar os grupos de espécies, não levando em conta a forma valvar. O indivíduo encontrado no rio do Salto apresenta barras polares, não possui área central circular e seu nódulo central é pouco nítido, características que são compartilhadas pelas espécies do grupo "*pupula*". *S. blackfordensis* diferencia-se de *S. capitata* Mann & McDonald, por ser mais larga e pela tendência de a segunda ser mais fortemente capitada (Mann & Droop 2004).

Discussão

Entre os 17 taxa específicos e infraespecíficos identificados (distribuídos em duas classes, duas ordens, oito famílias e nove gêneros), duas já haviam sido citados para o estado de Minas Gerais: *Frustulia crassinervia* e *F. saxonica*, no lago dos Manacás, município de Juiz de Fora (Costa & Torgan, 1991). Os demais 15 táxons são registros pioneiros para o Estado.

O gênero mais representativo foi *Eunotia*, com oito espécies. *E. faba* esteve presente em todas as estações amostradas nos períodos de chuva e estiagem. As espécies com frequência acima de 50% foram *Eunotia bidentula*, *E. intermedia* e *Frustulia saxonica*. A preponderância do gênero *Eunotia* nas amostras é explicada pelo baixo pH do ambiente estudado, sendo este gênero descrito como acidófilo por Round *et al.* (1990) e Metzeltin & Lange-Bertalot (1998). Por outro

lado, *Brachisira brebissoni*, *B. serians* var. *rostrata*, *Eunotia pseudoindica* e *Sellaphora blackfordensis* foram encontradas em uma única estação, apenas no período de estiagem. Em estudos onde as diatomáceas foram relacionadas ao nível trófico do rio, *Sellaphora pupula* sensu lato foi abundante em ambientes médio e fortemente poluídos (Lobo *et al.* 1996, 2004b; Salomoni *et al.* 2006), o que provavelmente pode explicar sua baixa frequência no rio do Salto. *Frustulia crassinervia*, com frequência de 37,5% no rio do Salto, foi considerada por Wetzel *et al.* (2002) como indicadora de águas oligotróficas e de baixo pH.

De maneira geral, a riqueza de diatomáceas foi maior na estiagem (tabela 2), provavelmente devido ao menor distúrbio nesse período, permitindo que mais organismos permanecessem aderidos ao biofilme epilítico. Segundo Schneck *et al.* (2008), a riqueza de diatomáceas em rios de altitude comumente apresenta-se menor que a observada em sistemas de planície, provavelmente em decorrência de maior correnteza, temperaturas mais baixas e menor concentração de nutrientes. No rio do Salto também foi encontrado um número menor de táxons quando comparado a estudos realizados em trechos médio e baixo de rios, ricos em nutrientes. Hermany *et al.* (2006) observaram 147 espécies em um riacho na região hidrográfica do Guaíba e Salomoni *et al.* (2006) registraram 166 táxons no rio Gravataí, ambos no Rio Grande do Sul.

Eunotia exigua, *E. fallax*, *E. intermedia*, *E. pseudoindica*, *E. serra* e *Brachysira serians* foram encontradas no plâncton e perifíton de ambientes lóticos brasileiros (Brassac and Ludwig, 2003; Landucci and Ludwig, 2005; Procopiak *et al.* 2006; Aprile and Mera, 2007; Ferrari and Ludwig, 2007; Ferrari *et al.* 2007; Tremarin *et al.* 2008), no entanto ainda não haviam sido registradas no epilíton. *Fragilariforma stevensonii*, *Eunotia pirarucu*, *Sellaphora blackfordensis*, *Nupela giluwensis* são primeiras ocorrências para o Brasil.

As águas do curso superior do rio do Salto, objeto do presente estudo, enquadram-se na classe "Especial" (Resolução nº 16/96 do COPAM/MG), ou seja, águas destinadas ao abastecimento doméstico sem prévia ou simples desinfecção e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas. Assim sendo, o conhecimento da flora de diatomáceas encontrada neste rio constitui-se numa referência para sistemas com estas características em outras regiões do Brasil.

Agradecimentos

Ao Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF) pelo apoio logístico no Parque Estadual do Ibitipoca, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas de mestrado e doutorado ao primeiro autor e bolsas de Produtividade à Pesquisa aos demais autores. Ao Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro e à Fundação Zoobotânica

Diatomáceas epilíticas de águas oligotróficas e ácidas do Sudeste do Brasil

Tabela 2. Riqueza e frequência relativa dos táxons identificados por estação de amostragem no período de chuva (jan/2004) e estiagem (jul/2004) no rio do Salto, Minas Gerais.

Períodos Taxa/Estações	Chuva								Estiagem								Frequência relativa (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
<i>Brachysira brebisonii</i>															X		6,25
<i>Brachysira serians</i> var. <i>rostrata</i>																X	6,25
<i>Encyonema hebridicum</i>							X	X	X	X	X	X	X	X	X		43,75
<i>Eunotia bidentula</i>	X			X	X			X	X	X	X	X	X	X	X		62,5
<i>Eunotia exigua</i>											X	X	X		X		25
<i>Eunotia faba</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100
<i>Eunotia fallax</i>				X	X		X										18,75
<i>Eunotia intermedia</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		87,5
<i>Eunotia pirarucu</i>									X	X	X				X		25
<i>Eunotia pseudoindica</i>												X					6,25
<i>Eunotia serra</i>							X	X		X	X	X					31,25
<i>Fragilariforma stevensonii</i>							X								X		12,5
<i>Frustulia crassinervia</i>							X	X	X	X	X	X	X				37,5
<i>Frustulia saxonica</i>	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				75
<i>Nupela gluwensis</i>	X				X				X	X	X				X		43,75
<i>Pinnularia microstauron</i> var. <i>rostrata</i>							X	X	X	X	X				X		31,25
<i>Sellaphora blackfordensis</i>												X					6,25
Riqueza	5	3	2	5	6	3	8	6	7	11	11	10	11	1	11	1	

do Rio Grande do Sul pelo apoio logístico. Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela oportunidade de dar continuidade aos estudos nesta área.

Referências bibliográficas

- Aprile, E.M. & Mera, P.A.S. 2007. Fitoplâncton e Fitoperifíton de um Rio de Águas Pretas da Amazônia Periférica do Norte, Brasil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology** 11: 1-14.
- Brassac, N.M. & Ludwig T.A.V. 2003. Fragilariaceae (Bacillariophyceae) de rios da bacia do Iguaçu, Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 26: 311-318.
- Burliga, A.L.; Torgan, L.C.; Nobrega, E.A.; Beaumord, A.C.; Costa, C.O. & Wamauti, D.V. 2005. Diatomáceas epilíticas do rio Itajai-Mirim, Santa Catarina, Brasil. **Acta Scientiarum, Biological Sciences** 27: 415-421.
- Canani, L.G.C.; Torgan, L.C. & Menezes, M. 2010. Gadget for Epilithic Microalgae Sampling (GEMS). **Brazilian Journal of Biology** 70: 289-291.
- Cholnoky, B.J. 1957. Über die Diatomeenflora einiger Gewässer in den Magalies-Bergen nahe Rustenburg (Transvaal). **Botaniska Notiser** 110: 325-362.
- COPAM 1996. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Deliberação Normativa COPAM 16/96**, disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=113>.
- Costa, J.C.F. 1995. Diatomáceas (Bacillariophyceae) da Reserva Biológica de Poço das Antas, município de Silva Jardim, Rio de Janeiro, Brasil. **Iheringia, Série Botânica** 46: 57-144.
- Costa, J.C.F. & Torgan, L.C. 1991. Análise taxonômica de diatomáceas (Bacillariophyceae) do lago da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. **Iheringia, Série Botânica** 41: 47-81.
- Ferrari, F. & Ludwig, T.A.V. 2007. Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae e Bacillariophyceae (Achnanthes) dos rios Ivaí, São João e dos Patos, bacia hidrográfica do rio Ivaí, município de Prudentópolis, PR, Brasil. **Acta Botanica Brasiliense** 21: 421-441.
- Ferrari, F.; Procopiak, L.K.; Alencar, Y.B. & Ludwig, T.A.V. 2007. Eunotiaceae (Bacillariophyceae) em igarapés da Amazônia Central, Manaus e Presidente Figueiredo, Brasil. **Acta Amazonica** 37: 1-16.
- Frenguelli, J. 1931-1933. Contribuciones al conocimiento de las Diatomeas Argentinas. VII Diatomeas de la Región de los Esteros del Yberá (en la Provincia de Corrientes). **Anales del Museo Nacional del Historia Natural** 37: 365-476.
- Frenguelli, J. 1941. Diatomeas del Rio Rio de la Plata. **Revista del Museo de La Plata (Nueva Serie)** 3: 213-334.
- Giani, A. & Leonardo, I.M. 1988. Distribuição vertical de algas fitoplanctônicas no reservatório da Pampulha (Belo Horizonte, MG). **Acta Limnológica Brasiliense** 2: 387-404.
- Hanna, G.D. 1933. Diatoms of the Florida peat deposits. **Florida State Geological Survey, 23rd and 24th annual report, 1930-1932**. Pp. 57-64.
- Hein, M.K. 1981. Variability in the diatom *Fragilaria floridana* Hanna. **Proceedings of the Iowa Academy of Science** 88: 79-81.
- Herrmann, G.; Schwarzbold, A.; Lobo, E.A. & Oliveira, M.A. 2006. Ecology of the epilithic diatom community in a low-order stream system of Gubaia hydrographical region: subsidies to the environmental monitoring of southern Brazilian aquatic systems. **Acta Limnológica Brasiliense** 18: 9-27.
- Kociolek, J.P. & Stoermer, E.F. 2009. Oligotrophy: the forgotten end of an ecological spectrum. **Acta Botanica Croatica** 68: 465-472.
- Krammer, K. 2000. The Genus *Pinnularia*. In: Lange Bertalot (Ed.). **Diatoms of Europe**, vol. 1, Ruggell, A.R.G. Gartner Verlag K.G.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1986. **Susswasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae 2/1**. Stuttgart, G. Fisher.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1991. **Susswasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae 2/3**. Stuttgart, G. Fisher.
- Krasske, G. 1948. Diatomeen Tropischer Moorsrasen. **Svensk Botanisk Tidskrift**, Bd 42, H.4. Pp. 405-443.

- Landucci, M. & Ludwig T.A.V. 2005. Diatomáceas de rios da bacia hidrográfica Litorânea, PR, Brasil: Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae. *Acta Botanica Brasílica* **19**: 345-357.
- Lange-Bertalot, H. 1996. Rote Liste der limnischen Kieselalgen Deutschlands. *Schriftenreihe für Vegetationskunde* **28**: 633-677.
- Lange-Bertalot, H. & Metzeltin, D. 1996. Indicators of Oligotrophy. *Iconographia Diatomologica*, vol.2. Stuttgart, Koeltz Scientific Books.
- Lange-Bertalot, H. & Moser, G. 1994. Brachysira Monographie der Gattung. *Bibliotheca Diatomologica*, vol. 29. Stuttgart, J. Cramer.
- Lobo, E.A.; Callegaro, V.L.M. & Bender, P. 2002. **Utilização de algas diatomáceas epilíticas como indicadoras da qualidade da água em rios e arroios da Região Hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil**. Santa Cruz do Sul, EDUNISC.
- Lobo, E.A.; Callegaro, V.L.M.; Hermany, G.; Bes, D.; Wetzel, C.E. & Oliveira, M.A. 2004b. Use of epilithic diatoms as bioindicators from lotic systems in southern Brazil, with special emphasis on eutrophication. *Acta Limnologia Brasiliensis* **16**: 25-40.
- Lobo, E.A.; Callegaro V.L.M.; Oliveira, M.A.; Salomoni, S.E.; Schuler, S. & Asai K. 1996. Pollution tolerant diatoms from lotic systems in the Jacuí Basin, Rio Grande do Sul, Brazil. *Itheringia, Série Botânica* **27**: 45-72.
- Lobo, E.A.; Callegaro, V.L.M.; Wetzel, C.E.; Hermany, G. & Bes, D. 2004a. Water quality study of the Condor and Capivara Streams, Porto Alegre Municipal District, RS, Brazil, using epilithic diatom bioconos as bioindicators. *Oceanological and Hydrobiological Studies, International Journal of Oceanography and Hydrobiology* **33**: 77-93.
- Mann, D.G.; McDonald, S.M.; Bayer, M.M.; Droop, S.J.M.; Chepurnov, V.A.; Loke, R.E.; Giobanu, A & du Buf, J.M.H. 2004. The *Sellaphora pupula* species complex (Bacillariophyceae): morphometric analysis, ultrastructure and mating data provide evidence for five new species. *Phycologia* **43**: 459-482.
- Mann, D.G.; Thomas, S.J. & Evans K.M. 2008. Revision of the diatom genus *Sellaphora*: a first account of the larger species in the British Isles. *Fottea* **8**: 15-78.
- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H. 1998. Tropical diatoms of the South America I. *Iconographia Diatomologica*, vol. 5. Königstein, Koeltz Scientific Books.
- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H. 2007. Tropical diatoms of the South America II. *Iconographia Diatomologica*, vol. 18. Ruggell, A.R.G. Gartner Verlag K.G.
- Moser, G. 1999. Die Diatomeenflora von Neukaledonien. *Bibliotheca Diatomologica*, vol. 43. Stuttgart, Gebr. Borntraeger Verlagbuchhandlung, Science Publishers.
- Paranhos, R. 1996. Alguns métodos para a análise da água. *Cadernos Didáticos UFRJ* v. 19. SR-1. Rio de Janeiro, UFRJ.
- Patrick, R. 1940. Diatoms of Northeastern Brazil. Part I - Coscinodiscaceae, Fragilariaceae and Eunotiaceae. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* **92**: 191-226.
- Patrick, R. & Reimer, C.W. 1966. **The diatoms of the United States**. vol. 1. Philadelphia, Academy of Natural Sciences of Philadelphia.
- Petersen, J.B. 1950. Observations on some small species of *Eunotia*. *Dansk Botanisk Arkiv* **14**: 1-19.
- Procopiak, L.K.; Fernandes, L.F. & Moreira Filho, H., 2006. Diatomáceas (Bacillariophyta) marinhas e estuarinas do Paraná, Sul do Brasil: lista de espécies com ênfase em espécies nocivas. *Biota Neotropica* **6**: 1-28. <http://www.biotaneotropica.org.br/v6n3/pt/abstract?inventory+bn02306032006>. Acesso em 16/07/2009).
- Round, F.E.; Crawford, R.M. & Mann, D.G. 1990. **The diatoms: biology and morphology of genera**. Cambridge, Cambridge University Press.
- Round, F.E. & Mann, D.G. 1981. The diatom genus *Brachysira*. I. Typification and separation from *Anomooneis*. *Archiv für Protistenkunde* **124**: 221-231.
- Sala, S.E.; Duque S.R.; Núñez-Avellaneda M. & Lamaro A.A. 2002. Diatoms from the Colombian Amazon: some species of the genus *Eunotia* (Bacillariophyceae). *Acta Amazonica* **32**: 589-603.
- Salomoni, S.E.; Rocha, O.; Callegaro, V.L. & 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.E. & Torgan, L.C. 2008. Epilithic diatoms as organic contamination degree indicators in Guaíba Lake, Southern Brazil. *Acta Limnologia Brasiliensis* **20**: 313-324.
- Schneck, F.; Torgan, L.C & Schwarzbald, A. 2007. Epilithic diatom community in high altitude stream impacted by fishfarming in southern Brazil. *Acta Limnologia Brasiliensis* **19**: 341-355.
- Schneck, F.; Torgan, L.C & Schwarzbald, A. 2008. Diatomáceas epilíticas em riacho de altitude no Sul do Brasil. *Rodriguésia* **59**: 325-338.
- Soares, M.C.S.; Sophia, M.G. & Huszar, V.L.M. 2007. Phytoplankton flora of two rivers in Southeast Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* **30**: 433-450.
- Stevenson, R.J. 1996. An introduction to algal ecology in freshwater benthic habitats In Stevenson, R.J., Bothwell, M.L. & Lowe, R.L. (Eds.). **Algal Ecology. Freshwater Benthic Ecosystems**. San Diego, Academic Press.
- Tomas, C.R. (Ed.). 1996. **Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates**. San Diego, Academic Press.
- Torgan, L.C.; Paula, M.C.F. & Delani, O.M. 1993. Diatomáceas (Bacillariophyceae) perfiticas em *Sphagnum recurvum* P. Beauv., no Parque Estadual de Itapuá, Rio Grande do Sul, Brasil: taxonomia e aspectos ecológicos. *Itheringia, Série Botânica* **5**: 109-142.
- Tremarin, P.I.; Ludwig, T.A.V. & Moreira-Filho, H., 2008. *Eunotia Ehrenberg* (Bacillariophyceae) do rio Guaraguaçu, litoral do Paraná, Brasil. *Acta Botanica Brasílica* **22**: 845-862.
- Vyverman, W. & Compère, P. 1991. *Nupela giluwensis* gen. & spec. nov. A new genus of naviculoid diatoms. *Diatom Research* **6**: 175-179.
- Wetzel, C.E.; Lobo, E.A.; Oliveira, M.A.; Bes, D. & Hermany, G. 2002. Diatomáceas epilíticas relacionadas a fatores ambientais em diferentes trechos dos Rios Pardo e Pardinho, bacia hidrográfica do Rio Pardo, RS, Brasil: resultados preliminares. *Caderno de Pesquisa Ser. Bio.* **14**: 17-38.
- Williams, D.M. 1990. *Fragilaria floridana* Hanna: ultraestrutura de the valve and girdle and its transference to *Fragilariforma* Williams & Round. In: Pp. 259-265. Ricard, M. (Ed.). **Ouvrage dédié à la Mémoire du Professeur Henry Germain (1903-1989)**. Koenigstein, Koeltz

Manuscrito 3: Canani, L.G.C. & Torgan, L.C. Two new *Eunotia* species with subapical costae, an uncommon structure for this genus. Submetido à Diatom Research em agosto de 2012

Two new *Eunotia* species with subapical costae, an uncommon structure for this genus

LUÍS GUSTAVO DE CASTRO CANANI^{1*} & LEZILDA CARVALHO TORGAN²

¹ *Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil*

² *Museu de Ciências Naturais – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil*

* Corresponding authors. E-mail: lgustavocc@gmail.com

Abstract

Two new *Eunotia* Ehrenberg species, *E. ibitipocaensis* Canani & Torgan and *E. saltoensis* Canani & Torgan are described. The specimens were found in oligotrophic acidic rivers in pristine watersheds located above 940 m above sea level in Ibitipoca State Park, southeastern Brazil. Both species have costae adjacent to the helictoglossae, which is an uncommon structure for the genus *Eunotia*. *Eunotia ibitipocaensis* has mostly heteropolar valves with apices of variable shape, and relatively low striae density. The valves of *E. saltoensis* are isopolar with ventrally bent apices and possess higher striae density when compared to *E. ibitipocaensis*. The heteropolarity observed is a less common condition in *Eunotia*, but it is usually found in the genus *Actinella* Lewis. The diagnostic features that distinguish *Eunotia* and *Actinella* are discussed.

