

PRYSCILLA DENISE ALMEIDA DA SILVA

**TAXONOMIA E ECOLOGIA DE DIATOMÁCEAS ARRAFÍDEAS
(FRAGILARIALES, BACILLARIOPHYTA) NO ESTADO DE SÃO PAULO,
BRASIL**

Tese apresentada ao Instituto de Botânica da
Secretaria do Meio Ambiente, como parte
dos requisitos exigidos para a obtenção do
título de DOUTOR em BIODIVERSIDADE
VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área
de Concentração de Plantas Avasculares e
Fungos em Análises Ambientais.

São Paulo

2017

PRYSCILLA DENISE ALMEIDA DA SILVA

**TAXONOMIA E ECOLOGIA DE DIATOMÁCEAS ARRAFÍDEAS
(FRAGILARIALES, BACILLARIOPHYTA) NO ESTADO DE SÃO PAULO,
BRASIL**

Tese apresentada ao Instituto de Botânica da
Secretaria do Meio Ambiente, como parte
dos requisitos exigidos para a obtenção do
título de DOUTOR em BIODIVERSIDADE
VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área
de Concentração de Plantas Avasculares e
Fungos em Análises Ambientais.

São Paulo

2017

PRYSCILLA DENISE ALMEIDA DA SILVA

**TAXONOMIA E ECOLOGIA DE DIATOMÁCEAS ARRAFÍDEAS
(FRAGILARIALES, BACILLARIOPHYTA) NO ESTADO DE SÃO PAULO,
BRASIL**

Tese apresentada ao Instituto de Botânica da
Secretaria do Meio Ambiente, como parte
dos requisitos exigidos para a obtenção do
título de DOUTOR em BIODIVERSIDADE
VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área
de Concentração de Plantas Avasculares e
Fungos em Análises Ambientais.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. DENISE DE CAMPOS BICUDO

Co-orientador: Dr^o. EDUARDO ANTONIO MORALES

Ficha Catalográfica elaborada pelo NÚCLEO DE BIBLIOTECA E MEMÓRIA

Silva, Priscilla Denise Almeida da
S586t Taxonomia e ecologia de diatomáceas arrafideas (Fragilariales, Bacillariophyta)
no Estado de São Paulo, Brasil / Priscilla Denise Almeida da Silva -- São Paulo,
2017.
323p. il.

Tese (Doutorado) -- Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio
Ambiente, 2017
Bibliografia.

1. Biodiversidade. 2. Preferência ecológica. 3. Reservatórios. I. Título

CDU: 582.26

Dedico essa tese
aos meus pais Odete e Chico que com
amor me abriram todas as portas da vida
ao meu companheiro Aluísio Jr.
meu amor é teu, mas dou-te mais uma vez
to my mentor Eduardo A. Morales
who taught me the mysteries of science
Aos croods que me ensinam a viver
Cada um, à sua maneira, me guiou nessa missão

*“Você é um tipo que não tem tipo
Com todo tipo você se parece
E sendo um tipo que assimila tanto tipo
Passou a ser um tipo que ninguém esquece
(Tipo zero, não tem tipo)
Quando você penetra no salão
E se mistura com a multidão
Esse seu tipo é logo observado
E admirado todo mundo fica
E o seu tipo não se classifica
E você passa a ser um tipo desclassificado”
(Samba do tipo zero – Noel Rosa)*

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Dr^a Denise de Campos Bicudo que me recebeu de braços abertos e coração sincero desde o mestrado. Foram sete inesquecíveis anos de um intenso e franco aprendizado. Obrigada pelas oportunidades, sabedoria, confiança e inspiração. Foi com extrema delicadeza, inesgotável paciência e generosa inteligência que conduziste minha formação acadêmica. Obrigada por cada momento de convivência que tivemos.

Ao meu co-orientador Dr. Eduardo Antonio Morales por me ensinar entusiasticamente sobre diatomáceas, por me aceitar como aprendiz, estimular e confiar em mim, mesmo quando eu nem confiava, direcionando esse trabalho com as mãos pesadas de um gigante gentil. Obrigada pela amizade que construímos e nos ilumina.

Ao Dr. Carlos E. de M. Bicudo pela extraordinária coordenação dos projetos temáticos Biota (Fapesp nº: 1998/04955-3) e AcquaSed (Fapesp nº: 2009/53898-9) que me permitiram desenvolver essa tese. Por dividir sua experiência, conhecimento e sabedoria tão gentilmente e tornar os dias mais felizes com seu sorriso todas as manhãs, serei sempre grata.

Ao meu co-orientador de Doutorado Sanduiche no Exterior, Prof. Luc Ector, por me receber como aluna, pelas inúmeras ideias de trabalho, críticas positivas que engradeceram esse trabalho, pela disponibilidade em discutir os dados e me ensinar os caminhos da ciência e por ter insistido que o choro deve ser proporcional ao trabalho duro. Muito obrigada.

Ao Dr. Carlos Eduardo Wetzel por possibilitar minha ida ao LIST (Luxembourg Institute of Science and Technology), pelas contribuições e dedicação em microscopia eletrônica que permitiram desenvolver este trabalho. Por ter me recebido tão bem, me proporcionando bons e alegres momentos durante meu estágio. Muito obrigada.

À Dr^a Carla Ferragut que compartilhou comigo sua paixão por limnologia, por colaborar tão intensamente na minha formação seja nas atividades de laboratório ou conduzindo meus exames de qualificação. Obrigada por tudo, foi uma honra conviver com você. Pela amizade e milhares de broncas, obrigada fofotele!

Essa pesquisa foi possível graças ao trabalho de todos do “Povo das Águas” que colaboraram na obtenção dos dados e no bom andamento dos laboratórios, pelos momentos compartilhados de fraternidade e conhecimento, agradeço a Krysna Moraes, Simone Wengrat, Simone Oliveira, Lucineide Santana, Elaine Bartozek, Samantha Faustino, Mayara Casartelli, Diego Tavares, Richard Lambrecht, Elton Lemkhul, Angela

Silva, Ana Margarita e a todos que passaram e me ensinaram muito cada um a seu jeito. Obrigada e muito sucesso a todos. Especialmente Gisele Marquardt e Thiago Santos, obrigada pela amizade sincera que nos une!

Ao Dr. Stefano Zorzal, que além de amigo é um exemplo de profissional, e graças aos seus ensinamentos muitos números se fizeram tratáveis. Agradeço às técnicas Maria Auxiliadora “Dorinha”, Amariles e Marli que tornaram meus dias e de meus colegas mais fáceis com sua inestimável presença.

À Dr^a Thelma Veiga Ludwig (UFPR) por possibilitar meu acesso irrestrito ao seu laboratório e sua biblioteca pessoal, por ter me recebido tão calorosamente durante minha visita. Agradeço por toda contribuição que dedica ao conhecimento da flora de diatomáceas do Brasil.

À Dr^a Maria Angélica Oliveira (UFSM) que dividiu comigo seu conhecimento sobre a flora de diatomáceas do Pará e cedeu o material para incluir no capítulo 2 desta tese.