Keywords: *acidic water*, *Eunotia ibitipocaensis*, *Eunotia saltoensis*, *rivers*, *taxonomy*.

Introduction

The Eunotiophycidae are characterized by the simple raphe confined to the valve poles and extending onto the valve mantle (Round et al. 1990). It is the only group of raphid diatoms with rimoportulae, although some genera like *Semiorbis* Patrick, *Colliculoamphora* Williams & Reid and *Perinotia* Metzeltin & Lange-Bertalot lack this feature, which is considered to be secondarily lost (Williams & Reid 2006b). In current classification (Round et al. 1990, Vyvermann et al. 1998, Williams & Reid 2006a, b, Metzeltin & Lange-Bertalot 2007), this subclass encompasses 10 genera, among these *Eunotia* Ehrenberg and *Actinella* Lewis.

Most *Eunotia* species are isopolar, but heteropolarity is present in some well known taxa, such as *E. faba* Ehrenberg and *E. rhomboidea* Hustedt and also in more recently described species, such as *E. meridiana* Metzeltin & Lange-Bertalot and *E. papilioforma* Furey, Lowe & Johansen.

Actinella species usually are strongly heteropolar, but there are species where this feature is not so evident, like *A. eunotioides* Hustedt and *A. pseudohantzchia* Metzeltin & Lange-Bertalot. Recent papers that discussed diagnostic features of *Actinella* stated that the asymmetry to the transapical and perivalvar axes is the only consistent feature for this genus. According to Sabbe et al. (2001), the only way to differentiate heteropolar *Eunotia* species from *Actinella* is through the observation of the girdle shape, which is rhomboid or rectangular in *Eunotia*, but wedge-shaped in *Actinella*. The presence or lack of spines, the position of the raphe and of the helictoglossae, the presence or lack of the apical point and the position and number of rimoportulae proved to be variable within the genus *Actinella* (Sabbe et al. 2001, Kociolek et al. 2001, Metzeltin & Lange-Bertalot 2007).

A heteropolar eunotioid taxon, *Actinella falcifera* (Metzeltin & Lange-Bertalot) Metzeltin & Lange-Bertalot is assigned to the subgenus *Cultria* Metzeltin & Lange-Bertalot. Initially, *Cultria* was described under the genus *Eunotia* (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998), but it was later transferred to *Actinella* (Metzeltin & Lange-Bertalot 2007), based on the predominance of heteropolar individuals essentially in *A. falcifera*, in contrast to the majority of isopolar individuals in *Eunotia* species that can present heteropolarity. According to Metzeltin & Lange-Bertalot (2007), *Cultria* encompasses heteropolar taxa without an apical point.

Both *Actinella* and *Eunotia* are well represented in tropical regions, commonly associated with acidic oligotrophic to dystrophic waters with low mineral content. (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998, 2007, Sabbe et al. 2001). Most of the *Eunotia* taxa described from Brazil are concentrated in the Amazonian region (Patrick 1940, Hustedt 1952, Metzeltin & Lange-Bertalot 1998, Burliga et al. 2007, Wetzel et al. 2010, 2011), confirming that this is a very important diversity center for this genus. Nevertheless, studies in other Brazilian states outside the Amazon (including subtropical region) have also shown the great species richness of *Eunotia* and have also included descriptions of new species (Patrick 1940, Torgan 1983, Torgan & Delani 1988, Ludwig & Valente-Moreira 1989, Callegaro 1995, Torgan & Becker 1997, 1998, Souza & Compère 1999, Souza & Moreira-Filho 1999, Metzeltin & Lange-Bertalot 2007, Talgatti et al. 2007, Tremarin et al. 2008, Bicca & Torgan 2009, Bicca et al. 2011, Canani et al. 2011).

Although the genus *Actinella* was first reported in the nineteenth century from the United States, and few species were described from Northern Europe, most of the taxa have been described in the last 20 years, from South America, Africa and Australasia (Sabbe et al. 2001, Metzeltin & Lange-Bertalot 1998, 2007). Several *Actinella* species were described from the Amazon, the region in Brazil where the

species richness for this genus is the highest (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998, Sabbe et al. 2001, Ferrari et al. 2007, Melo et al. 2010). *Actinella* species are also found in the Brazilian subtropical region (Laudares-Silva 1987, Moro et al. 1994, Bittencourt-Oliveira 2002).

According to Spaulding et al. (2010), costa is a general term for an unornamented thickening of silica on the valve face. This terminology was first used to describe a transapically oriented apical thickening in *Eunotia* by Kobayasi et al. (1981), for *E. tenelloides* Kobayasi et al., a species from acidic sphagnum bogs in Japan. Thus we are also using the term costa(e) to refer to the subapical thickened structure present in our species.

This study presents two new taxa, one that has morphological traits characteristic only for *Eunotia* and the other with valve symmetry found in both *Eunotia* and *Actinella*. Detailed internal and external morphology and ultrastructure are documented with a focus on valve polarity and the subapical costae. The new species share one feature, which is the presence of subapical costae, an uncommon structure for this genus. Also their taxonomic placement within the Eunotiophycidae is discussed.

Materials and methods

Study area – The diatom samples were collected from Vermelho and Salto rivers in the Ibitipoca State Park (ISP), which is located at Mantiqueira Mountains at Minas Gerais State, southeastern Brazil (21°40'–21°44'S, 43°52'–43°55'W / UTM 23K 7597000–7604000 S e 613000–618000 W). Altitudes range from 940 to 1784 m above sea level (a.s.l.) (Zaidan 2002).

The rivers are high-gradient, pristine, with a pH between 3.5 and 6.0 due to the high concentration of humic substances. The river bottoms are sandy or rocky. Salto River is oligotrophic, with orthophosphate concentration and conductivity ranging from 1.37 to 10.98 $\mu\text{g L}^{-1}$ and 12 to 160 $\mu\text{S cm}^{-1}$, respectively (Canani et al. 2011). Vermelho River's watershed is small (1.62 km^2) and situated in the northern part of the Park (ranges between 1380 and 1780 m a.s.l.) while Salto River runs throughout the central portion of the Park (ranges between 940 and 1780 m a.s.l.) and has the biggest watershed (11.91 km^2) within it (Zaidan 2002) (Fig. 1).

The climate is characterized by dry winters (June–August) and wet summers (December–February). The average annual rainfall is 1395 mm (Feio 1990). The temperatures range from 21.5 to 36°C in summer and from 2 to 14.5°C in winter (Dias et al. 2002).

Sampling – Submerged stones were collected in July 2008 and March 2009 and preserved in plastic bags with formaldehyde at 4% final concentration. Water temperature and pH were measured with a field pH meter (PHTEC model pH-100), directly at the sampling spot, near the surface (maximum 10 cm deep). After the removal of the preservative slurry, the stone surfaces were rinsed with distilled water, scrapped with toothbrushes and rinsed again. Diatom samples were treated either with potassium permanganate and hydrochloric acid (Simonsen 1974, modified by Moreira-Filho & Valente-Moreira 1981) or with hydrogen peroxide, rinsed again, air-dried onto coverslips and then mounted on permanent slides with Naphrax[®]. Light microscopy (LM) observations were carried out with phase contrast Zeiss Axioplan microscope (Carl Zeiss, Oberkochen, Germany), and the photomicrographs were taken with Sony[®] Cybershot model DSC-W210 digital camera (© Sony Corporation, Tokyo, Japan). Cleaned diatom material was air-dried on coverslips, attached on aluminium stubs with

carbon tape and coated (BAL—TEC model SCD005 Sputter Coater, Bal-Tec AG, Liechtenstein) with platinum (16 nm thickness) for scanning electron microscopy (SEM) using JEOL[®] JSM-5200 (JEOL Ltd., Tokyo, Japan) operating at 15kV. SEM photomicrographs were taken with a Pentax[®] K-7 digital camera (HOYA Corporation, Tokyo, Japan).

The terminology used in the species description was based on Round et al. (1990), Barber & Haworth (1994) and Kobayasi et al. (1981). A total of 47 individuals of *Eunotia ibitipocaensis* and 39 individuals of *E. saltoensis* were measured (valve length and width and striae in 10 µm, using a Carl Zeiss Axiovision 40 Rel. 4.8.2.0 software) for morphometric analysis.

Results

Eunotia ibitipocaensis Canani & Torgan, sp. nov.

Figs 2–35

Description – Valves dorsiventral, mostly heteropolar, or isopolar. Dorsal margin strongly convex, ventral margin straight to slightly concave. Valve dimensions: length 12.0–32.2 µm, width 3.0–6.8 µm. Valve apices rounded, truncated or acutely rounded. Polar nodes apical or subapical. Hyaline area above the polar nodes reaching the dorsal margin. Striae moderately radiate at the center of the valve and parallel near the poles, 6–13 in 10 µm in the middle part of the valve, areolae 30–50 in 10 µm. Cingulum composed of four copulae at maximum. Rimoportula absent.

Holotype: Here designated as circled specimen on slide 6233, deposited at the Herbário Prof. Dr. Alarich Schultz (HAS), Museu de Ciências Naturais, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil. Holotype specimen illustrated in Fig. 7.

Isotypes: Circled specimens on slide 6234, deposited at Herbário Prof. Dr. Alarich Schultz (HAS), Museu de Ciências Naturais, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil; circled specimens on slide BR-4293, deposited at Herbarium of the National Botanic Garden, Belgium.

Type locality: Vermelho River, Ibitipoca State Park, Lima Duarte County, Minas Gerais State, Brazil (UTM 23K 616504 W; 7603202 S, altitude 1498 m, pH 3.8, water temperature 19°C). Collected from submerged stones by L.G.C. Canani, on 11 March 2009.

Etymology: for the specific epithet refers to the study site Ibitipoca, meaning mountain that bursts in Tupi-Guarani dialect, probably as a reference to the numerous caves at the locality.

Remarks – Most specimens observed present different degrees of heteropolarity (Figs 2–7, 9–12, but all of them are rectangular in girdle view, a morphology more typical of isopolar specimens (Figs 8, 34). According to the criteria of Sabbe et al. (2001), isopolarity in girdle view justifies the description of this species under *Eunotia* instead of *Actinella*. A single valve may have different apex shapes (rounded, truncated or acutely rounded) (Figs 2–4, 7, 9, 11). The distance from the helictoglossa to the valve apex varies according to the valve end shape. In general, the helictoglossa is closer to the apex in truncated or broadly rounded apices and more distant in narrow rounded or acute ones (Fig. 28). Internally, a costa extends from the helictoglossa to the dorsal margin at both apices (Figs 29–31). Externally, the costae are seen as a transapically oriented non perforated area (Figs 20, 21, 23, 24). The striae may be unequally spaced

in some individuals (Figs 3, 9, 28), and are more distantly spaced at the center than at the ends of the valve (Figs 2–7, 9–21). The interstriae are slightly elevated in relation to striae, both internally and externally (Figs 24, 27), so that the openings of the round areolae sit in shallow depressions relative to the interstriae. Raphe occupies about two-thirds of the valve length (Fig. 34) and lies completely on the mantle (Fig. 33) with drop-like proximal ends (Fig. 34). The cingulum copulae have one or two longitudinal rows of pores (Figs 34, 35). No rimoportula was observed (typically *Eunotia* species have one per valve). If it exists, it is very small and can be hidden by a fold of the mantle margin at the apex. An external opening to a rimoportula was also not observed (Figs.25–27).

The presence of subapical costae in *Eunotia ibitipocaensis* is the main feature that can distinguish this species from other heteropolar taxa such as *E. rhomboidea*, *E. faba*, *E. meridiana* and *E. papilioforma*. In addition, the heteropolarity observed in *E. ibitipocaensis* is much more evident, in contrast to the subtle asymmetry of those similar species (except for *E. papilioforma*). The valve outline of *Actinella pseudohantzschia* Metzeltin & Lange-Bertalot and *A. falcifera* is similar to some specimens of *E. ibitipocaensis*, but *A. pseudohantzschia* valves are longer (36–111 μm), *A. falcifera* has higher stria density (24 in 10 μm) and neither of them have costae. Costae are present in *E. saltoensis* sp. nov., *E. tenelloides* Kobayasi et al. and *E. lewisii* Siver & Hamilton, but their outlines can not be confused with those of *E. ibitipocaensis*. (Table 1).

Eunotia saltoensis Canani & Torgan, sp. nov.

Figs 36–54

Description – Valves dorsiventral, isopolar. Dorsal margin slightly to moderately convex and ventral margin straight to slightly concave. Valve dimensions: length 17.8–31.6 μm , width 3.0–5.0 μm . Apices rounded and ventrally bent (nose-shaped). Polar nodes removed from the ends. Hyaline area above the polar nodes reaching the dorsal margin. Striae parallel, more numerous towards the ends of the valves, 11–20 in 10 μm at the middle part of the valve. A single row of areolae is present between the sternum and the ventral face margin. Areolae 30–40 in 10 μm . One rimoportula per valve.

Holotype: Here designated as circled specimen on slide 6235, deposited at the Herbário Prof. Dr. Alarich Schultz (HAS), Museu de Ciências Naturais, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil. Holotype specimen illustrated in Fig. 39.

Isotypes: Circled specimens on slide 6236 deposited at the Herbário Prof. Dr. Alarich Schultz (HAS), Museu de Ciências Naturais, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil; circled specimens on slide BR-4292, deposited at Herbarium of the National Botanic Garden, Belgium.

Type locality: Salto River, Ibitipoca State Park, Lima Duarte County, Minas Gerais State, Brazil (UTM 23 K 614420 W; 7598139 S, altitude 1209 m, pH 4.5, water temperature 15°C). Collected from submerged stones by L.G.C. Canani, on 21 July 2008.

Etymology: the specific epithet refers to the Salto River.

Remarks – The apices rounded and ventrally bent (nose-shaped) in most specimens with the subapical hyaline area are remarkable features for this species (Figs 36–47, 49). The helictoglossae are removed from the ends (Figs 51–53) from which a costa extends to the dorsal margin at each pole (Fig. 52), as in *E. ibitipocaensis*. There is a single row of areolae between the sternum and the ventral face margin (Fig. 48). The internal openings of the areolae are round and only slightly recessed relative to the interstriae (Fig. 54). The raphe distal ends reach the valve face, and are bent towards the middle part of the valve (Figs 49, 50). There is one prominent rimoportula per valve, almost perpendicular to the helictoglossa (Figs 52, 53).