Ao Prof. William de Queiróz, do Laboratório de Geoprocessamento da Universidade de Guarulhos, pelas ilustrações da área de estudo.

Esse trabalho não seria possível sem o auxílio das agências CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro via bolsa de doutoramento, concedida inicialmente. Ao CNPq pela bolsa do Programa Ciências Sem Fronteiras (207702/2014-4-SWE) e à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio financeiro através da continuação da bolsa de doutoramento (Processo nº 2014/13179-1) e pelo apoio recebido através do projeto temático AcquaSed (Processo 2009/53898-9) ao qual esta tese está vinculada.

Aos amigos de alojamento que ficam para toda uma vida, Watson Jr., Ricardo Mateus, Leila Diáz, Ana Cristina Bolaños e Talita Amador, obrigada por me ajudarem a crescer enquanto estivemos juntos. Aos amigos do botânico Danilo Gonçalves, Tiago Vieira, Marisia Espósito, Rodrigo Rodrigues, Viviana Vásquez, Carolina Brandão, Luciana Benatti e Dinorah que dividiram comigo tantos e inesquecíveis momentos.

À minha família que é meu norte mesmo longe do Norte. Agradeço pela minha maravilhosa família carioca, minhas irmãs Ana Luíza (a caçula do meu coração) e Paula (diva maior e matriarca), meu cunhado Odilanei (por dedicar seu tempo na leitura dessa tese) e minhas sobrinhas Letícia (linda da tia) e Gabriela (minha cópia fiel) por me acolherem sempre em sua casa e em seus corações, minimizando a saudade e me

enchendo de afeto. Minha irmã Patrícia (companheira de risadas) e minha sobrinha Marina (alegria da tia) por se fazerem sempre presentes apesar da distância.

Às minhas tias Iara Soares, Ione Mota e Cláudia Berredo por serem minhas incentivadoras e, que na ausência da minha mãe Odete, representam todo amor bom de se sentir e xingamento de se ouvir. Às minhas primas Juliana Marruás, Renata e Rachel Soares tornarem tudo ainda mais bonito.

À minha mãe biológica Vera Almeida e meus tios e tias Paulo, Júnior, Silvia e Berna pelos abraços e por respeitarem minhas decisões mesmo que signifique ficar sempre longe.

Aos meus amigos que me deixaram vir na esperança de voltar e nunca deixaram de se preocupar comigo, Janete Sousa, Marilu Pimentel, Carol Borges, Carlos Kleyton, Tibério Burlamarqui, Rolf Jr., Maridalva, Edgar, Flávia, Raika e Sandro e aos que agora me deixam ir sem esperança de voltar, Carlos Magno, Vinícius Vieira, Tatiana Araújo, Ana Rita e Ligia Aznes.

Ao meu melhor amigo e incentivador diário de todos os meus sonhos, meu pai-velho Francisco Berrêdo que realiza a profecia de que se não fossem pelos esforços dele isso não aconteceria. Pelos teus esforços, pelo amor que me tens e por me iniciar na vida científica. Meus olhos e meu coração ainda requerem os teus ensinamentos em todas as ocasiões.

Finalmente ao amor da minha vida Aluísio Fernandes por dividir comigo a vida e nunca me deixar desistir, pelas vezes em que nada fazia sentido, vir e me oferecer seu amor. Mesmo de longe tornava as coisas mais simples, tranquilas e serenas. Obrigada por se fazer presente e diminuir a distância que separa Minas de Belém do Pará. Cuidar de amor exige mestria e nossa história ainda tem muito para contar. Eu amo muito você.

À Nossa Senhora de Nazaré, rainha da Amazônia, mãe da terra, mãezinha que protege todos os paraenses.

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	3
1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo Geral	12
2.2. Objetivos Específicos	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Área de estudo e amostragem	13
3.2. Coleta, fixação e preservação do material	15
3.3. Preparação do material e identificação	16
3.4. Análise taxonômica	17
3.5. Análise quantitativa	18
3.6. Informações ecológicas	18
4. ORGANIZAÇÃO DA TESE	19
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
CAPÍTULO 1 - Taxonomia e aspectos ecológicos dos gêneros <i>Fragilaria</i>, <i>Synedra</i> e <i>Ulnaria</i> no Estado de São Paulo	36
Resumo	36
I. Introdução	38
II. Material e Métodos	41
1. Área de estudo	41
2. Amostragem e material analisado	41
2.1. Amostras do Projeto Biota	41
2.2. Amostras do Projeto AcquaSed	53
3. Preparação do Material e Análises Taxonômica e Ecológica	59
III. Resultados e Discussão	62
IV. Considerações finais	115
V. Referências bibliográficas	117
ANEXO 1 - Listagem dos táxons com suas respectivas autorias e códigos	128
ANEXO 2 - Ótimo ecológico e tolerância ambiental das espécies que ocorreram com abundância $\geq 1\%$ e frequência de ocorrência $\geq 10\%$	130
ANEXO 3 - Pranchas das espécies de <i>Fragilaria</i>, <i>Synedra</i> e <i>Ulnaria</i> que ocorreram Estado de São Paulo	133
CAPÍTULO 2 - <i>Rimoneis</i> (Bacillariophyta): gênero pouco conhecido em ambientes de água doce tropicais	214
Resumo	214
I. Introdução	215
II. Material e Métodos	216
1. Área de estudo	216

2. <i>Preparação das amostras e análises</i>	217
III. Resultados	218
IV. Discussão	221
V. Conclusões	223
VI. Agradecimentos	224
VII. Literatura Citada	224
CAPÍTULO 3 - New species and combinations on <i>Fragilariforma</i>	239
(Bacillariophyta) from tropical freshwater environments	
Abstract	239
1. Introduction	240
2. Material and Methods	243
3. Results and discussion	245
4. Acknowledgements	253
5. References	254
CAPÍTULO 4 - Novas espécies de diatomáceas arrafídeas penadas	272
descritas para o Estado de São Paulo	
CONSIDERAÇÕES FINAIS	323

RESUMO

Diatomáceas arrafídeas penadas constituem um grupo bem representativo no plâncton, perifiton e bentos de ambientes límnicos e, portanto, a correta identificação desse grupo é fundamental para avaliar a biodiversidade dos ecossistemas. Ainda, erros de identificação levam a erros em cascatas que têm repercussão direta em estudos acerca das condições ambientais, bem como estudos de bioindicação e biogeografia. As diatomáceas arrafídeas penadas, também conhecidas como fragilarióides, são caracterizadas pela alta variabilidade morfológica e estruturas valvares bastante simples. Suas frústulas tendem a ser lineares e pequenas e muitas de suas características são de difícil visualização em microscopia de luz. A separação e a fusão de gêneros dentro desse grupo têm sido revistas constantemente e, diante da inconstância dos caracteres utilizados, é necessária uma revisão desse grupo a partir de uma abordagem taxonômica robusta e das preferências ecológicas dos táxons. Dessa forma, objetiva-se ampliar e aprofundar o conhecimento taxonômico e ecológico das espécies e variedades dos gêneros de diatomáceas arrafídeas a partir do estudo de populações que ocorrem em ambientes dulcícolas no Estado de São Paulo. Este estudo também apresenta pioneiramente uma abordagem autoecológica das espécies para a região tropical, contribuindo para seu uso como bioindicadores de trofia. Diante da tênue separação atual entre os gêneros que ocorrem em água doce torna-se urgente a revisão das espécies mediante incorporação de novas informações ultraestruturais em microscopia eletrônica de varredura (MEV), análise de materiais-tipo e comparação entre populações de diferentes habitats e ecossistemas. Este trabalho analisou amostras coletadas no âmbito do Projeto Biota (1960-2011) e Projeto AcquaSed (2010-2014). As mesmas foram obtidas em diferentes ambientes e compartimentos (plâncton, metafiton, perifiton e sedimento superficial) de forma a abranger os habitats onde as espécies são encontradas e representativas do Estado de São Paulo. O material estudado incluiu 491 lâminas permanentes para análise taxonômica e destas, 365 lâminas de sedimento superficial para avaliação das preferências ambientais. Foram acrescentadas ainda cinco amostras da Região Norte para análise da distribuição de gêneros fragilarióides nessa área ainda pouco conhecida. Ainda, como parte dos estudos de delimitação taxonômica, materiais-tipo foram examinados para circunscrever os táxons com maior detalhamento de suas estruturas e dessa maneira, descrição de novos caracteres para a circunscrição das espécies, auxiliar na identificação de espécies relacionadas e ampliar o conhecimento da biodiversidade brasileira. O estudo das preferências

ecológicas (ótimo ecológico e tolerância ambiental) foi baseado nas populações encontradas em 30 represas, distribuídas em cinco bacias hidrográficas das regiões sul e sudeste do Estado de São Paulo. As informações limnológicas foram obtidas a partir do banco de dados do Projeto AcquaSed. Este estudo apresenta informações pioneiras sobre a preferência ecológica de 23 táxons de diatomáceas fragilarióides em ambientes tropicais, sendo onze pioneiramente reportadas a partir do conhecimento de suas preferências ecológicas em nível mundial. O gênero recém-proposto *Rimoneis* foi reportado para regiões tropicais com ocorrência nos Estados de São Paulo e Pará e duas novas espécies foram acrescentadas, duplicando o número de espécies incluídas neste gênero. A distribuição de espécies de *Fragilariforma* em ambientes tropicais foi avaliado, um novo *status* para *F. nitzschioides* var. *brasiliensis* Grunow é apresentado a partir do exame do material-tipo, bem como a descrição de uma nova espécie para a região amazônica. A partir da proposição de um novo táxon de *Staurosirella* também foi reportada pela primeira vez uma dupla fileira de espinhos sólidos de ligação para o gênero. Três novas espécies de pertencentes ao gênero *Fragilaria* foram descritas, além do exame do material-tipo de *F. rumpens* var. *fusa* Patrick encontrada em açudes do nordeste brasileiro. No conjunto, 33 táxons foram reportados, dos quais sete novos e quatro prováveis novidades. Cinco novas citações de ocorrência foram acrescentadas para o Brasil, além de outras 13 para o Estado de São Paulo. Os presentes resultados destacam a importância da avaliação de diferentes habitats, principalmente perifíton e sedimento superficial, bem como ambientes mais conservados para ampliar e aprofundar o conhecimento da biodiversidade das diatomáceas fragilarióides. Finalmente, a partir da integração de informações taxonômicas e ecológicas das espécies, este estudo contribui com bases mais consistentes para o conhecimento da biodiversidade das populações tropicais e de seu uso em estudos de conservação, bioindicação e reconstrução paleoambiental.

Palavras-chave: biodiversidade, preferência ecológica, reservatórios, ultraestrutura

ABSTRACT

Pennate araphid diatoms constitute a very representative group in plankton, periphyton and benthos of limnic environments and, therefore, the correct identification of this group is essential to evaluate the biodiversity of ecosystems. Also, misidentifications lead to a cascade of errors that have a direct impact on studies dealing with environmental conditions, as well as studies of bioindication and biogeography. Araphid diatoms, also known as fragilarioids, are characterized by a high morphological variability, but relatively simple cell wall structure. Their frustules tend to be linear and very small and many of its features are difficult to view under light microscopy. The separation and fusion of genera have been the result of a constant review of this group and, given the consideration of a growing number of characters, there is a need for another review from a taxonomic point of view, as well as from an ecological perspective. In this way, the objective of the present work was to broaden and deepen the taxonomic and ecological knowledge of species and varieties of araphid diatoms based on the study of populations that occur in freshwater environments in the State of São Paulo in Brazil. This study also pioneered an autecological approach of species for the tropical region, contributing to its use as bioindicators of eutrophication. Given the tenuous current separation between freshwater genera, it becomes urgent to revise species based on new scanning electron microscopy information (SEM), analysis of type-materials and comparison between populations of different habitats and ecosystems. This study analyzed samples collected within the Biota Project (1960-2011) and AcquaSed Project (2010-2014). They were obtained from different environments representative of the State of São Paulo in Brazil, and from different compartments (plankton, metaphyton, periphyton and surface sediment), in order to cover the various habitats where the species are found. The studied material included 491 permanent slides for taxonomic analysis and of these, 365 slides of superficial sediments were used for the assessment of environmental preferences. Five samples from northern Brazil were also added for analysis of the distribution of still little known fragilarioid genera in this area. Also, as part of the taxonomic delimitation studies, type-materials were examined to circumscribe taxa objectively and in more detail. In this way, new characters were described, which contributed to the taxonomical circumscription and identification of related species, leading to an increased knowledge of the Brazilian araphid biodiversity. The study of ecological preferences (ecological optimum and environmental tolerance) was based on

the populations found in 30 reservoirs, distributed in five river hydrographic basins of southern and southeastern state of the State of São Paulo. The Limnological information were obtained from the AcquaSed Project database. This study presents pioneering information on the ecological preference of 23 fragilarioid diatoms in tropical environments, the ecological preferences of 11 of them being reported for the first time at the worldwide level. The newly proposed genus *Rimoneis*, until then restricted to the Brazilian subtropical region, was reported for tropical regions herein, with occurrence in the States of São Paulo and Pará. Two new species were added to this genus, doubling the number of species included in it at this time. The distribution of *Fragilariforma* species in tropical environments has been evaluated, a new status for *F. nitzschioides* var. *brasiliensis* Grunow is presented from the examination of type material, as well as a new species for the Amazon region. A new species of *Staurosirella* was also presented, which is characterized by a double row of solid spines, a rare feature for the genus. Three new species of *Fragilaria* were described, in addition to the examination of type-material of *F. rumpens* var. *fusa* Patrick found in dams in the Brazilian Northeast. Overall, 33 taxa have been reported, of which 7 are new and 4 are likely new species for science. Five new citations have been added for Brazil, in addition to other 13 new citations for the State of São Paulo. The present results highlight the importance of the evaluation of different habitats, mainly surface sediment and periphyton, including preserved environments, in order to broaden and deepen the knowledge of the biodiversity of fragilarioid diatoms. Finally, from the integration of taxonomic and ecological information of the species, this study provides more consistent knowledge of the biodiversity of tropical populations and its use in studies of conservation, bioindication and paleoenvironmental reconstruction.