Eunotia saltoensis is likely related to *E. parasiolii* Metzeltin & Lange-Bertalot, a species with nose-shaped apices described from Venezuela. A narrow hyaline area near the apex is visible in the only SEM image presented by the authors of *E. parasiolii* (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998, p. 354, figs 17–30). However, the subapical hyaline area of *E. parasiolii* is not visible under LM and it also has lower stria density (6.5–11 in 10 μm) than *E. saltoensis* (Table 1). Some individuals identified as *Eunotia* aff. *parasiolii* by Metzeltin & Lange-Bertalot (2007, p. 471, Figs 13–20) may belong to *E. saltoensis*. There are many other species with nose-shaped apices, such as *E. incisa*, *E. incisadistans* Lange-Bertalot & Sienkiewicz, *E. boreoalpina* Lange-Bertalot & Nörpel-Schempp, *E. acutinasuta* Metzeltin & Lange-Bertalot *E. papilioforma* and *E. veneris* (Kützing) De Toni, but none of them have costae.

Discussion

Eunotia ibitipocaensis and *E. saltoensis* share the presence of subapical costae. The isopolar valves and the nose-shaped apices of almost all individuals of *E. saltoensis* are

the main features that can differentiate this species from *E. ibitipocaensis*. Also, *E. ibitipocaensis* has lower striae density and lacks a rimoportula (Fig 55).

Eunotia tenelloides differs from both species described here mainly by its linear and narrower valves, and higher striae density. Another species with this feature is *E. lewisii* Siver & Hamilton, described from surface lake sediment in the USA (Siver et al. 2009). *Eunotia lewisii* differs from *E. saltoensis* and *E. ibitipocaensis* by longer valves and because in *E. lewisii* the silica thickening can be observed only internally, it does not have a corresponding external non-perforated area reaching the dorsal margin on valve surface. The authors did not name the internal subapical thickening as costa, but it is clearly the same structure that we have observed in our two newly described species.

The presence of subapical costae is a rare feature within *Eunotia* species, so that Siver et al. (2009) considered that its presence could be used to separate their new species from all other *Eunotia*. They also remarked that the only other species that possess this structure is *E. lenis* Metzeltin & Lange-Bertalot, so, at that time, they were unaware of the existence of costae in *E. tenelloides*. A costa can be seen in the SEM image of *Eunotia lenis* (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998), but the authors did not mention this feature in the species description. *Eunotia lenis* possesses a very different outline from the two new species described here and thus can not be confused with them.

The basal plateau described for *Actinella falcifera* (Metzeltin & Lange-Bertalot) Metzeltin & Lange-Bertalot, could also be a costa-related structure, although it is much more developed than in the specimens illustrated in this study. *Actinella sabbei* Metzeltin & Lange-Bertalot and *A. lyonae* Metzeltin & Lange-Bertalot are species related to *A. falcifera*, but it is not clear if they are members of *Cultria* and if the 'basal

plateau' is a stable feature of the subgenus, since no published SEM images of those species are available.

The description of *A. falcifera* under *Eunotia* and its later transference to *Actinella* (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998, 2007) shows that some taxa are difficult to place into one genus or another. In fact, some populations of *Eunotia* taxa, like *E. rhomboidea* Hustedt, *E. incisa* W. Smith ex Gregory, *E. faba* Ehrenberg, present facultative heteropolarity in valve view and rectangular or rhomboidal outlines in girdle view, while *Actinella* taxa like *A. falcifera*, *A. sabbei*, *A. lyonae*, *A. indistincta* Vyverman & Bergei, *A. parva* Vanhoutte & Sabbe, *A. eunotioides*, *A. robusta* Hustedt, *A. pseudohantzchia* and *A. lange-bertalotii* Kociolek possess eunotioid valve outline, without the typical strongly clavate outline of most *Actinella*. Among those species, *A. indistincta* and *A. parva* are asymmetrical in girdle view, but the other species were not illustrated in this position. Metzeltin & Lange-Bertalot (2007) stated that *A. lange-bertalotii* should be transferred to *Eunotia*.

In this paper we adopted the criterion of Sabbe et al. (2001) to distinguish *Eunotia* from *Actinella* on the basis of cell symmetry in girdle view, but we think that the amount of records of *Actinella* species in girdle view is still insufficient to accept it as the only diacritic feature, besides the occurrence of slight asymmetry in girdle view of some populations of heteropolar *Eunotia*, like *E. rhomboidea* and *E. incisa* (Krammer & Lange_Bertalot 1991, Lange-Bertalot et al. 2011).

A clear delimitation for some Eunotiaceae taxa is a problem that remains to be solved. Taxonomic discussions about the morphology of the species that fit both in *Eunotia* and *Actinella* are not exhausted. Cladistic analysis of morphological characters and characters states, using a parsimony software and/or molecular analysis could

provide additional data to help solve these taxonomic puzzles, clarifying the natural relationships among these taxa.

Acknowledgements

We thank Dr. Koen Sabbe and Dr. Shigeki Mayama for valuable information, the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for providing the Doctoral and Research Fellowships for the first and second authors, respectively, the Museu de Ciências Naturais, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul for the infrastructure and the Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF-MG) for licensing and supporting the field campaigns. We are grateful to Daniel de Aguirres for the English revision.

References

- BARBER H.G. & HAWORTH E.Y. 1994. *A guide the morphology of the diatom frustule*. Freshwater Biological Association. Scientific Publication No. 44. 112 pp.
- BICCA A.B. & TORGAN L.C. 2009. Novos registros de *Eunotia* Ehrenberg (Eunotiaceae-Bacillariophyta) para o Estado do Rio Grande do Sul e Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 23: 427–435.
- BICCA A.B., TORGAN L.C. & SANTOS C.B. 2011. Eunotiaceae (Eunotiales, Bacillariophyta) em ambientes lacustres na Planície Costeira do Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 34: 1–19.
- BITTENCOURT-OLIVEIRA M.C. 2002. A comunidade fitoplanctônica do rio Tibagi: uma abordagem preliminar de sua diversidade. In: *A Bacia do Rio Tibagi* (Ed. by M.E.

Medri, E. Bianchini, O.A. Shibatta & J.A. Pimenta), pp. 373–402. Universidade Federal de Londrina, Londrina.

BURLIGA A.L., TORGAN L.C. & BEAUMORD A.C. 2007. *Eunotia ariengae* sp. nov., an epilithic diatom from Brazilian Amazon. *Diatom Research* 22: 247–253.

CALLEGARO V.L.M. 1995. Diatomáceas da turfeira de Água Claras, Rio Grande do Sul, Brasil: gênero *Eunotia* Ehrenberg. *Revista Brasileira de Botânica* 55: 369–382.

CANANI L.G.C., MENEZES M. & TORGAN L.C. 2011. Diatomáceas epilíticas de águas oligotróficas e ácidas do Sudeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 25: 130–140.

DIAS H.C.T, FERNANDES-FILHO E.I., SCHAEFER C.E.G.R., FONTES L.E.F. & VENTORIM L.B. 2002. Geoambientes do Parque Estadual do Ibitipoca, Município de Lima Duarte-MG. *Revista Árvore* 26: 777–786.

FEIO, R.N. 1990. *Aspectos ecológicos dos anfíbios registrados no Parque Estadual do Ibitipoca, MG (Amphibia, Anura)*. Master Dissertation. Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

FERRARI F., PROCOPIAK L.K., ALENCAR Y.B. & LUDWIG, T.A.V. 2007. Eunotiaceae (Bacillariophyceae) em igarapés da Amazônia Central, Manaus e Presidente Figueiredo, Brasil. *Acta Amazonica* 37: 1–16.

Furey P.C., Lowe R.L & Johansen J.R. 2011. *Eunotia* Ehrenberg (Bacillariophyta) of the Great Smoky Mountains national Park, USA. *Bibliotheca Diatomologica* 56: 1–33.

HUSTEDT F. 1952. Neue und wenig bekannte Diatomeen. III. Philogenetische Variationen bei den raphidioiden Diatomeen. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 65: 133–144.

KOBAYASI H., ANDO K. & NAGUMO T. 1981. On some endemic species of the genus *Eunotia* in Japan. In: *Proceedings of the sixth*

symposium on recent and fossil diatoms (Ed. by R. Ross), pp. 93–114. Otto Koeltz Science Publishers, Koenigstein.

KOCIOLEK J.P., LYON D. & SPAULDING S. 2001. Revision of the South American species of *Actinella*. In: *Lange-Bertalot-Festschrift. Studies on diatoms* (Ed. by R. Jahn, J.P. Kociolek, A. Witkowski & P. Compère), pp. 131–165. A.R.G. Gantner Verlag K.G., Ruggell.

KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H. 1991. *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae 2/3*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 576p.

LAUDARES-SILVA R. 1987. Estudo Taxonômico das diatomáceas (Bacillariophyceae) coletadas no Arroio Faxinal (Sanga de Água Boa), Torres, Rio Grande do Sul, Brasil. *Insula* 17: 3–184.

LANGE-BERTALOT H., BAK M. & WITKOWSKY A. 2011. *Eunotia* and some related genera. *Diatoms of Europe* 6: 1–747.

LUDWIG T.A.L. & VALENTE-MOREIRA I.M. 1989. Contribuição ao conhecimento da diatomoflórula do Parque Regional do Iguaçu, Curitiba, Paraná, Brasil: I. Eunotiaceae (Bacillariophyceae). *Arquivos de Biologia e Tecnologia* 32: 543–560.

MELO S., TORGAN L.T. & RAUPP, S.V. 2010. *Actinella* species (Bacillariophyta) from an Amazon black water floodplain lake (Amazonas – Brazil). *Acta Amazonica* 40: 269–274.

METZELTIN D. & LANGE-BERTALOT H. 1998. Tropical diatoms of South America I. *Iconographia Diatomologica* 5: 1–695.

METZELTIN D. & LANGE-BERTALOT H. 2007. Tropical diatoms of South America II. *Iconographia Diatomologica* 18: 1–877.

MOREIRA-FILHO H. & VALENTE-MOREIRA I.M. 1981. Avaliação taxonômica e ecológica das diatomáceas (Bacillariophyceae) epífitas em algas pluricelulares obtidas nos litorais

dos estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo. *Boletim do Museu Botânico Municipal* 47: 1–17.

MORO R.S., GARCIA E. & OLIVEIRA-JÚNIOR H.F. 1994. Diatomáceas (Bacillariophyceae) da represa de Alagados, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. *Iheringia Série Botânica* 45: 5–19.

PATRICK R. 1940. Some new diatoms from Brazil. *Notulae Naturae* 59: 2–7.

ROUND F.E., CRAWFORD R.M. & MANN D.G. 1990. *The diatoms. Biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge. 747 pp.

SABBE K., VANHOUTTE K., LOWE R.L., BERGEY E.A., BIGGS B.J.F., FRANCOEUR S., HODGSON D. & VYVERMAN W. 2001. Six new *Actinella* (Bacillariophyta) species from Papua New Guinea, Australia and New Zealand: further evidence for widespread diatom endemism in the Australasian region. *European Journal of Phycology* 36: 321–340.

SIMONSEN R. 1974. The diatom plankton of the Indian Ocean Expedition of RV “Meteor”, 1964–1965. “*Meteor*” *Forschungsergebnisse, Reihe D, Biologie* 19: 1–66.

SIVER P.A., HAMILTON P.B. & PELCZAR J. 2009. New species of freshwater diatoms from acidic localities along the Atlantic Coastal Plain of the United States. *Botany* 87: 409–427.

SOUZA M.G.M. & COMPÈRE P. 1999. New diatom species from the Federal District of Brazil. *Diatom Research* 14: 357–366.

SOUZA M.G.M. & MOREIRA-FILHO H. 1999. Diatoms (Bacillariophyceae) of two aquatic macrophyte banks from Lagoa Bonita, Distrito Federal, Brazil, I: Thalassiosiraceae and Eunotiaceae. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique* 67: 259–278.

SPAULDING, S.A., LUBINSKI, D.J. & POTAPOVA, M. 2010. *Diatoms of the United States*. <http://westerndiatoms.colorado.edu> accessed on April 03, 2012

TALGATTI D.M., GARCIA M. & SCHEFFER L. 2007. O gênero *Eunotia* Ehrenberg (Bacillariophyta) do arroio do Ecocamping Municipal de Pelotas, RS, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre* 5: 756–758.

TORGAN L.C. 1983. Uma variedade nova de *Eunotia didyma* Hustedt ex Zimmermann (Bacillariophyceae) do sul do Brasil. *Iheringia, Série Botânica* 31: 31–36.

TORGAN L.C. & DELANI O.M. 1988. Estudo taxonômico de diatomáceas (Bacillariophyceae) do “Complexo Banhado Grande” Rio Grande do Sul, Brasil: representantes do gênero *Eunotia* Ehrenberg. *Iheringia, Série Botânica* 38: 81–107.

TORGAN L.C. & BECKER V. 1997. *Eunotia densistriata* sp. nov.: a subaerial diatom from southern Brazil. *Diatom Research* 12: 115–124.

TORGAN L.C. & BECKER V. 1998. *Eunotia itapuana*, nom. nov. *Diatom Research* 13: 187.

TREMARIN P.I., LUDWIG T.A.V. & MOREIRA-FILHO H. 2008. *Eunotia* Ehrenberg (Bacillariophyceae) do rio Guaraguaçu, litoral do Paraná, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 22: 845–862.

VYVERMAN W., SABBE K., MANN D.G., KILROY C., VYVERMAN R., VANHOUTTE K., & HODGSON D. 1998. *Eunophora* gen. nov. (Bacillariophyta) from Tasmania and New Zealand: description and comparison with *Eunotia* and amphoroid diatoms. *European Journal of Phycology* 33: 95–111.

WETZEL C.E., ECTOR L., HOFFMANN L. & BICUDO D.C. 2010. Colonial planktonic *Eunotia* (Bacillariophyceae) from Brazilian Amazon: taxonomy and biogeographical considerations on the *E. asterionelloides* species complex. *Nova Hedwigia* 91: 49–86.

WETZEL C.E., ECTOR L., HOFFMANN L., LANGE-BERTALOT, H. & BICUDO D.C. 2011. Two new periphytic *Eunotia* species from the neotropical Amazonian 'black waters', with a type analysis of *E. braunii*. *Diatom Research* 26: 135–146.

WILLIAMS D.M. & REID G. 2006a. *Amphorotia* nov. gen., a new genus in the family Eunotiaceae (Bacillariophyceae), based on *Eunotia clevei* Grunow in Cleve et Grunow. In: *Diatom Monographs* (Ed. by A. Witkowski). Volume 6. A.R.G. Gantner Verlag K.G., Ruggell. 153 pp.

WILLIAMS D.M. & REID G. 2006b. Fossils and the tropics, the Eunotiaceae (Bacillariophyta) expanded: A new genus for the Upper Eocene fossil diatom *Eunotia reedii* and the recent tropical marine diatom *Amphora reichardtiana*. *European Journal of Phycology* 41: 147–154.

Zaidan, R.T. 2002. *Zoneamento de áreas com necessidade de proteção ambiental no Parque Estadual do Ibitipoca - MG*. Master Dissertation. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

FIGURES

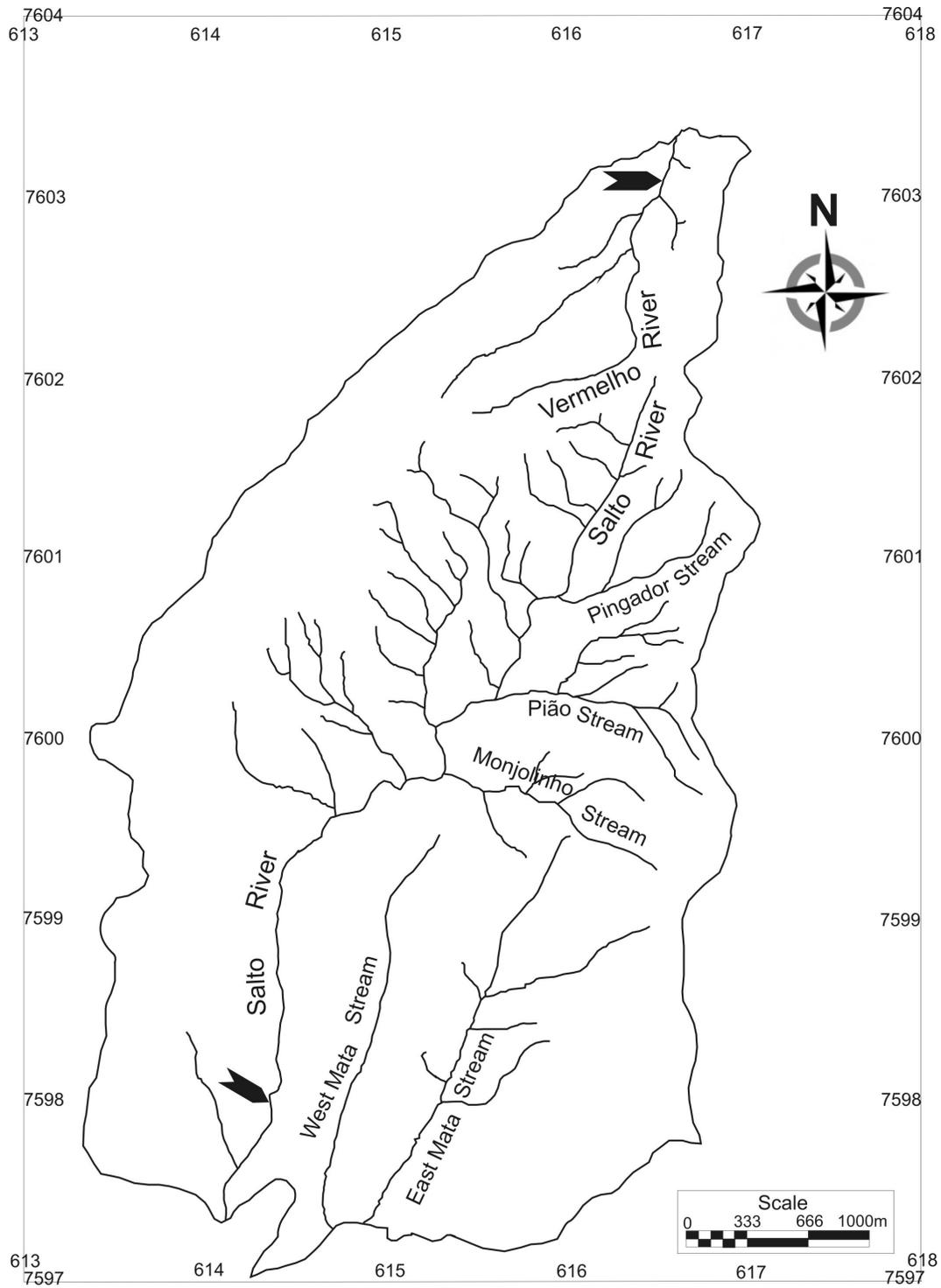
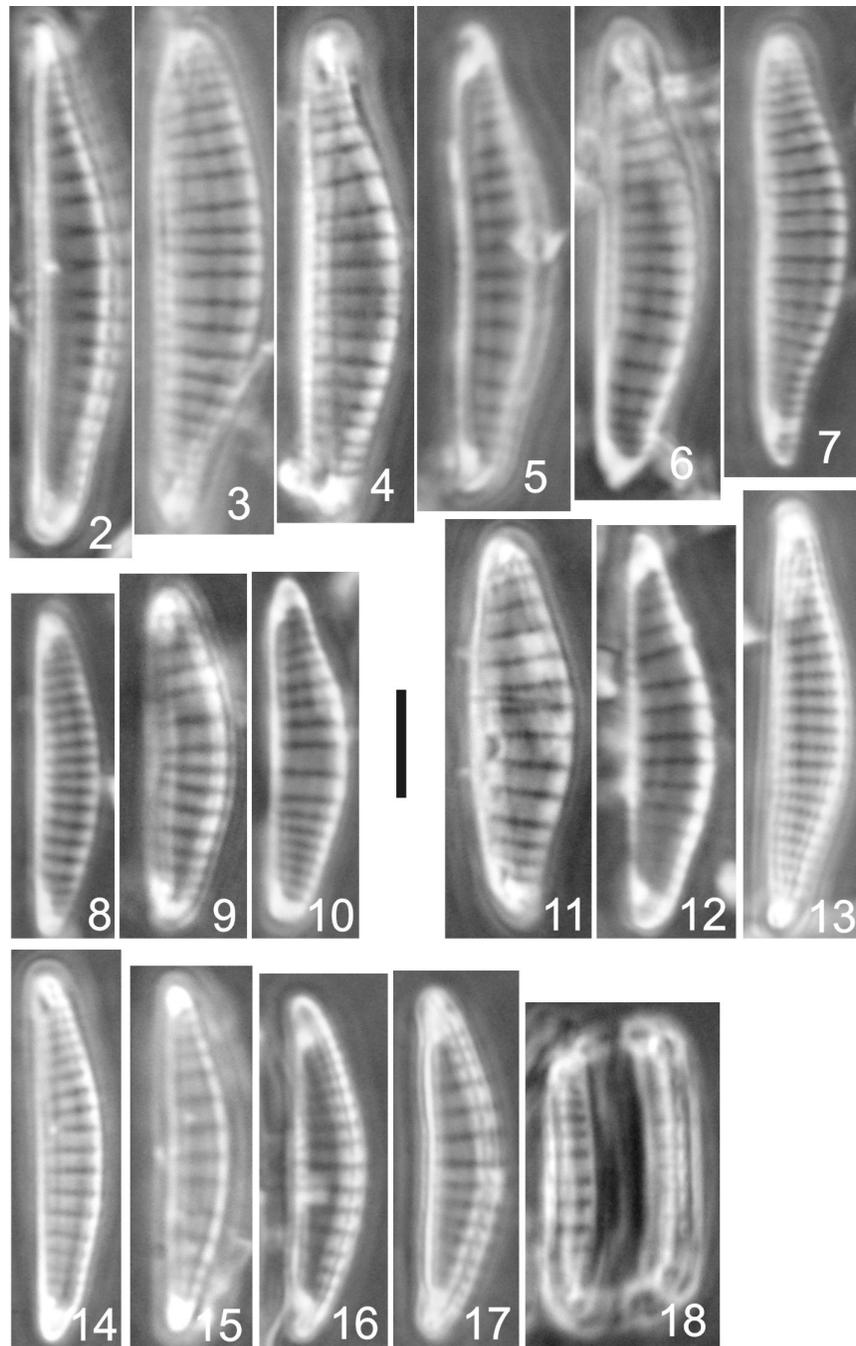
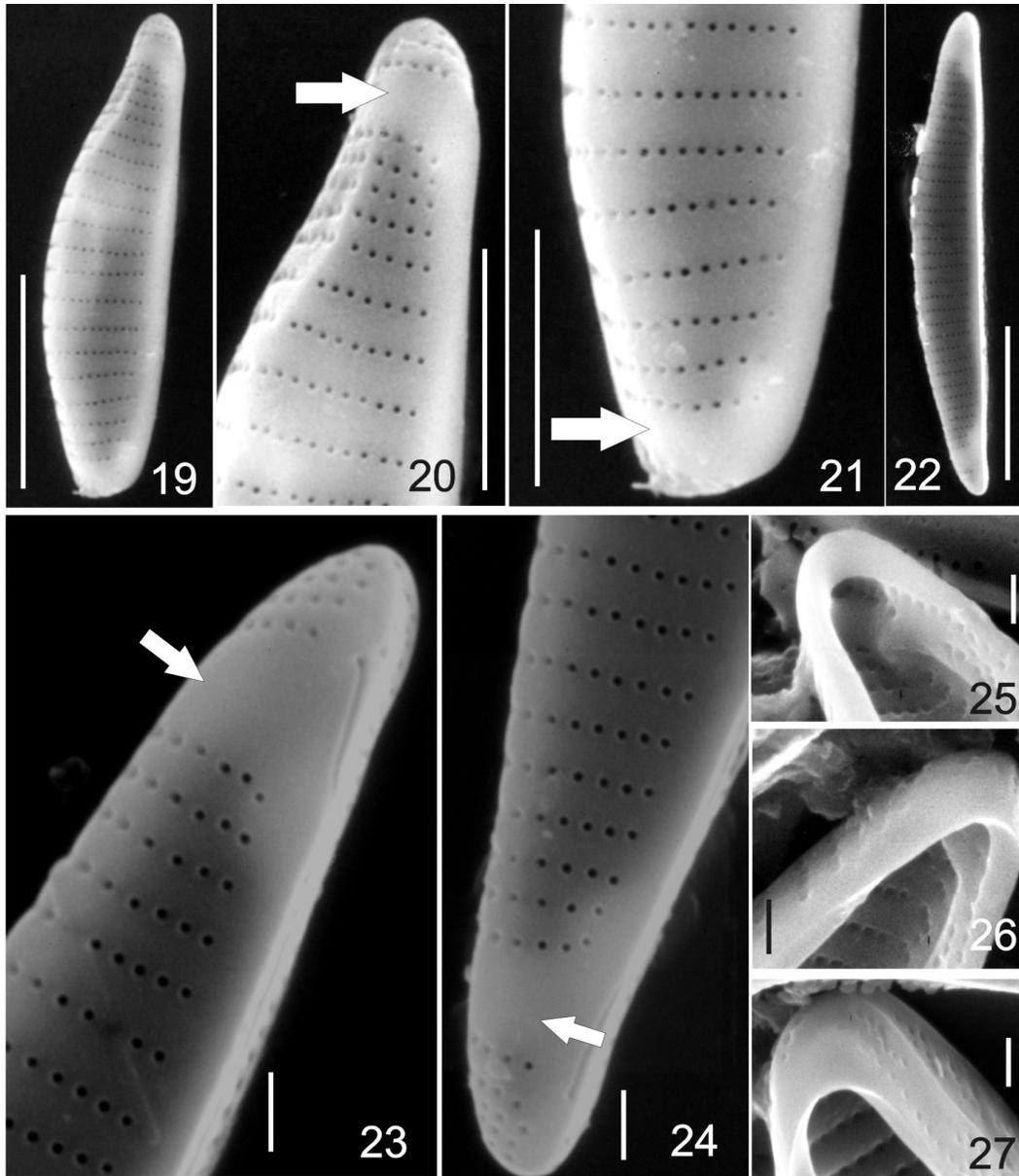


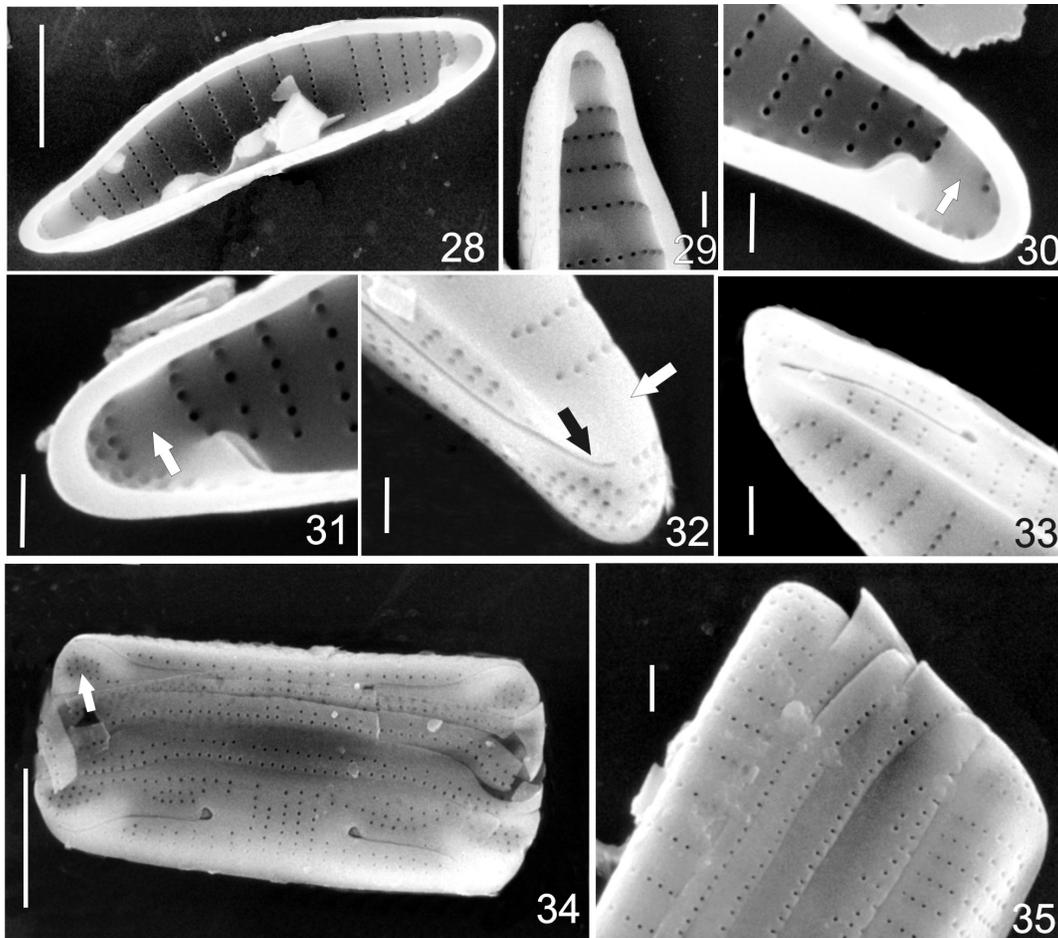
Fig. 1. Ibitipoca State Park, southeastern Brazil showing the sampling sites (black arrows) at Vermelho and Salto rivers (coordinates in UTM, UTM zone 23K).



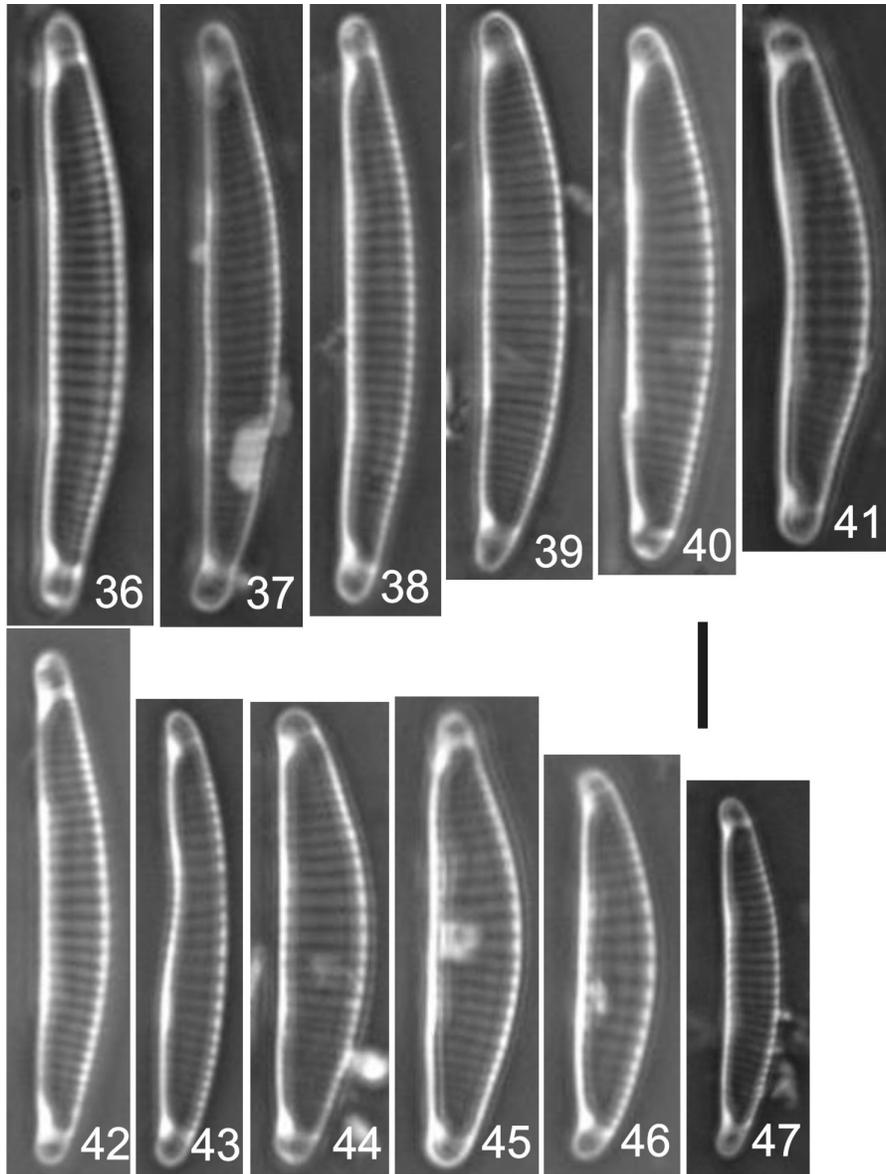
Figs 2–18. *Eunotia ibitipocaensis*, LM, type material. **Figs 2–7, 9–12.** Valve views showing range in size and shape of heteropolar specimens. **Fig. 8.** Frustule in girdle view. **Figs 13–18.** Valve views showing range in size and shape of isopolar specimens. **Fig. 7** is the holotype. Scale bar = 5 μ m.