Keywords: Biodiversity, ecological preference, reservoirs, ultrastructure

1. INTRODUÇÃO

As diatomáceas são algas microscópicas, unicelulares, eucariontes e fotossintetizantes, que possuem os primeiros registros no período Jurássico há 200 milhões de anos (Kooistra 1996, Metzeltin & García-Rodríguez 2003, Kociolek 2010). Uma das características principais desse grupo é a parede celular, chamada frústula, impregnada por sílica polimerizada resistente à decomposição por bactérias, dissolução química e ruptura física (Wehr & Sheath 2003, Delwiche *et al.* 2004). A frústula consiste em três partes, ou seja, duas valvas sobrepostas e o cingulo ou bandas conectivas associadas às valvas (Round *et al.* 1990). A atual identificação das diatomáceas está baseada na morfologia e na ultraestrutura da frústula as quais exibem padrões específicos (Medlin 2009, Berzano *et al.* 2012). Geralmente bem decorada, a frústula pode apresentar aréolas, placas de oclusão, espinhos, campo de poros apicais e rimopórtulas (Morales 2001) que permitem identificar os táxons. O cingulo também representa uma estrutura potencial para o reconhecimento de caracteres diagnósticos, uma vez que pode ser constituído por ornamentações que permitem distinguir gêneros afins (Morales 2005, 2006, Siver *et al.* 2006, Williams 2011).

São organismos ubíquos do clado filogenético, informalmente chamado Chromalveolata, que reúne diatomáceas, dinoflagelados, apicomplexas e ciliados ao mesmo grande grupo monofilético caracterizado pela origem comum dos plastídios, possivelmente pela endossimbiose secundária do ancestral comum desse grupo com uma alga vermelha (Cavalier-Smith 1999, Hirakawa *et al.* 2009, Matsuda & Kroth 2014).

As diatomáceas apresentam grande importância ecológica como produtores primários e nos ciclos biogeoquímicos, particularmente dos elementos carbono (C) e sílica (Si) (Mann 1999, Chepurnov *et al.* 2004, Kociolek 2010). Estimativas realizadas a partir da razão Si/C indicam que as diatomáceas contribuem com 25-30% da produção primária em águas com poucos nutrientes e cerca de 75% em regiões enriquecidas de nutrientes (Nelson *et al.* 1995). Baseado na combinação de modelos terrestres e aquáticos, a produtividade primária líquida sugere um total de 105 Pg (105×10^{15} g) de carbono fixado por ano, dos quais 46% é oceânico e 54% é terrestre (Field *et al.* 1998).

Baseado nos trabalhos citados, a contribuição das diatomáceas na produtividade primária foi calculada em 50% para ambientes mesotróficos e de 23,5% em nível global. Quando comparado com as florestas tropicais, savanas e áreas cultiváveis, que contribuem com 18%, 16% e 8% respectivamente, a importância das diatomáceas é

evidente. Contudo, acredita-se que essa contribuição deve ter aumentado dada a crescente eutrofização dos ecossistemas. O sucesso em termos de fixação de carbono e biomassa é resultado da interação existente entre os cloroplastos e as mitocôndrias, responsáveis pela fotossíntese e respiração, respectivamente. Esse mecanismo é também conhecido em plantas terrestres, mas não reportado em outros grupos de algas até o presente. Esse sistema de dois centros de conversão energética é provavelmente responsável pela eficiência fotossintética das diatomáceas e pode explicar a sua dominância em ambientes aquáticos (Hopkinson *et al.* 2011, Bailleul *et al.* 2015). No fim da reprodução assexuada, as frústulas silicosas das diatomáceas são depositadas nos sedimentos, levando o carbono fixado para o fundo dos ecossistemas aquáticos (Amin *et al.* 2009).

Dentro das redes de interações ecológicas, as diatomáceas também representam um elo importante na base da cadeia alimentar quando são consumidas por outros organismos como macroinvertebrados e protozoários (Kleppel *et al.* 1991, 1995, Kleppel 1993, Ederington *et al.* 1995). Possuem mecanismos de utilização de fosforo e nitrogênio através da associação com cianobactérias, bactérias heterotróficas e fungos ou ainda mecanismos metabólitos como o ciclo da ureia que permitem as diatomáceas fotossintetizantes sobreviver em ambientes com limitação de nitrogênio (Vardi *et al.* 2006, Allen *et al.* 2011). Assim, representam um grupo de organismos adaptados a diferentes condições com registro em ambientes aquáticos de diferentes salinidades e trofias, como também em solos ou outras superfícies que contenham umidade e luminosidade adequadas para sua sobrevivência, podendo muitas vezes ser dominantes na flora microscópica aquática (Wehr & Sheath 2003).

Ocupam diferentes habitats no ambiente aquático, estão distribuídas na coluna d'água, associadas ao sedimento e, ainda, aderidas a substratos submersos, podendo fazer parte do epifiton, epilíton, epipélton, epipsâmon ou epizoon (Round *et al.* 1990, Kooistra *et al.* 2009).

Recentemente, estudos moleculares mostraram que as diatomáceas possuem origem parafilética (Williams 2009) e que apenas as rafídeas atuais são monofiléticas (Williams & Kociolek 2007), apontando para a necessidade de uma classificação mais natural, que reflita suas relações evolutivas (Kociolek *et al.* 2015). Neste sentido, Medlin & Kaczmarska (2004) propuseram uma nova classificação que consiste na Divisão Bacillariophyta com duas subdivisões: Coscinodiscophytina e Bacillariophytina. Esta última com duas classes: Mediophyceae (cêntricas polares) e Bacillariophyceae (formas penadas). Esta proposta está fundamentada em biologia molecular e análises filogenéticas

de espécies atuais e fósseis recém-descobertas sendo considerada mais natural, passando a ser adotada em níveis supraordinais (Sato *et al.* 2008). Todavia, para os níveis abaixo de ordem, a classificação utilizada é a de Round *et al.* (1990), baseada na morfologia da frústula. A classificação mais recente divide as diatomáceas em três subclasses: Bacillariophycidae (diatomáceas rafídeas), Fragilariophycidae (diatomáceas de água doce) e Urneidophycidae (táxons marinhos). Para o agrupamento foram considerados as diferenças na reprodução, auxósporo, oclusão das aréolas e campo de poros (Medlin 2016).

Embora existam propostas de identificação de gêneros baseada em características celulares (Cox 1996) e moleculares (Medlin & Kaczmarek 2004, Bruder & Medlin 2007), as dificuldades resultam da rápida degradação dos plastídeos especialmente após fixação (Laux & Torgan 2011), dificuldades na manutenção das culturas em função do rápido ciclo celular (Sato *et al.* 2008), bem como as poucas diferenças nucleares nas recentes diversificações (Williams 2016, com. pers.) e pouca informações sobre a significância evolutiva dos auxósporos como observado nos estudos da filogenia das diatomáceas arrafídeas realizado por Sato *et al.* (2008). Dessa forma, a principal característica utilizada para identificação e sistemática das diatomáceas é a observação da frústula oxidada.

As diatomáceas podem ser encontradas em amplo gradiente de variação de fatores ambientais, como pH, temperatura, nutrientes, entre outros. As espécies apresentam forte relação com os fatores limnológicos e ecológicos, que por sua vez influenciam sua distribuição geográfica (Kociolek *et al.* 2015). O conhecimento das preferências ecológicas e das amplitudes de distribuição das espécies propicia a melhor compreensão da amplitude de ocorrência das espécies (Potapova & Charles 2002). Assim estudos que abordem a taxonomia e a autoecologia dos táxons representam uma ferramenta importante para o conhecimento desse grupo. Como as espécies de diatomáceas possuem preferências específicas para o seu desenvolvimento, são importantes bioindicadoras por apresentarem capacidade de responder rapidamente às mudanças ambientais em curto e longo prazo (Smol & Stoermer 2010). Podem ser ainda usadas para interpretar condições ambientais passadas, pois as paredes de sílica das células são usualmente bem preservadas em sedimentos, tornando-as importantes *proxy* no campo da paleolimnologia, sendo utilizadas na reconstrução de rios, represas, clima, entre outras aplicações. Devido a estas características vêm sendo cada vez mais utilizadas em avaliações sobre eutrofização, acidificação, contaminação por metais, mudanças climáticas e paleoambientais (Lobo *et*

al. 2002, Wehr & Sheath 2003, Smol 2008, Smol & Stoermer 2010, Bennion & Simpson 2011, Costa-Böddeker *et al.* 2012).

Quanto ao número de espécies, até o momento foram descritos cerca de 12.000 táxons, sendo reportados mais de 250 gêneros vivos (Fourtanier & Kociolek 2011). O número de espécies difere conforme os autores consultados, variam de dezenas a milhares (Mann & Droop 1996, Vanormelingen *et al.* 2008, Mann & Vanormelingen 2013) até 1 milhão de táxons (Kaczmarska *et al.* 2007). Nos últimos 15 anos de estudos em taxonomia de diatomáceas, mais de 80 novos gêneros foram descritos (Fourtanier & Kociolek 2011). Assim, a taxonomia desse grupo representa cerca de 1,2% da biodiversidade recentemente descrita para o planeta (Kociolek & Williams 2015).

Os registros taxonômicos das diatomáceas sofreram profunda modificação a partir das análises utilizando microscopia eletrônica de varredura (MEV). Atualmente para a descrição de novos táxons são necessárias, no mínimo, imagens de luz (ML) e em MEV para ilustrar as ultraestruturas que apoiam a identificação dos táxons (Kociolek & Williams 2015).

A maioria das diatomáceas penadas sem rafe de água doce, também chamadas fragilarióides, parece estar filogeneticamente relacionada e de acordo com a análise cladística (Williams 1990, 2011, Medlin 2016). O conhecimento acerca da taxonomia do grupo ao nível de gênero tem sido amplamente discutido e muitos conceitos continuam a ser debatidos (*e. g.* Williams & Round 1988a, b; Lange-Bertalot 1980, 1989, Compère 2001, Morales 2003, Tuji & Williams 2006a, Morales *et al.* 2010, Williams 2011, Lange-Bertalot & Ulrich 2014, Kociolek & Williams 2015).

Dentre as diatomáceas fragilarióides, 24 gêneros encontram-se distribuídos em ambientes de água doce: *Asterionella* Hassal, *Centronella* Voigt, *Ctenophora* (Grunow) Williams & Round, *Diatoma* Bory, *Distrionella* Williams, *Fragilaria* Lyngbye, *Fragilariforma* (Ralfs) Williams & Round, *Hannaea* Patrick, *Martyana* Round, *Meridion* Agardh, *Oxyneis* Round, *Pseudostaurosira* (Grunow) Williams & Round, *Pseudostaurosiropsis* E. Morales, *Punctastriata* Williams & Round, *Rimoneis* M. Garcia, *Sarcophagodes* E. Morales, *Stauroforma* Flower *et al.*, *Staurosira* (Ehrenberg) Williams & Round, *Staurosirella* Williams & Round, *Synedra* Ehrenberg, *Tabellaria* Heribaud, *Tabularia* (Kützing) Williams & Round, *Tetracyclus* Ralfs, *Tibetiella* Li *et al.* e *Ulnaria* (Kützing) Compère.

As espécies desses gêneros podem ocorrer isoladamente, em vida livre, ou formando colônias em forma de fita, estrelada, zig-zag ou unidas por mucilagem em uma

extremidade das células (Kociolek *et al.* 2015). São encontradas no hábitat perifítico, associada a algum substrato, bentônico e também no plâncton. Ainda, as diatomáceas fragilarióides são frequentemente registradas como espécies pioneiras na colonização de substratos fixos (Patrick 1976, Korte & Blinn 1983, Lamb & Lowe 1987).

O conhecimento sobre os gêneros de diatomáceas que ocorrem no Brasil e a literatura pertinente foi compilada por Eskinazi-Leça *et al.* (2015) e Menezes *et al.* (2015). As informações foram incorporadas à distribuição das Bacillariophyceae do Brasil e podem ser acessadas na base do “Flora do Brasil 2020 em construção” disponível on line. Embora incompleta, essa síntese é um marco na compilação dos estudos existentes no país. Todavia novas informações devem ser incluídas na medida que estudos são realizados e por exemplo, ainda que o gênero *Hannaea* não esteja nessa lista tem sido encontrado em amostras do Estado de São Paulo.

No Brasil, as citações existentes para as diatomáceas fragilarióides são grandemente feitas em nível genérico, ou, quando em nível específico ou subespecífico, não são usualmente acompanhadas de ilustração e/ou descrição, além de poucos materiais identificados estarem depositados em herbários, dificultando o processo de consulta ao material publicado. Trabalhos publicados de cunho taxonômico que incluem as diatomáceas fragilarióides de água doce no país totalizam 30 contribuições e estão distribuídas nos estados de São Paulo (Sant’Anna *et al.* 1989, Bicudo *et al.* 1993, Magrin & Senna 2000, Tucci *et al.* 2006, Bicudo *et al.* 2009, Fontana & Bicudo 2009, Almeida & Bicudo 2014, Almeida *et al.* 2015, 2016, Faustino *et al.* 2016, Wengrat *et al.* 2016), Paraná (Flôres *et al.* 1999, Ludwig & Flôres 1995, 1997, Brassac & Ludwig 2003, Landucci & Ludwig 2005, Ferrari & Ludwig 2007, Bertolli *et al.* 2010, Faria *et al.* 2010, Silva *et al.* 2010, Nardelli *et al.* 2014, Ludwig *et al.* 2015, Marra *et al.* 2016), Rio Grande do Sul (Torgan 1985, Raupp *et al.* 2006, Schneck *et al.* 2008, Laux & Torgan 2011, Bes *et al.* 2012, Rosa & Garcia 2013, Talgatti *et al.* 2014), Minas Gerais (Costa *et al.* 1991, Canani *et al.* 2011) e Goiás (Dunck *et al.* 2012). Um registro iconográfico publicado em Iconographia Diatomologica 5 (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998) incluiu descrição de diversos gêneros e espécies raras e/ou novas com base em amostras da América do Sul, incluindo registros do Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil.