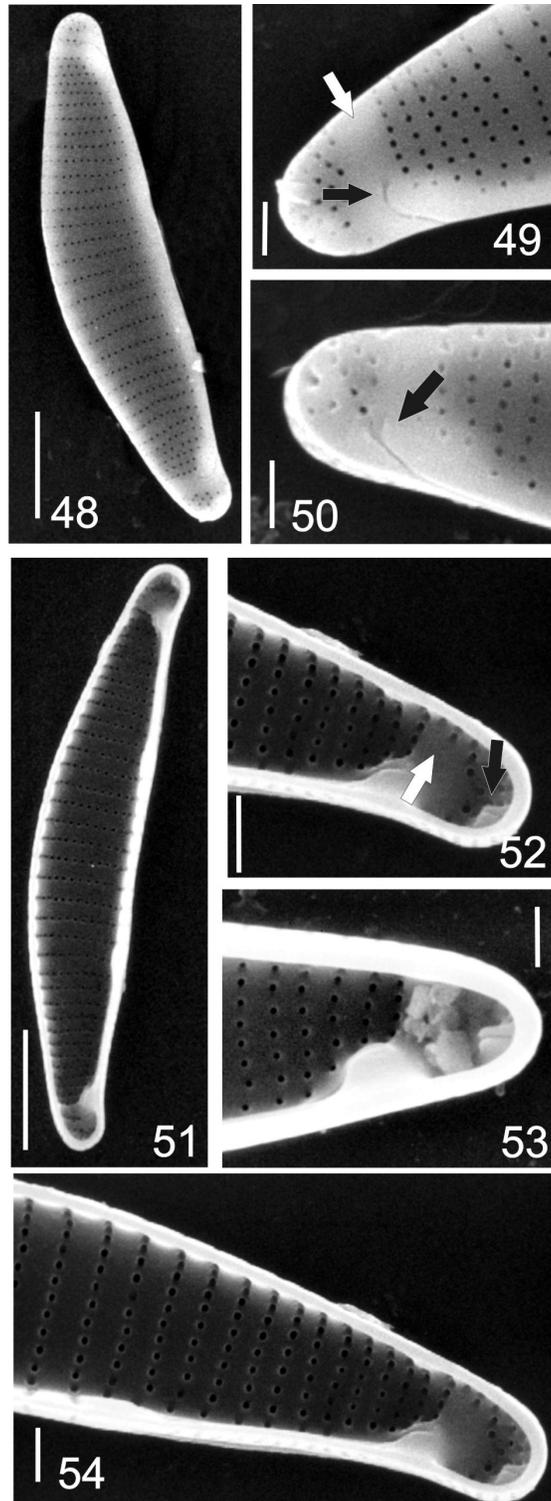
Figs 19–27. *Eunotia ibitipocaensis*, SEM, type material. **Fig. 19.** External view of a heteropolar valve. **Figs 20–21.** Detail of the apices of the specimen shown in Fig. 19, highlighting the two different shapes of the apex and (sub)apical hyaline areas (arrows). Interstriae slightly elevated in relation to striae can be seen at the dorsal margin in Fig. 21. **Fig. 22.** External view of an isopolar valve. **Figs 23–24.** Detail of the valve apices of the specimen shown in Fig. 22. Note the hyaline areas (arrows). **Figs 25–27.** Internal views of one apex (the one that should have the rimoportula) of the same specimen, tilted at different angles to show the costae and the absence of a rimoportula. Also thick internal interstriae can be seen in Fig. 27. Scale bars = 10 μm (Figs 19, 22), 5 μm (Figs 20, 21), 1 μm (Figs 23, 24, 25–27).



Figs 28–35. *Eunotia ibitipocaensis*, SEM, type material. **Fig. 28.** Internal view of a heteropolar valve showing variable position of the helictoglossae at apices. **Figs 29–31.** Internal valve views showing the costae (arrows). **Fig. 32.** External view of a valve apex showing the distal end of the raphe (black arrow) and the hyaline area (white arrow). **Fig. 33.** External view of a valve apex, showing raphe branch on the mantle. **Fig. 34.** Girdle view of a frustule showing raphe branches on valve mantles and several copulae. **Fig. 35.** Apex of a frustule in girdle view showing four copulae with linear rows of pores. Scale bars = 5 μm (Figs 28, 34), 1 μm (Figs 29–33, 35).



Figs 36–47. *Eunotia saltoensis*, LM, type material. Valve views: note the nose-shaped apices and the hyaline area near the ends. Fig. 39 is the holotype. Scale bar = 5 μm .



Figs 48–54. *Eunotia saltoensis*, SEM, type material. **Fig. 48.** External view of a valve. **Fig. 49.** Detail of an apex of the valve shown in Fig. 48 showing hyaline area (white arrow) and the distal raphe end (black arrow). **Fig. 50.** External view of a valve apex showing the distal raphe end curved onto the valve face (black arrow). **Fig. 51.** Internal valve view. **Fig. 52.** Detail of an apex of the valve shown in Fig. 51 showing costa adjacent to the helictoglossa (white arrow) and the rimoportula (black arrow). **Fig. 54.** Internal view of a valve apex with rimoportula. Scale bars = 5 μm (Figs 48, 51), 1 μm (Figs 49, 50, 52–54).

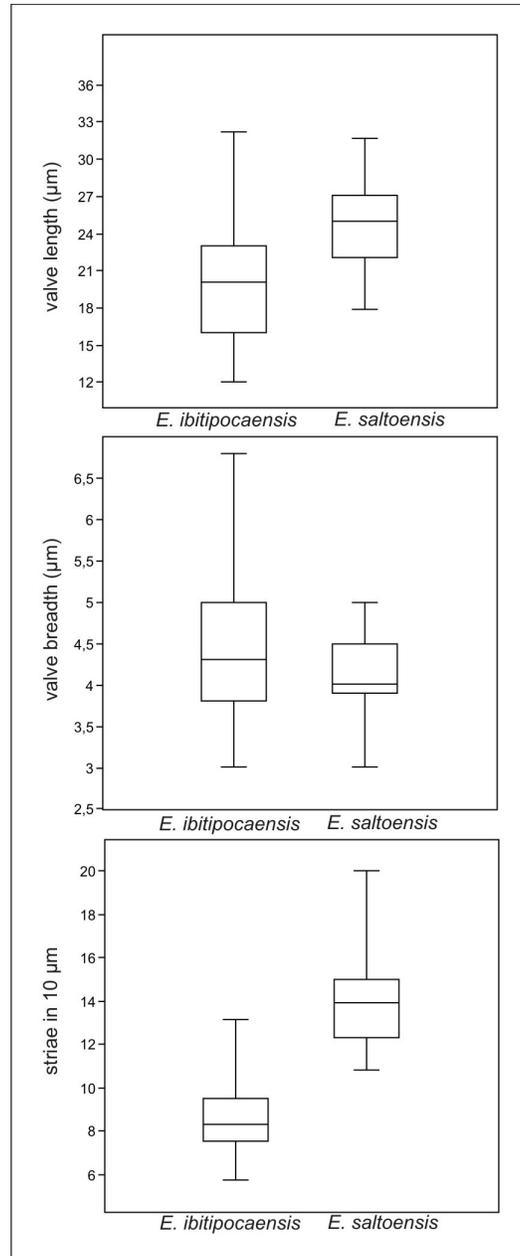


Fig. 55. Range of the measures of length, width and striae density of *Eunotia ibitipocaensis* (n=47) and *E. saltoensis* (n=39). The boxes represent the 25–75 percent quartiles, the median is shown with a horizontal line inside the box. The minimal and maximal values are shown with short horizontal lines ("whiskers").

Manuscrito 4: Diatomáceas perifíticas do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais,
Brasil: gênero *Nupela*

Diatomáceas perifíticas do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais: gênero *Nupela* Vyvermann & Compère

INTRODUÇÃO

Nupela é um gênero de água doce descrito por Vyvermann & Compère (1991), a partir de material coletado em lagos subalpinos em Papua Nova Guiné. Além do número crescente de espécies que vem sendo descritas ou transferidas para *Nupela*, os estudos tem contribuído para estabelecer um conjunto de características comuns aos representantes do gênero (Lange Bertalot 1993, Metzeltin & Lange Bertalot 1998, Lange-Bertalot & Genkal 1999, Rumrich *et al.* 2000, Potapova *et al.* 2003, Siver, & Hamilton 2005, Siver *et al.* 2007, Wojtal 2009, Bahls 2011, Potapova 2011), que hoje é composto por cerca de 50 espécies.

Características estáveis tem sido observadas nas espécies de *Nupela*, como a estrutura única das aréolas (com a abertura externa maior que a interna), a porção distal da rafe sempre fletida para o lado secundário da valva e a presença de uma única fileira de aréolas no manto (Siver *et al.* 2007). A presença de *himen* externos nas aréolas foi apontada por Potapova *et al.* (2003) como estável no gênero. Leve assimetria em relação eixo apical, com o lado secundário um pouco maior que o primário também tem se mostrado constante nas espécies conhecidas de *Nupela*.

O gênero foi registrado principalmente em ambientes pouco impactados (florestas tropicais, nascentes, lagos e riachos de altitude), em águas com baixa condutividade, ricas em ácidos húmicos, oligotróficas e com pH de ácido a neutro (Wojtal 2009). Várias espécies foram observadas em ambientes aerofíticos e sombreados (Potapova *et al.* 2003, Wojtal 2009), frequentemente associadas com gêneros acidófilos como *Eunotia* Ehrenberg, *Frustulia* Rabenhorst, *Kobayasiella* Lange-Bertalot e *Brachysira* Kützing (Siver *et al.* 2007, Wojtal 2009).

Devido à natureza diminuta dos integrantes de *Nupela* (em geral com menos de 20 µm de comprimento), o gênero pode ter sido subestimado em estudos anteriores ou identificado equivocadamente (Wojtal 2009). Apesar de ser um dos menores gêneros de diatomáceas em número de espécies (Bahls 2011), estima-se um incremento da riqueza impulsionado pelo melhor conhecimento da flora de diatomáceas continentais na região tropical, estudos dedicados exclusivamente ao gênero e às transferências

realizadas a partir da revisão de materiais tipo utilizando microscópio eletrônico de varredura (MEV).

O gênero encontra-se distribuído em todos os continentes e latitudes, apresentando maior riqueza nos ambientes tropicais (Wojtal 2009). Recentemente novas espécies e combinações foram registradas para a região temperada (USA) (Bahls 2011, Potapova 2011).

No Brasil foram registradas até o momento 16 espécies, em cinco estados das regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul (Lange-Bertalot & Moser 1994, Metzeltin & Lange-Bertalot 1998, Schneck *et al.* 2008, Tremarin *et al.* 2009, Bere & Tundisi 2010, Faria *et al.* 2010, Canani *et al.* 2011, Salomoni *et al.* 2011, Moresco *et al.* 2011, Silva *et al.* 2011, Bes *et al.* 2012).

Neste estudo quatro espécies de *Nupela* são descritas e ilustradas, sendo que três delas são possivelmente novas para a ciência. A investigação de suas ultraestruturas visa contribuir para a consolidação dos conjuntos de caracteres estáveis no gênero. Também são fornecidas informações dos registros de *Nupela* no Brasil sintetizando o conhecimento de sua distribuição geográfica no país.

MATERIAL E MÉTODOS

O Parque Estadual do Ibitipoca localiza-se na Serra da Mantiqueira, estado de Minas Gerais, Brasil (21°40'–21° 44' S e 43° 52'–43° 55' W). Compreende uma área preservada de 1.488 ha da Serra do Ibitipoca com altitudes variando entre 1.050 a 1.784 m. Formado em grande parte por afloramentos rochosos quartzíticos, possui em sua área numerosas nascentes, que irão originar seus principais cursos d'água: o Rio do Salto, o Rio Vermelho e o córrego da Mata (Fig 1). A água apresenta-se ácida, oligotrófica e com baixa condutividade (Canani *et al.* 2011).

Diferentes microhabitats foram amostrados, compreendendo amostras do metafíton, epilíton, epifíton, episâmon e aerofíton, em julho de 2008 e março e outubro de 2009. As amostras foram acondicionadas em frascos de vidro ou sacos plásticos Ziploc e fixadas no campo com solução de formaldeído a 4%. A temperatura e o pH foram medidos com pHmetro de campo PHTEC modelo pH-100. As amostras foram oxidadas com dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) e ácido clorídrico (HCl) (Simonsen 1974, modificado por Moreira-Filho & Valente-Moreira 1981) ou com peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e então montadas em lâminas permanentes com Naphrax[®]. Foram

feitas observações em microscópio (MO) óptico com contraste de fase e captura imagens com câmera Zeiss Axiocan. Para microscopia eletrônica de varredura, as amostras oxidadas foram secas sobre lamínula e presas com fitas de carbono a stubs, os quais foram cobertos com aproximadamente 16 nm de platina e observados em microscópio JEOL[®] JSM-5200 operando a 15kV e 20 WD. As fotomicrografias foram obtidas com câmera digital Pentax[®] K-7. As amostras foram tombadas no Herbário Prof. Dr. Alarich Schultz (HAS) do Museu de Ciências Naturais, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

RESULTADOS

Seguem abaixo as descrições e comentários dos táxons encontrados.

Nupela shoemania Lange-Bertalot, Bibl. Diatomol. 27, p. 156, pl. 36:1-9, pl. 37:1-6, pl. 38: 4,5. 1993.

(Figs. 1-22)

Valvas lanceoladas, levemente assimétricas em relação ao eixo apical, frústula isovalvar. Comp. 11,3-20,1 μm ; larg. 3,0-3,8 μm . Ápices subcapitados a capitados. Nódulo central circular, hialino e nítido ao MO. Área central oblonga ou ausente. Área axial reta. Externamente, rafe reta a ligeiramente arqueada nas extremidades, com extremidades proximais simples ou alargadas; extremidades distais curvadas para o lado secundário, que é mais largo, com uma ou duas fileiras longitudinais de aréolas a mais do que o lado primário. Internamente, rafe com extremidades proximais simples, extremidades distais terminam em helictoglossa. Estrias paralelas, passando a convergentes nos ápices, 50-62 em 10 μm ; aréolas 35-40 em 10 μm . O lado

O material tipo desta espécie é procedente de região subtropical (África do Sul), com 13-20 μm de comprimento, 3,4-3,8 μm de largura e 50-55 estrias em 10 μm .

Material examinado: Rio do Salto: HAS108254 e HAS108255 (aerofíton).

***Nupela* sp1**

(Figs. 23-52)

Valvas lanceoladas, levemente assimétricas em relação ao eixo apical, frústula isovalvar. Comp. 9,0-27,0 μm ; larg. 2,7-4,9 μm . Ápices subrostrados a rostrados. Área central elíptica ou irregular; dois espaços interestria alargados separam uma estria mais curta (raramente duas ou três) das demais, o que pode ser observado ao MO como duas linhas hialinas no lado secundário da valva. Área axial progressivamente mais larga em direção ao centro da valva; o externo se eleva acima do nível das estrias. Externamente, rafe reta com extremidades proximais alargadas, levemente fletidas para o lado secundário da valva; extremidades distais curvadas para o mesmo lado. Internamente, rafe com extremidades proximais em forma de gancho, curvadas para o lado secundário da valva, distais terminam em helictoglossa. Estrias paralelas, levemente radiadas no centro da valva (lado secundário) passando a convergentes nos ápices, 45-60 em 10 μm ; aréolas 40-50 em 10 μm . A superfície valvar é ornamentada com depressões circulares ou elípticas na extremidade das estrias ao longo da área axial e eventualmente na junção face-manto. Descontinuidade de Voigt conspícua em alguns indivíduos.

Comentários: quando observada ao MO, o contorno valvar de *Nupela* sp1 assemelha-se ao de *N. exotica* Monnier *et al.* As duas espécies podem ser diferenciadas pelas valvas levemente arqueadas e pelo maior espaço interestria presente na área central presente em *Nupela* sp1. Em relação à ultraestrutura, as depressões circulares ao longo da área axial de *Nupela* sp1 não estão presentes em *N. exotica*. *N. shoemana* Lange-Bertalot também possui valvas lanceoladas e assimétricas em relação ao eixo apical, porém com ápices capitados, área central reduzida e simétrica e sem as depressões na área axial. O conjunto de características presentes em *Nupela* sp1 não foi observado na literatura consultada.

Material examinado: Rio do Salto: HAS 108249 (metafíton), HAS 108253 (aerofíton), HAS 108265, HAS108267 e HAS108274 (epifíton), HAS 108268 (aerofíton), HAS108278 (metafíton junto com *Batrachospermum*).