Segundo Lobo *et al.* (2014), estudos que abordaram a distribuição de diatomáceas e as preferências ecológicas estão concentrados na região Sul do país com destaque para os trabalhos de Moreira-Filho *et al.* (1990), Torgan & Biancamano (1991) e Moro & Füstenberger (1997), os quais classificaram os táxons em função dos habitats e principais

fatores ecológicos encontrados em literatura nacional (salinidade, saprobidade, pH, condutividade, estado trófico e temperatura). Trabalhos abordando a relação das diatomáceas com a qualidade das águas também são encontrados, em sua maioria para a região subtropical (Lobo & Torgan 1988, Oliveira *et al.* 2001, Lobo *et al.* 2002, 2004a, 2004b, 2004c, Wetzel *et al.* 2002, Salomoni *et al.* 2006, 2011, 2017, Salomoni & Torgan 2008, Silva *et al.* 2010, Moresco *et al.* 2011, Faria *et al.* 2013 e Burliga *et al.* 2014). Mais recentemente, as contribuições para a região sudeste do Brasil, Estado de São Paulo, têm conciliado taxonomia e informações ecológicas, englobando bioindicação e autoecologia. Neste sentido, estão, por exemplo, a flora de diatomáceas (900 anos) de uma represa urbana (Faustino *et al.* 2016), as reconstruções da eutrofização também em represas urbanas (Costa-Böddeker *et al.* 2012, Fontana *et al.* 2014), bem como trabalhos específicos de gêneros de diatomáceas com informações autoecológicas dos táxons, para *Aulacoseira* (Bicudo *et al.* 2016) e *Eunotia* (Costa *et al.*, aceito para publicação).

Com base nessas contribuições, dentre os gêneros de diatomáceas arrafídeas conhecidos para ambientes de água doce, 18 foram reportados para o Brasil (*Asterionella*, *Ctenophora*, *Diatoma*, *Fragilaria*, *Fragilariforma*, *Martyana*, *Meridion*, *Pseudostaurosira*, *Pseudostaurosiropsis*, *Punctastriata*, *Rimoneis*, *Stauroforma*, *Staurosira*, *Staurosirella*, *Synedra*, *Tabellaria*, *Tabularia* e *Ulnaria*).

Associando informações ecológicas e a distribuição das espécies e variedades de Fragilariaceae no Estado de São Paulo, apenas seis trabalhos citam representantes desse grupo (Bere & Tundisi 2009, 2010, 2011, Bere 2010, 2014, Faustino *et al.* 2016). Nestes estudos, onze táxons [(*Asterionella formosa* Hassal, *Diatoma vulgaris* Bory, *Diatoma* sp, *Fragilaria capucina* Desmazières, *F. intermedia* (Grunow) Grunow, *F. crotonensis*, *F. fragilarioides*, *F. rolandschmidtii*, *Fragilaria* sp. 1, *Oxyneis binalis* (Ehrenberg) Round e *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère)] estão associados com as variáveis limnológicas mensuradas).

A partir da revisão da literatura para o Estado de São Paulo, estima-se que cerca de 100 táxons de Fragilariaceae distribuídos em 12 gêneros (*Asterionella*, *Ctenophora*, *Diatoma*, *Fragilaria*, *Fragilariforma*, *Pseudostaurosira*, *Staurosira*, *Staurosirella*, *Synedra*, *Tabellaria*, *Tabularia* e *Ulnaria*) sejam conhecidos para a área. Todavia, grande parte das informações faz parte do acervo de teses e dissertações defendidas e, dada à ampla variabilidade intraespecífica registrada e ao recente avanço na taxonomia ultraestrutural deste grupo, muitas espécies necessitam de revisão taxonômica e nomenclatural.

Nesse sentido, destaca-se o levantamento da classe Fragilariaceae realizado por Carneiro (2007) como parte do inventário da ficoflórula do Estado de São Paulo, inserido no programa BIOTA/FAPESP. Carneiro (2007) descreveu e ilustrou 37 táxons distribuídos em sete gêneros (*Asterionella*, *Fragilaria*, *Fragilariforma*, *Pseudostaurosira*, *Synedra*, *Tabularia* e *Ulnaria*), além de apresentar as pendências nomenclaturais envolvendo esse grupo, a necessidade de revisão e delimitação de táxons de *Fragilaria*, revisão de materiais-tipo de táxons de *Synedra*, elucidação do complexo *Fragilariforma* entre outras recomendações.

Considerando os trabalhos taxonômicos publicados em nível específico, o primeiro registro é de Magrin & Senna (2000) que reportam nove táxons para a Lagoa do Diogo (Estação Ecológica de Jataí); Fontana & Bicudo (2009) que registram sete táxons distribuídos em seis gêneros a partir de sedimento superficial das represas do Rio Paranapanema e Faustino *et al.* (2016) que no estudo do sedimento superficial e de testemunho sedimentar da represa Guarapiranga registraram cinco táxons fragilarióides divididos em dois gêneros. Além desses trabalhos, 26 novas ocorrências vinculadas ao Projeto AcquaSed/FAPESP (*“Diagnóstico basal e reconstrução de impactos antropogênicos na Represa do Guarapiranga com vistas à sustentabilidade do abastecimento e ao gerenciamento da qualidade da água de reservatórios da RMSP”*) foram reportados para reservatórios da região Sul e Sudeste do Estado de São Paulo (Almeida & Bicudo 2014, Wengrat 2011, 2016, Nascimento 2012, Rocha 2012, Oliveira 2015, Zorzal-Almeida 2016).

Diante do conhecimento existente, as principais necessidades para avançar o conhecimento das diatomáceas fragilarióides são: revisão dos táxons específicos e infraespecíficos conhecidos em literatura e, preferencialmente, disponíveis em herbário; atualização nomenclatural e taxonômica devido ao substancial avanço taxonômico e filogenético nesses últimos seis anos (*e.g.* Medlin *et al.* 2008, Morales *et al.* 2010, Tuji 2009, Williams & Morales 2010); análises das características ultraestruturais com registros em alta resolução para a melhor circunscrição e definição das características diagnósticas; estudo de materiais-tipo para embasar as delimitações taxonômicas e ampliar e aprofundar o conhecimento ecológico (preferências ecológicas) das espécies.

Neste estudo, foram realizadas análises taxonômica e ecológica das diatomáceas fragilarióides com base nas populações encontradas em 30 reservatórios do Estado de São Paulo, bem como a revisão dos táxons já citados para este Estado e depositados em

herbário. Além disso, as circunscrições taxonômicas foram baseadas, sempre que possível, na avaliação de materiais-tipo disponíveis em literatura ou herbários.

O avanço sobre o conhecimento da preferência ecológica das espécies e variedades foi obtido a partir da associação da distribuição quantitativa (abundância relativa) dos táxons com variáveis limnológicas disponíveis no banco de dados do projeto AcquaSed. Este banco de dados conta, presentemente, com informações limnológicas de 30 reservatórios distribuídos em cinco bacias hidrográficas da região Sul e Sudeste do Estado de São Paulo que abrangem ampla variação de gradiente trófico (ultraoligotrófico a hipereutrófico).

Esta tese pretende avançar na caracterização taxonômica das espécies de diatomáceas fragilarióides de forma a propiciar bases mais consistentes para o melhor conhecimento das populações tropicais, minimizando erros em cascata que potencialmente trazem implicações taxonômicas e ecológicas. Ainda, a associação da taxonomia com informações autoecológicas também é muito escassa em âmbito global e pioneira para regiões tropicais. Tal abordagem contribuirá para a circunscrição mais abrangente dos táxons e propiciará base mais sólida para o uso deste grupo em estudos de conservação da biodiversidade, qualidade da água e reconstrução ambiental.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Revisar, ampliar e aprofundar o conhecimento taxonômico e ecológico dos representantes de diatomáceas penadas arrafídeas de regiões tropicais a partir do estudo detalhado em microscopia de luz e eletrônica de varredura das populações encontradas em ambientes dulcícolas do Estado de São Paulo.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar e caracterizar a variabilidade morfológica de espécies e variedades de diatomáceas penadas sem rafe encontradas no Estado de São Paulo;
- Revisar a identificação das espécies e variedades já reportadas para o Estado de São Paulo e passíveis de reestudo taxonômico;
- Buscar a resolução de problemas taxonômicos a partir de estudo de material-tipo, sempre que possível;

- Determinar a biodiversidade e distribuição qualitativa e quantitativa das diatomáceas penadas sem rafe no Estado de São Paulo;
- Avaliar a preferência ecológica das espécies e variedades considerando variáveis limnológicas das represas situadas na região Sul e Sudeste do Estado.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo e amostragem

O Estado de São Paulo tem área de 248.222,801 km², abrange 645 municípios (IBGE 2010). Insere-se em duas grandes Regiões Hidrográficas brasileiras, Paraná e Atlântico Sudeste e apresenta 22 bacias hidrográficas, que abrangem ecossistemas aquáticos protegidos, ainda com poucos impactos antrópicos, e altamente urbanizados. O delineamento amostral desta pesquisa buscou analisar amostras de diferentes ambientes de forma a abranger várias regiões do Estado. Assim, as amostras analisadas são provenientes do projeto BIOTA e do projeto AcquaSed e todas fazem parte do acervo do Herbário Científico do Estado Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo (SP).

Da atual coleção, 491 lâminas permanentes foram analisadas. Dessas, 126 referentes ao projeto BIOTA que abrangem distintos habitats e ambientes aquáticos dulcícolas de 77 municípios (Figura 1), inseridos nas principais bacias hidrográficas, áreas de proteção ambiental e áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade no Estado de São Paulo (Joly *et al.* 2010).

Ainda, foram analisadas 365 lâminas permanentes oriundas de 111 locais georreferenciados do projeto AcquaSed e que abrangem represas situadas em cinco bacias hidrográficas (Figura 2): Bacia do Alto Paranapanema (1 represa), Bacia do Ribeira do Iguape e Litoral Sul (5 represas), Bacia do Médio Tietê/Alto Sorocaba (5 represas), Bacia do Alto Tietê (13 represas), Bacia do Piracicaba/Capivari/Jundiaí (6 represas). Essas represas abrangem amplo espectro de variação de estado trófico e foram amostradas em duas épocas do ano (verão e inverno) de forma a abranger os compartimentos da água (plâncton e perifíton) e dos sedimentos superficiais, ou seja, diferentes habitats. Tais amostragens foram acompanhadas de análises físicas e químicas da água e constituirão a base para o estudo autoecológico das espécies de diatomáceas arrafídeas. Adicionalmente, amostras do Estado do Pará foram analisadas para incluir a descrição de novas espécies de arrafídeas como nos capítulos 2 e 3.