***Nupela* sp2**

(Figs. 53-89)

Valvas lanceoladas a linear-elípticas, frústula heterovalvar. A rafe é ausente ou vestigial em uma das valvas. Valva sem rafe côncava com crista silicosa na junção face-manto. Comp. 8,4-20,6 μm ; larg. 2,7-4,3 μm . Ápices arredondados. Nódulos polares nítidos ao MO. Área central assimétrica, com fascia no lado secundário da valva e ausente ou retangular no lado primário. Área axial progressivamente mais larga em direção ao centro. Externamente, rafe com extremidades proximais alargadas, levemente curvadas para o lado secundário da valva; extremidades distais curvadas em forma de foice para o mesmo lado. Internamente, sulco da rafe com extremidades proximais levemente curvadas para o lado secundário da valva. Interestrias elevadas, estrias levemente radiadas passando a convergentes nos ápices, 40-55 em 10 μm ; aréolas 50-65 em 10 μm . Descontinuidade de Voigt conspícua em alguns indivíduos.

Comentários: *Nupela* sp2 assemelha-se morfológica e metricamente à *Nupela frezelli* Potapova, porém o número de estrias é maior na primeira. A área axial é mais expandida no centro e fortemente rômica ou lanceolada em *N. frezelli*, enquanto que em *Nupela* sp2 ela é predominantemente reta e levemente expandida. Espécimes com contorno valvar semelhante, porém mais largas (5,5-6 μm) e aparentemente sem fascia foram encontrados no Rio Negro, Amazonas e identificados por Wetzel (2011) como *Nupela* sp. nov.1. Outras espécies com contorno valvar semelhante são *N. vitiosa* (Schimanski) Siver & Hamilton e *N. fennica* (Hustedt) Lange-Bertalot, podendo ser diferenciadas de *Nupela* sp2 pelo formato da área central.

Material examinado: Rio do Salto: HAS 108248, HAS108252 e HAS 108252 (metafíton), HAS 108253 e HAS 108254 (aerofíton), HAS 108260 (metafíton junto com *Utricularia*), HAS 108261 (metafíton junto com Chlorophyta filamentosa), HAS108265 (epifíton), HAS108278 (metafíton junto com *Batrachospermum*), HAS108875 (metafíton junto com Briófitas na margem); Rio Vermelho: HAS108889 (epilíton).

***Nupela* sp3**

(Figs. 90-115)

Valvas rômbo-lanceoladas, levemente assimétricas em relação ao eixo apical, frústula isovalvar. Comp. 15,3-24,7 μm ; larg. 3,3-4,6 μm . Ápices capitados. Nódulo central circular, hialino e nítido ao MO. Área central rômboica ou irregular; dois espaços interestria alargados separam uma estria das demais, o que pode ser observado como duas linhas hialinas ao MO no lado secundário da valva, como ocorre em *Nupela* sp1. Área axial progressivamente mais larga em direção ao centro da valva. Externamente, rafe reta a ligeiramente arqueada nas extremidades, com extremidades proximais alargadas em forma de gota; extremidades distais curvadas para o lado secundário. Internamente, rafe com extremidades proximais em forma de gancho, extremidades distais terminam em helictoglossa. Estrias paralelas, passando a convergentes nos ápices, inconspícuas ao MO, 43-51 em 10 μm ; aréolas obovadas, alongadas transapicalmente, 35-40 em 10 μm .

Comentários: *Nupela* sp3 assemelha-se à *Nupela marvanii* Wojtal, porém é mais marcadamente assimétrica e com contorno romboidal, além de menores medidas de comprimento e largura. *Nupela marvanii* também possui os ápices mais fortemente capitados.

Material examinado: Rio do Salto: HAS108278 (metafíton junto com *Batrachospermum*)

DISCUSSÃO

A investigação dos detalhes ultraestruturais presentes nas espécies apresentadas neste estudo reforçam a confiabilidade de alguns caracteres na circunscrição do gênero *Nupela*, quais sejam: 1) as aréolas apresentam abertura externa maior que a interna; 2) porção terminal da rafe fletida para o lado secundário da valva; 3) presença de hímens externos nas aréolas; 4) leve assimetria em relação ao eixo apical. Porém, foi observado em *Nupela* sp1 e em *Nupela* sp2 a presença de duas fileiras de aréolas no manto. Até o

momento, a presença de uma única fileira de aréolas no manto vem sendo considerada como constante nas espécies do gênero.

A elevada abundância relativa do gênero (Canani, dados não publicados) nas amostras utilizadas neste estudo confirma a preferência de *Nupela* por ambientes não-impactados, com águas ácidas, oligotróficas, ricas em compostos húmicos e frequentemente associada à briófitas, como observado por Wojtal (2009). *Nupela thurstonensis* (Kaczmarska) Kulikovskiy *et al.*, *N. subinvicta* (Krasske) Lange-Bertalot, *N. pallavicinii* (Krasske) Lange-Bertalot, *N. chilensis* (Krasske) Lange-Bertalot, *N. butterfassiana* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot foram encontradas em ambientes aerófilos, assim como as espécies desse estudo (exceto *Nupela* sp6), demonstrando ser comum a colonização desse tipo de substrato por *Nupela*. A tolerância à limitação de luz (Rushforth *et al.* 1984, Potapova *et al.* 2003, Wojtal 2009) também parece ser uma característica usual no gênero (p. ex. *N. thurstonensis*, *N. neglecta* Potapova & Clason), pois todas as espécies apresentadas nesse estudo foram encontradas (não exclusivamente) em locais fortemente sombreados.

N. shoemanaiana é registrada pela primeira vez no estado de Minas Gerais. Três espécies não puderam ser identificadas de acordo com a literatura consultada, sendo provavelmente novas para a ciência. Com elas, chega a 19 o número de espécies de *Nupela* que estão representadas em território brasileiro. Seis espécies não registradas no Brasil até o momento foram encontradas em outros países da América do Sul (Chile, Venezuela, Guyana, Colômbia e Bolívia), o que significa que quase a metade das espécies descritas até o momento (53) está presente no continente sulamericano. Como apontado por Wojtal (2009), a elevada riqueza do gênero nos neotrópicos provavelmente se deve a identificações mais precisas, além do crescente número de estudos realizados na região após a proposição do gênero. De qualquer forma, trata-se de um importante centro de diversidade de *Nupela*.

Em *Nupela*, a determinação acurada em nível específico (Potapova *et al.* 2003, Siver *et al.* 2007) ou mesmo em nível genérico (Morales & Le 2005) não é uma tarefa simples, devido à natureza diminuta das valvas. Em muitas espécies as estrias são inconspícuas quando observadas em M.O. convencionais e as medidas, contorno valvar, forma dos ápices e características da área central frequentemente se sobrepõe em diferentes espécies. Além disso, muitas delas apresentam variações dessas características (p. ex. forma dos ápices) ao longo do ciclo de vida, aumentando a confusão. Portanto torna-se fundamental a observação de detalhes ultraestruturais

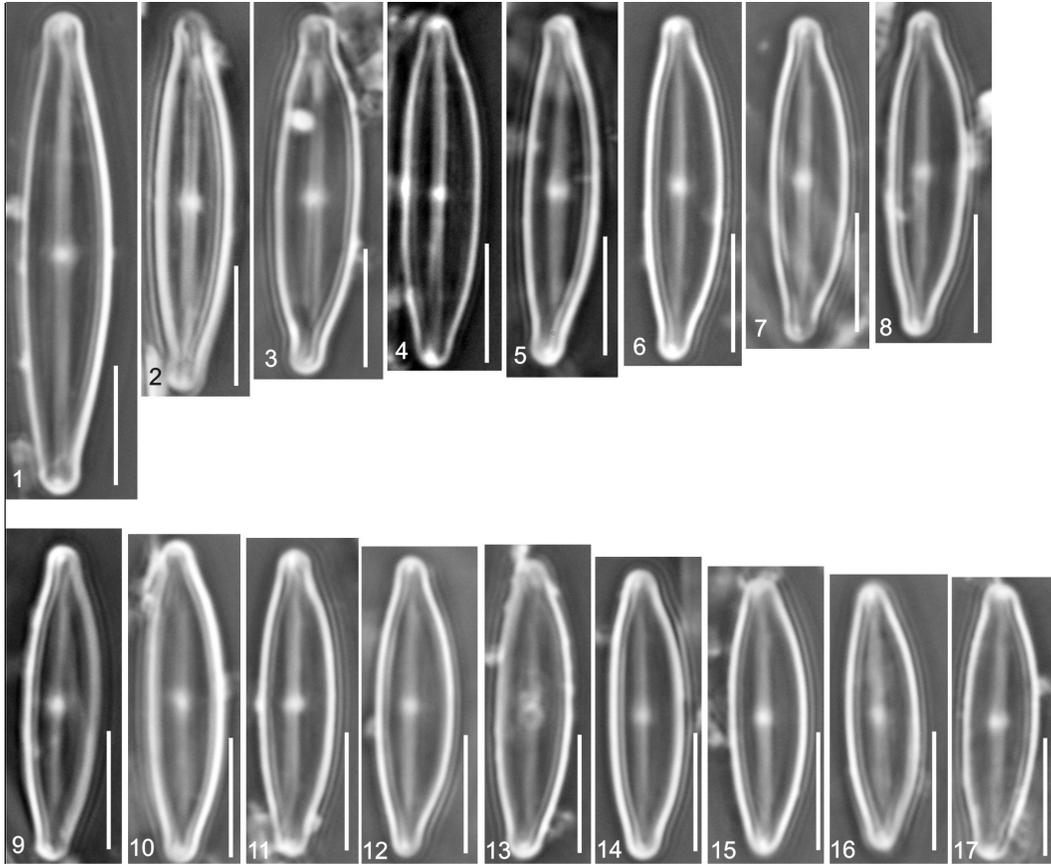
(detalhes da condição heterovalvar, quando presente, da área central, forma e padrão das aréolas e dos hímens, aspecto da extremidade proximal do sulco interno da rafe) para a identificação precisa dos táxons de *Nupela*. Entre as 16 espécies registradas no Brasil, oito não foram ilustradas por se tratarem estudos de cunho ecológico ou listas florísticas, cinco foram registradas somente em M.O. e apenas três foram ilustradas com imagens de MEV (tabela 1). Através da observação de detalhes ultraestruturais dos espécimes, este estudo confirma a ocorrência de *N. shoemana* em território brasileiro. Da mesma forma, é necessária a observação da ultraestrutura das outras espécies citadas para o Brasil para confirmação (ou não) de suas identidades taxonômicas, gerando informações confiáveis sobre a distribuição geográfica do gênero no país. Uma vez identificadas corretamente em uma área ou ambiente, estudos subsequentes nesses mesmos locais podem prescindir do uso do MEV. No caso de estudos em áreas/ambientes onde a diatomoflora é desconhecida, e a microscopia eletrônica não for uma opção por qualquer motivo, é recomendável que a identificação não seja feita em nível específico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

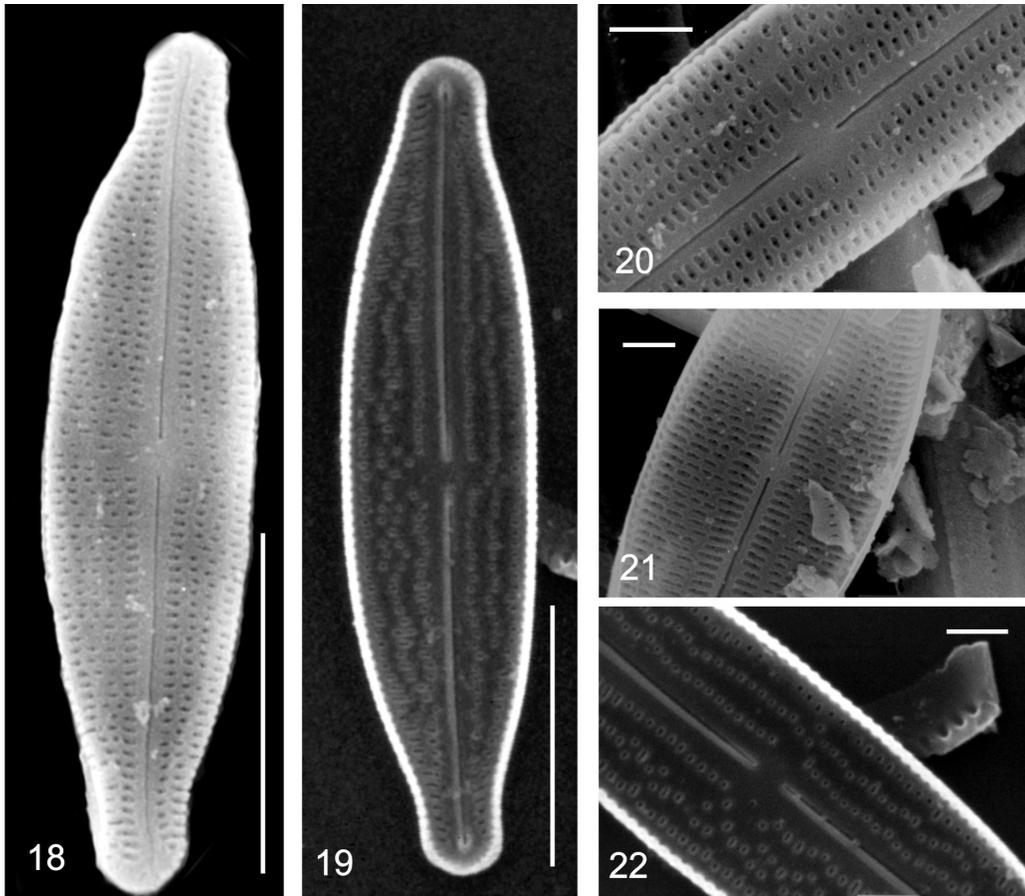
- Bahls L.L. 2011. *Nupela potapovae* sp. nov. (Bacillariophyta), a lentic alpine species from North America. *Diatom Research* 26: 167–174.
- Bere, T. & Tundisi, J.G. 2011. Influence of ionic strength and conductivity on benthic diatom communities in a tropical river (Monjolinho), São Carlos-SP, Brazil. *Hydrobiologia* 661: 261-276.
- Bes, D., Ector, L., Torgan, L.C. & Lobo, E.A. 2012. Composition of the epilithic diatom flora from a subtropical river, Southern Brazil. *Iheringia. Série Botânica* 67: 93-126.
- Canani L.G.C., Menezes M. & Torgan L.C. 2011. Diatomáceas epilíticas de águas oligotróficas e ácidas do Sudeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 25: 130–140.
- Faria, D.M., Tremarin, P.I. & Ludwig, T.A.V. 2010. Diatomáceas perifíticas da represa Itaquí, São José dos Pinhais, Paraná: Fragilariales, Eunotiales, Achnanthes e Gomphonema Ehrenberg. *Biota Neotropica* 10: 415-427.
- Lange–Bertalot, H. 1993. 85 new taxa and much more than 100 taxonomic clarifications supplementary to Süßwasserflora von Mitteleuropa. 2(1–4). *In* *Bibliotheca Diatomologica*. J. Cramer, Berlin – Stuttgart, v. 27, 454 p.

- Lange–Bertalot, H. & Genkal, S. 1999. Phytogeography - Diversity- Taxonomy. Diatoms from Siberia I. Islands in the Arctic Ocean (Yugorsky Shar Strait). *In* Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs. (H. Lange-Bertalot, ed.). A.R.G. Gantner Verlag K.G, Vaduz, v. 6, 265 p.
- Lange–Bertalot, H. & Moser, G. 1994. Brachysira. Monographie der Gattung. *In* Bibliotheca Diatomologica. J. Cramer, Berlin – Stuttgart, v. 29, 212p.
- Metzeltin, D. & Lange–Bertalot, H. 1998. Tropische Diatomeen in Südamerika I. 700 überwiegend wenig bekannte oder neue Taxa repräsentativ als Elemente der neotropischen Flora. *In* Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs. (H. Lange-Bertalot, ed.). Koeltz Scientific Books, Koenigstein, v. 5, 695p.
- Morales, E.A. & Le, M. 2005. A new species of the diatom genus *Adlafia* (Bacillariophyceae) from the United States. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 154: 149–154.
- Moreira-Filho H. & Valente-Moreira I.M. 1981. Avaliação taxonômica e ecológica das diatomáceas (Bacillariophyceae) epífitas em algas pluricelulares obtidas nos litorais dos estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo. *Boletim do Museu Botânico Municipal* 47: 1–17.
- Moresco, C., Tremarin, P.I., Ludwig, T.A.V & Rodrigues, L. 2011. Diatomáceas perifíticas abundantes em três córregos com diferentes ações antrópicas em Maringá, PR, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 34: 359-373.
- Potapova, M. 2011. New species and combinations in the genus *Nupela* from the USA. *Diatom Research* 26: 73–87.
- Potapova, M., Ponader, K.C., Lowe, R. L., Clason T.A., & Bahls L.L. 2003. Small-celled *Nupela* species from North America. *Diatom Research* 18: 293–306.
- Rumrich, U., Lange–Bertalot, H. & Ruppel, M. 2000. Diatoms of the Andes, from Venezuela to Patagonia/Tierra del Fuego. *In* Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs. (H. Lange-Bertalot, ed.). A.R.G. Gantner Verlag K.G., Ruggell, v. 9, 649 p.
- Rushforth, S.R., Kaczmarska, I. & Johansen, J.R. 1984. The subaerial diatom flora of Thurston Lava Tube, Hawaii. *Bacillaria* 7: 135–157.

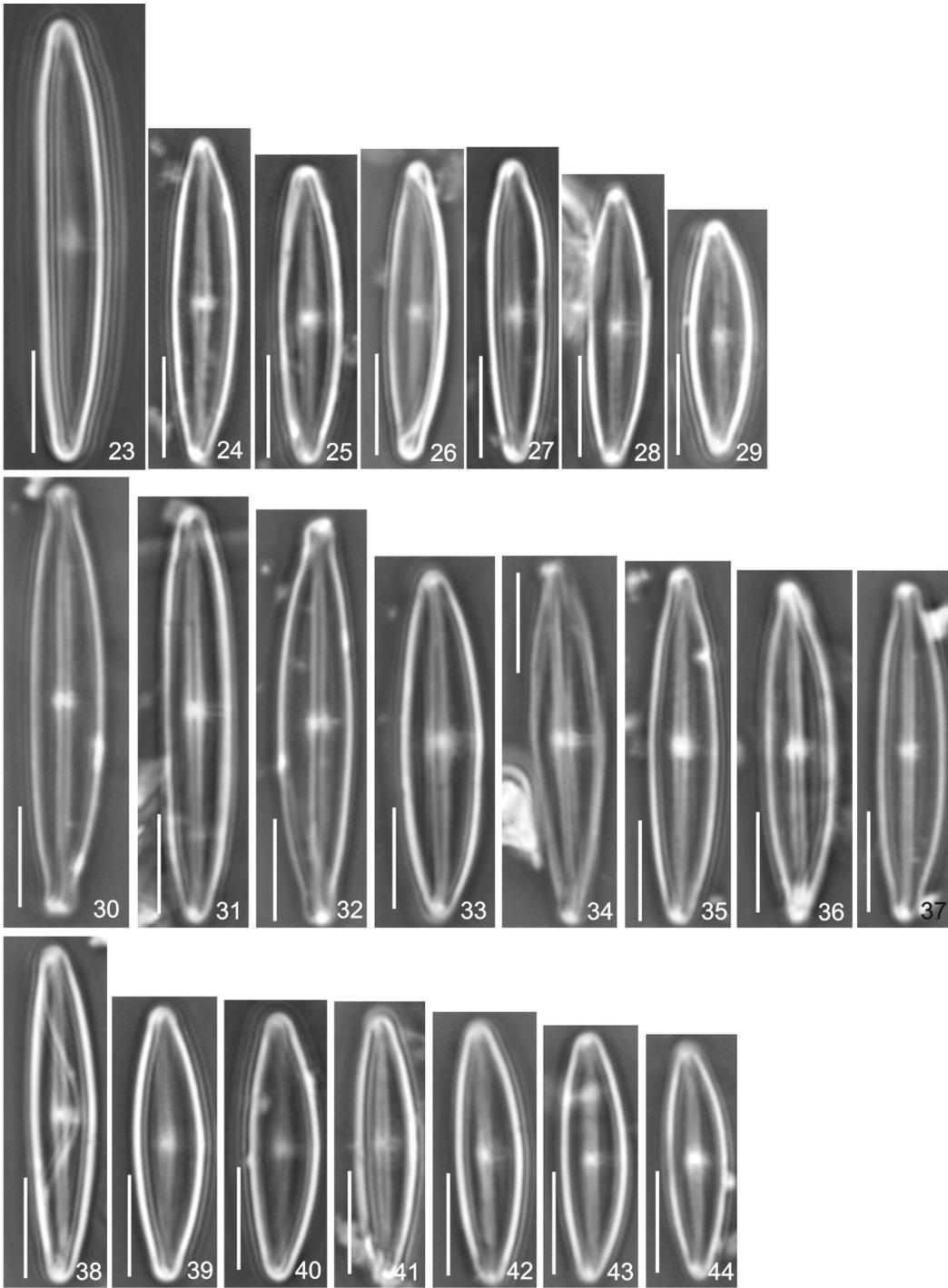
- Salomoni, S.E., Rocha, O., Hermany, G. & Lobo, E.A. 2011. Application of water quality biological indices using diatoms as bioindicators in the Gravataí river, RS, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 71: 949-959.
- Schneck, F., Torgan, L.C & Schwarzbald, A. 2008. Diatomáceas epilíticas em riacho de altitude no Sul do Brasil. *Rodriguésia* 59: 325-338.
- Silva, W. J., Nogueira, I. S. & Souza, M.G.M.. 2011. Catálogo de diatomáceas da região Centro-Oeste brasileira. *Iheringia. Série Botânica* 67: 61-86.
- Simonsen R. 1974. The diatom plankton of the Indian Ocean Expedition of RV "Meteor", 1964-1965. "Meteor" Forschungsergebnisse. Reihe D. *Biologie* 19: 1-66.
- Siver, P.A. & Hamilton, P.B. 2005. Observations on new and rare species of freshwater diatoms from Cape Cod, Massachusetts, USA. *Canadian Journal of Botany* 83: 362-378.
- Siver, P.A., Hamilton, P.B. & Morales E.A. 2007. Notes on the genus *Nupela* (Bacillariophyceae) including the description of a new species, *Nupela scissura* sp. nov. and the expanded description of *Nupela paludigena*. *Phycological Research* 55: 125-134.
- Tremarin, P.I., Freire, E.G., Bertolli, L.M. & Ludwig, T.A.V. 2009. Catálogo das diatomáceas (Ochrophyta-Diatomeae) continentais do estado do Paraná. *Iheringia. Série Botânica* 64: 79-107.
- Vyverman, W. & Compère, P. 1991. *Nupela giluwensis* gen. & spec. nov. A new genus of naviculoid diatoms. *Diatom Research* 6: 175-179.
- Wetzel, C.E. 2011. Biodiversidade e distribuição de diatomáceas (*Ochrophyta, Bacillariophyceae*) na bacia hidrográfica do Rio Negro, Amazonas, Brasil. 1876 f. Tese de doutorado, Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo.
- Wojtal, A.Z. 2009. *Nupela marvanii* sp. nov., and *N. lapidosa* (Krasske) Lange-Bertalot in Poland with notes on the distribution and ecology of the genus *Nupela* (Bacillariophyta). *Fottea* 9: 233-242.
<http://fottea.czechphycology.cz/supplementary/F09-2-2009-08s.pdf>



Figs. 1-17. *Nupela shoemaniae* (HAS 108278). Vista geral em MO. Barras = 5 μ m.

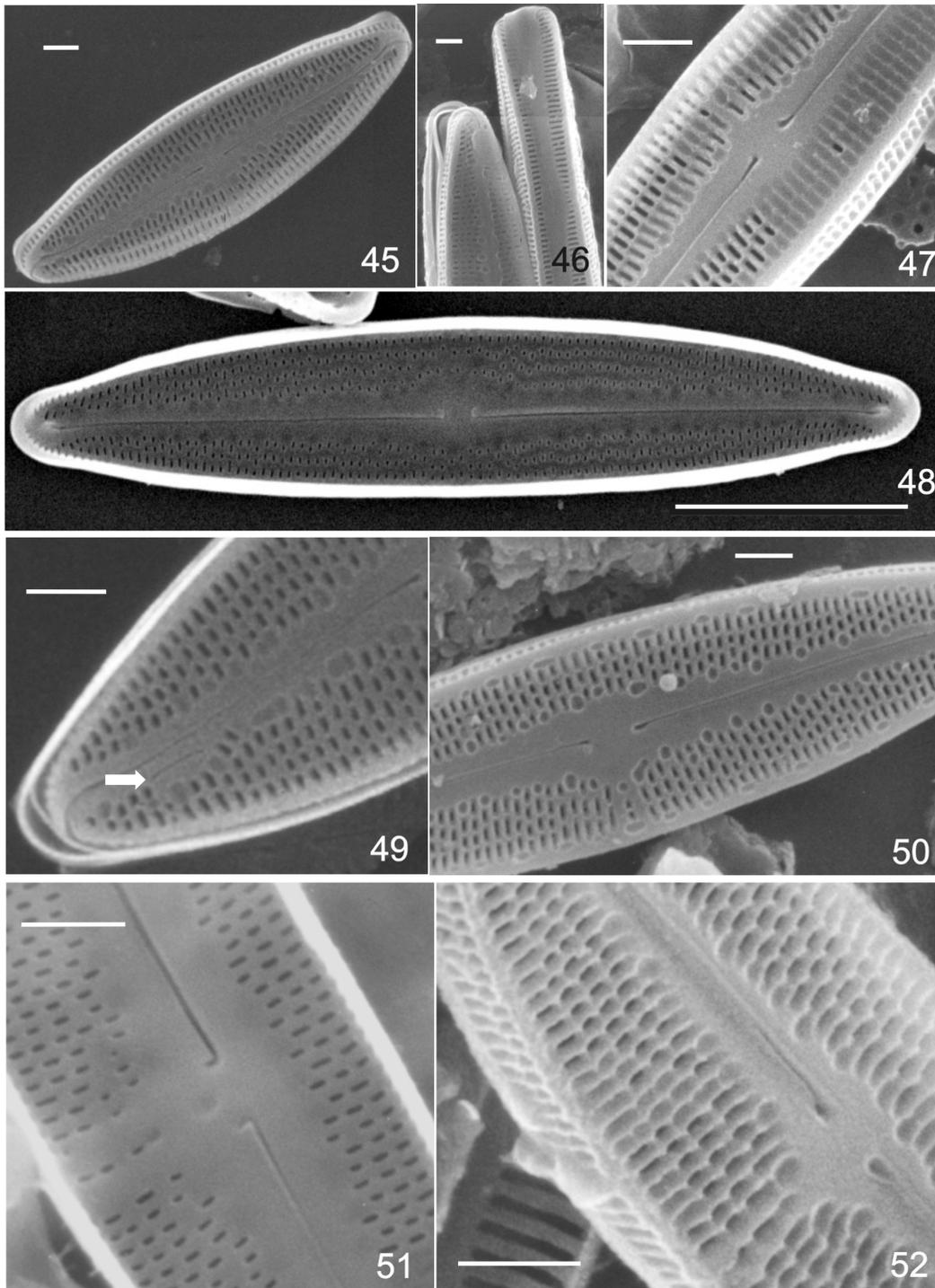


Figs. 18-22. *Nupela shoemaniana*. **Fig. 18.** Vista externa da valva. **Fig. 19.** Vista interna da valva. **Figs. 20, 21.** Vista externa da valva, detalhe da área central. **Fig. 22.** Vista interna da valva, detalhe da área central. Barras = 5 μm (Figs. 18, 19), 1 μm (Figs. 20-22).

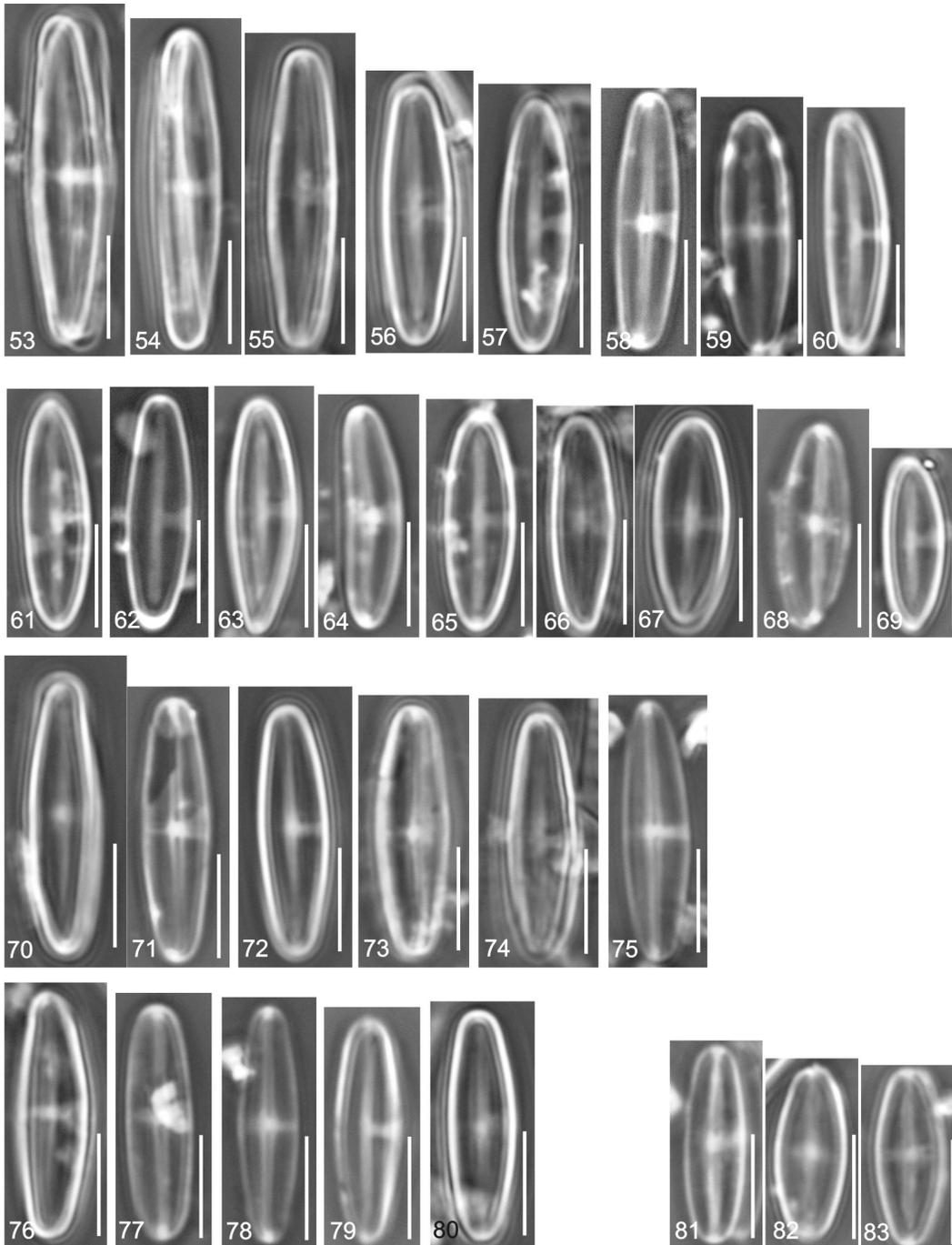


Figs. 23-44. *Nupela* sp1. Vista geral em MO. **Figs. 23-29.**(HAS 108879). **Figs. 30-44.** (HAS 108889).

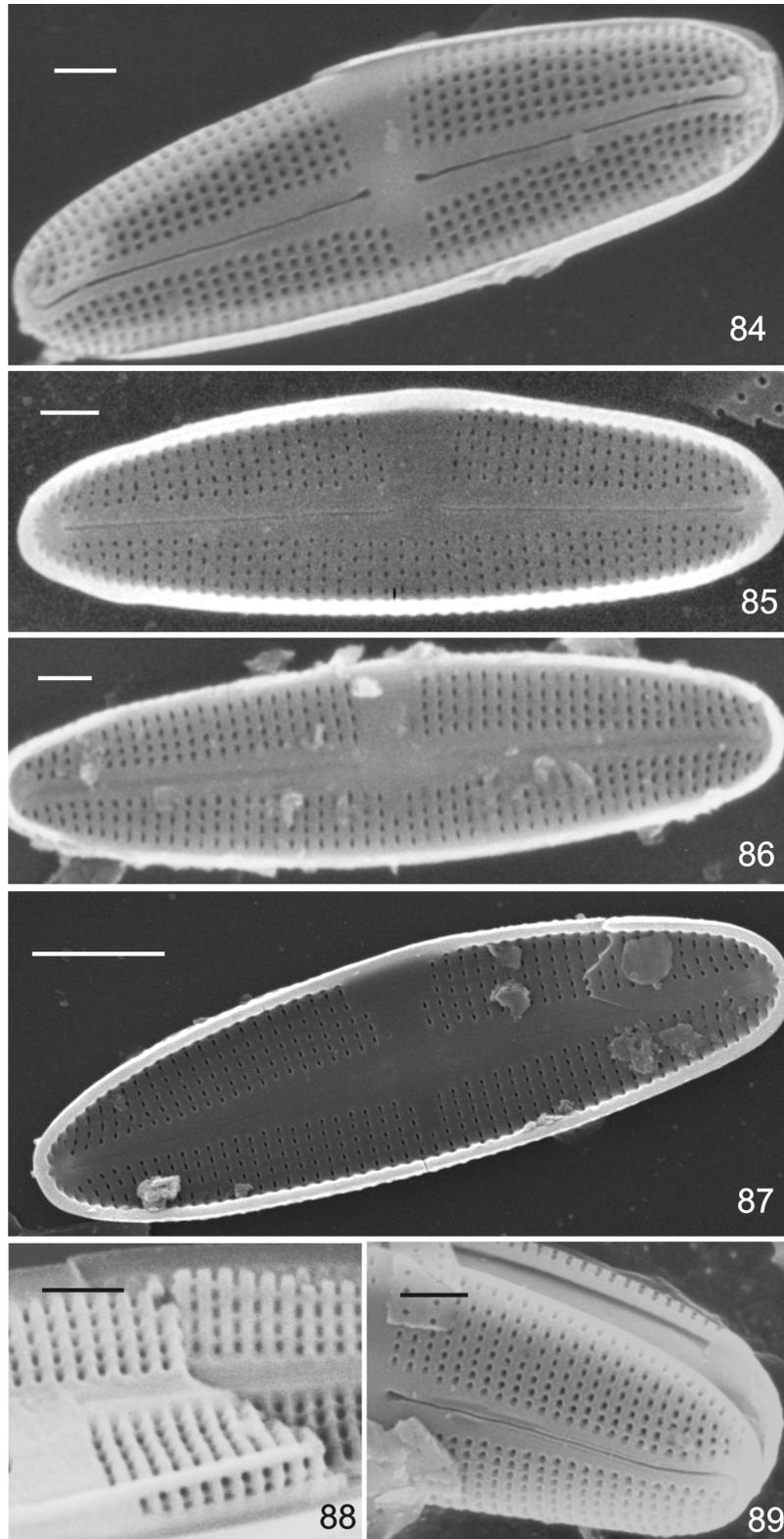
Barras = 5 μ m.



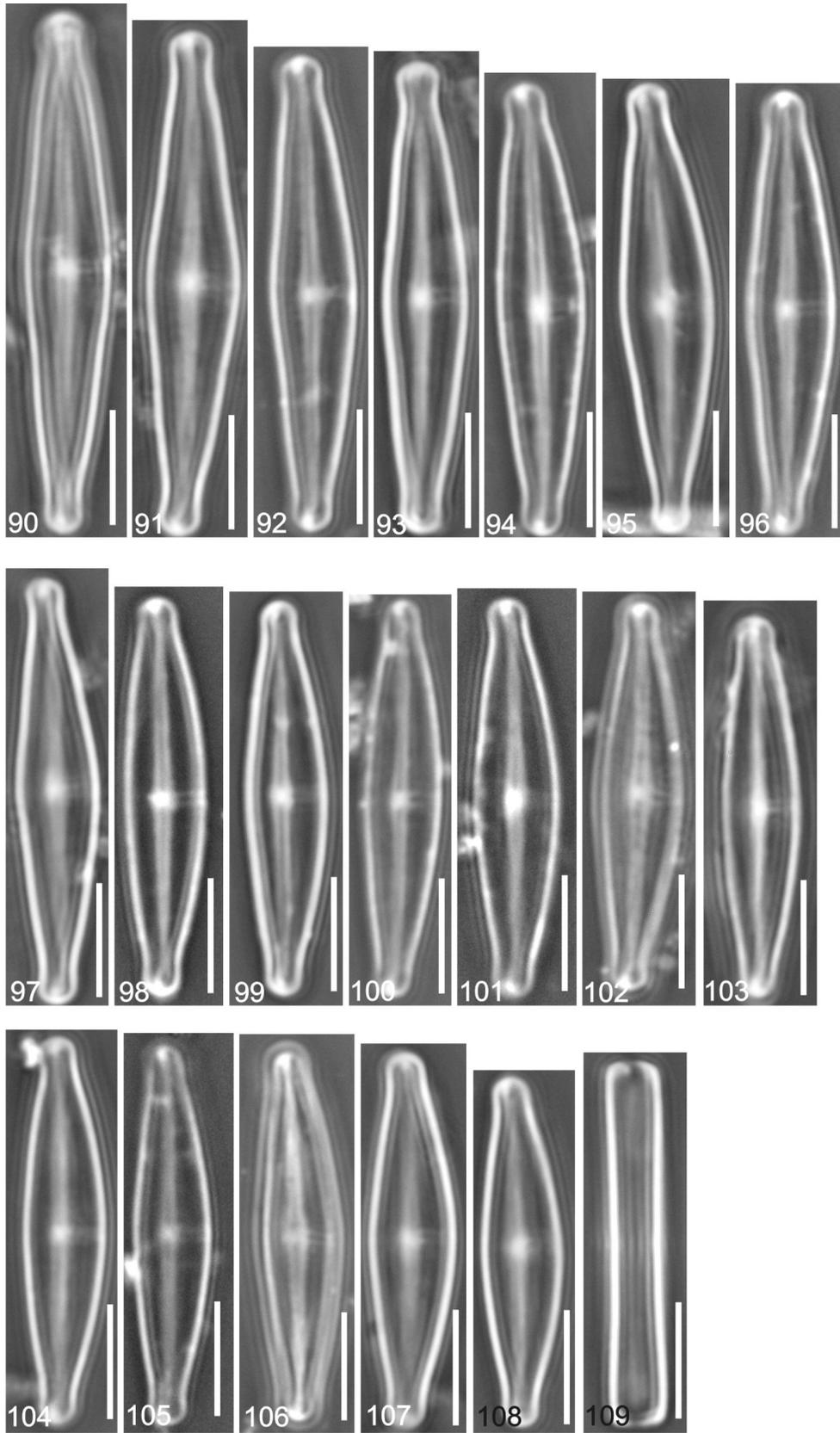
Figs. 45-52. *Nupela* sp1. **Fig. 45.** Vista externa da valva. **Fig. 46.** Valvas em vista valvar e conectival. **Fig. 47.** Detalhe de valva com os *hienes* parcialmente removidos. **Fig. 48.** Vista interna da valva **Fig. 49.** Extremidade valvar destacando rafe anormal (seta). **Fig. 50.** Vista externa destacando as depressões na superfície valvar ao longo da área axial e ao longo das bordas. **Fig. 51.** Vista interna da valva destacando as extremidades proximais da rafe em forma de gancho. **Fig. 52** Detalhe mostrando as interestrias elevadas e duas fileiras de aréolas no manto. Barras = 5 μm (Fig. 47), 1 μm (Figs. 45, 46, 48-52).



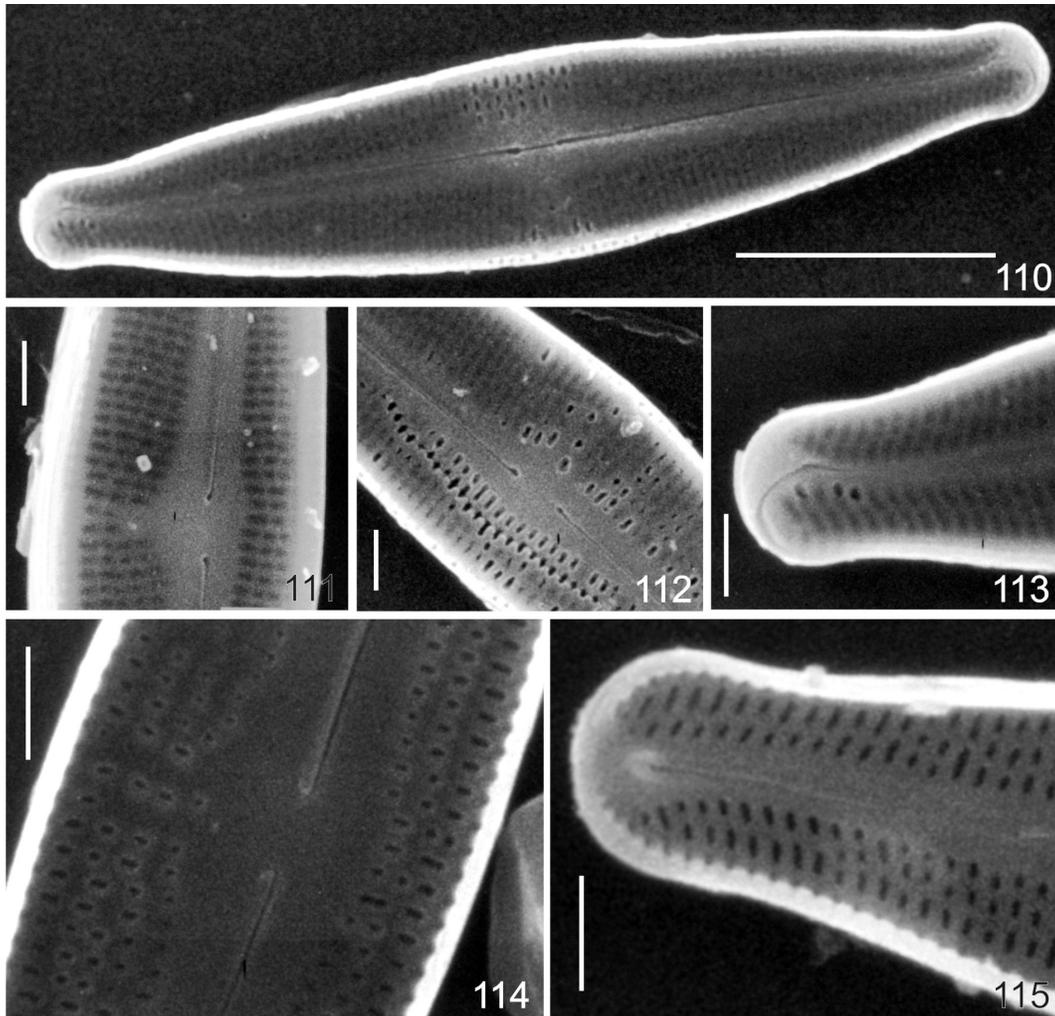
Figs. 53-83. *Nupela* sp2. Vista geral em MO. **Figs. 53-69** (HAS 108278). **Figs. 70-80** (HAS 108889). **Figs. 81-83** (HAS 108248). Barras = 5 μ m.



Figs. 84-89. *Nupela* sp2. **Fig. 84.** Vista externa da valva com rafe. **Fig. 85.** Vista interna da valva com rafe. **Fig. 86.** Vista externa da valva sem rafe. **Fig. 87.** Vista interna da valva sem rafe. **Fig. 88.** Vista externa da valva sem rafe, com destaque para a crista na junção da face valvar com o manto e duas fileiras de aréolas no manto. **Fig. 89.** Vista externa da valva com rafe com uma fileira de aréolas no manto a sem a crista na borda. Barras = 5 μ m (Fig. 87), 1 μ m (Figs. 84-86, 88, 89).



Figs. 90-109. *Nupela* sp3. Vista geral em MO. (HAS 108278). Barras: 5 = μm .



Figs. 110-115. *Nupela* sp3. **Fig. 110.** Vista externa da valva. **Fig. 111.** Vista externa da valva, detalhe da área central e aréolas cobertas pelos *hímenes*. **Fig. 112.** Vista externa da valva, detalhe da área central com os *hímenes* parcialmente removidos. **Fig. 113.** Vista externa da valva, detalhe do ápice. **Fig. 114** Vista interna da valva, detalhe da área central com extremidades proximais da rafe em forma de gancho. **Fig. 115.** Vista interna da valva, detalhe do ápice com helictoglossa. Barras = 5 µm (Figs. 110), 1 µm (Figs. 111-115).

Tabela 1. Situação dos registros iconográficos de *Nupela* nos estudos realizados com amostras coletadas no Brasil.

Espécie	Estado	Referência	Ilustrações
<i>Nupela astartiella</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	SP GO	Metzeltin & Lange-Bertalot (1998) Silva <i>et al.</i> (2011)	MO Não ilustrado
<i>Nupela chilensis</i> (Krasske) Lange-Bertalot	Brasil*	Krasske (1939) Lange-Bertalot & Moser (1994)	Desenho MO
<i>Nupela cymbelloidea</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	PR	Tremarin <i>et al.</i> (2009)	Não ilustrado
<i>Nupela exotica</i> Monnier, Lange-Bertalot & Bertrand	PR	Tremarin <i>et al.</i> (2009)	Não ilustrado
<i>Nupela giluwensis</i> Vyverman & Compère	MG	Canani <i>et al.</i> (2011)	MO
<i>Nupela impexiformis</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	RS	Salomoni <i>et al.</i> (2011)	Não ilustrado
<i>Nupela cf. lesothensis</i> (Schoeman) Lange-Bertalot	GO	Silva <i>et al.</i> (2011)	Não ilustrado
<i>Nupela neotropica</i> Lange-Bertalot	Brasil*	Lange-Bertalot & Moser (1994)	MO e MEV
<i>Nupela paludigena</i> (Scherer) Lange-Bertalot	SP, RS GO	Lange-Bertalot & Moser (1994) Silva <i>et al.</i> (2011)	MO Não ilustrado
<i>Nupela pardinhoensis</i>	RS	Bes <i>et al.</i> (2012)	MO e MEV
<i>Nupela praecipua</i> (Reichardt) Reichardt	RS PR SP PR MG	Schneck <i>et al.</i> (2007) Tremarin <i>et al.</i> (2009) Bere & Tundisi (2010) Moresco <i>et al.</i> (2011) este estudo	MO Não ilustrado MO MO e MEV MO e MEV
<i>Nupela schoemania</i> Lange-Bertalot	PR MG	Tremarin <i>et al.</i> (2009) este estudo	Não ilustrado MO e MEV
<i>Nupela subpallavicinii</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	GO	Silva <i>et al.</i> (2011)	Não ilustrado
<i>Nupela subinvicta</i> (Krasske) Lange-Bertalot	PR	Tremarin <i>et al.</i> (2009)	Não ilustrado
<i>Nupela tristis</i> (Krasske) Lange-Bertalot	GO	Silva <i>et al.</i> (2011)	Não ilustrado
<i>Nupela wellneri</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	PR	Faria <i>et al.</i> (2010)	MO
<i>Nupela</i> sp1	MG	este estudo	MO e MEV
<i>Nupela</i> sp2	MG	este estudo	MO e MEV
<i>Nupela</i> sp3	MG	este estudo	MO e MEV

* não foi mencionada a localidade

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da composição florística de diatomáceas perifíticas nos cursos d'água do Parque Estadual de Ibitipoca (PEI), Minas Gerais, Brasil, revelou a presença de 18 espécies, duas variedades taxonômicas e três prováveis novas espécies de diatomáceas, as quais estão distribuídas nas famílias Fragilariaceae Round, Eunotiaceae Kützing, Cymbellaceae Greville, Amphipleuraceae Grunow, Brachysiraceae D.G. Mann, Naviculaceae Kützing, Pinnulariaceae D.G. Mann e Sellaphoraceae Mereschkowsky.

A família mais representativa em número de táxons foi Eunotiaceae, destacando-se o gênero *Eunotia* Ehrenberg, pela maior riqueza e presença de duas espécies novas para a Ciência. Espécies de *Eunotia* que apresentam heteropolaridade se assemelham àquelas espécies de *Actinella* pertencentes ao subgênero *Cultria* e até o momento um conjunto confiável de caracteres que separe esses dois grupos não está estabelecido.

A presença de cinco espécies de *Nupela*, sendo três delas possivelmente novas para a Ciência sugere que o gênero apresenta elevada riqueza no ambiente estudado e que o Brasil é um importante centro de diversidade do gênero. Também se constatou a necessidade da utilização de microscopia eletrônica de varredura para a identificação acurada das espécies de *Nupela*, recomendando-se uma revisão das identificações feitas até o momento baseadas apenas em microscopia óptica.

Os rios do Salto e rio Vermelho, cursos de água objetos desse estudo, demonstraram apresentar condições oligotróficas devido à baixa concentração de nutrientes (ortofosfato $< 10,9 \mu\text{g.L}^{-1}$), baixa condutividade e ácidas, com valores de pH abaixo de 5,5.

A flora de diatomáceas do Parque Estadual do Ibitipoca assemelha-se em termos de composição à flora de diatomáceas de outros ambientes de águas pretas (ricas em ácidos húmicos, com baixo pH e condutividade).

O conhecimento sobre a flora de diatomáceas bentônica de águas oligotróficas e ácidas no Brasil é fundamental, tendo em vista a raridade destes tipos de ambientes no

país. Além disso, as comunidades presentes em ambientes preservados podem servir de referência para futuros estudos de espécies indicadoras de qualidade de água. A continuidade do estudo sobre a flora de diatomáceas no Parque Estadual de Ibitipoca, abrangendo diferentes microhabitats (água, rocha, sedimento e macrófitas) faz-se necessário por se tratar de importante *hotspot* de Mata Atlântica e ser considerada área de preservação prioritária no estado de Minas Gerais.