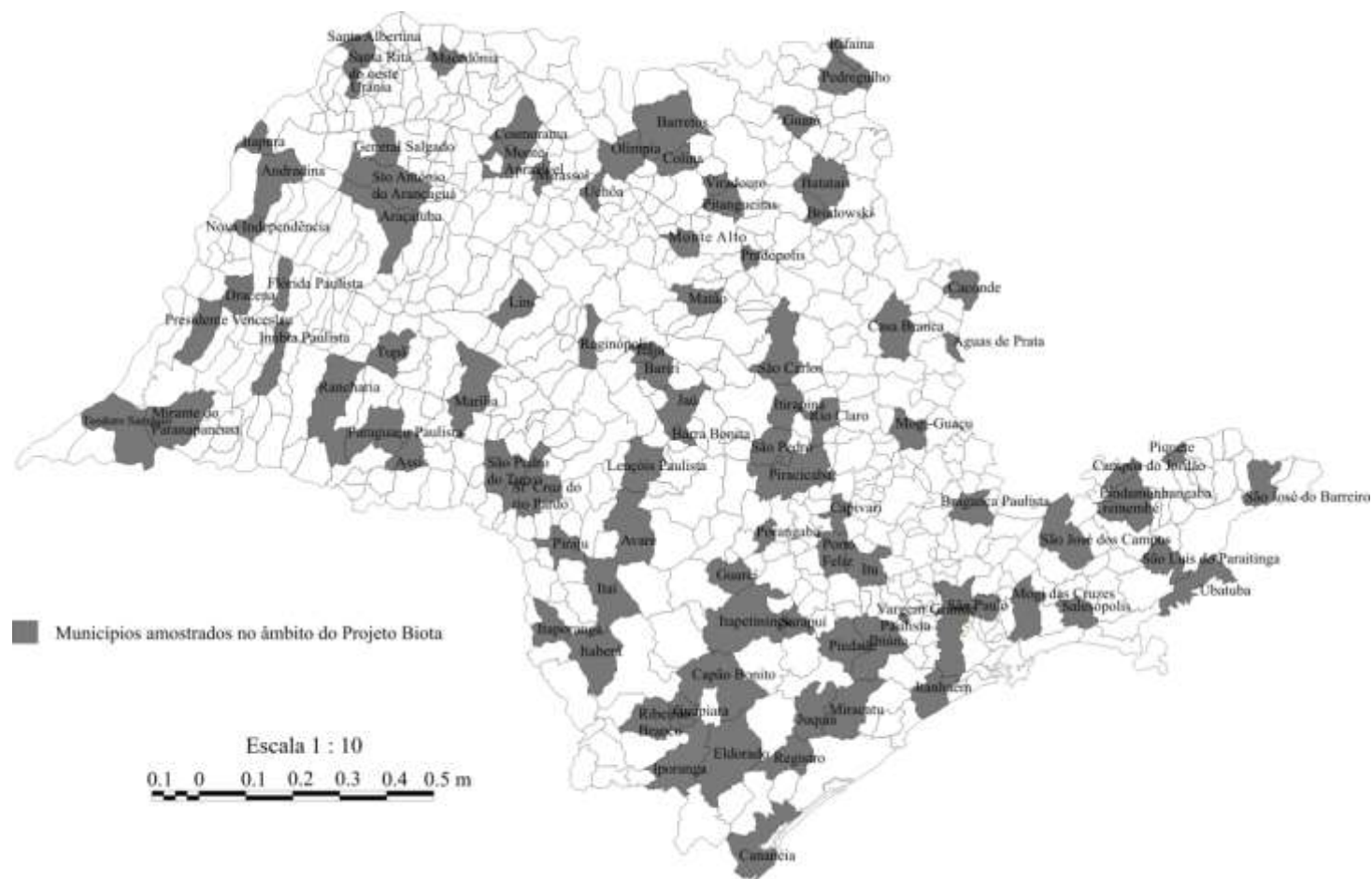


Figura 1. Distribuição dos municípios amostrados no âmbito do projeto BIOTA no Estado de São Paulo (Fonte: Projeto Biota).

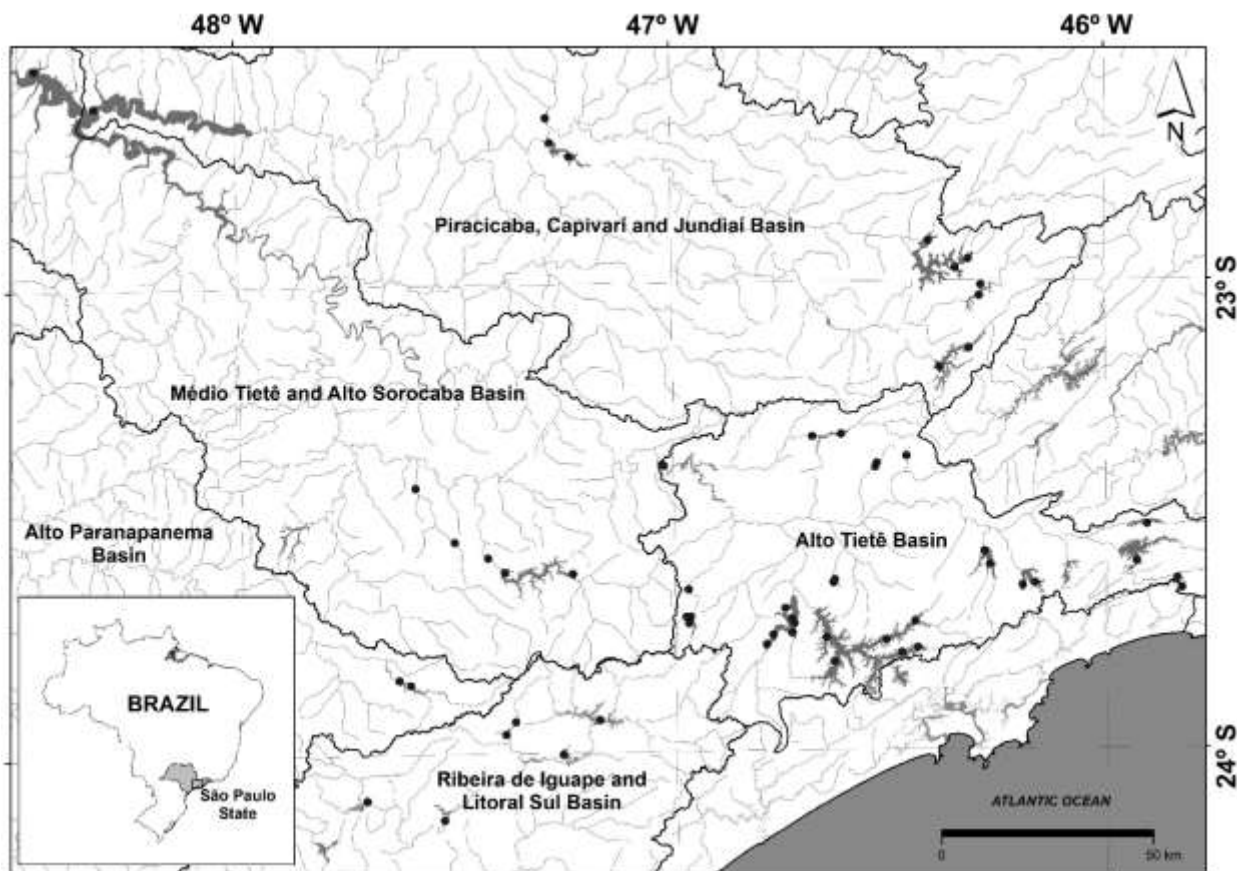


Figura 2. Mapa indicando a localização das estações de amostragem nas represas do Projeto AcquaSed distribuídas em cinco bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. (Fonte: Projeto AcquaSed)

3.2. Coleta, fixação e preservação do material

As amostras plancônicas provenientes do Projeto Biota foram coletadas com rede de plâncton (20 μ m de abertura de malha) a partir da subsuperfície dos ambientes aquáticos. No âmbito do Projeto AcquaSed, também foram coletadas com rede de plâncton (20 μ m de abertura de malha), para análise qualitativa e com garrafa de Van Dorn ao longo de um perfil vertical para análises quantitativas.

O perifíton foi obtido mediante espremido manual de plantas submersas no Projeto Biota, ou a partir da raspagem de substratos naturais (rochas ou macrófitas) no Projeto AcquaSed. As amostras de sedimento foram obtidas com testemunhador de gravidade (UWITEC), aproveitando-se os dois primeiros centímetros superficiais, que usualmente integram até dois anos de informação (Smol 2008).

Tanto os materiais planctônicos quanto os perifíticos foram fixados e preservados em laboratório com solução aquosa de formalina a 4% (Bicudo & Menezes 2006). Os sedimentos foram mantidos em geladeira (sedimento úmido) a -1°C e em freezer a -20°C, após liofilização em câmara a vácuo, conforme recomendado para amostras de sedimento (Battarbee *et al.* 2001).

3.3. Preparação do material e identificação

O procedimento de oxidação e preparo de lâminas permanentes seguiram Simonsen (1974), modificado por Moreira-Filho & Valente-Moreira (1981) e, a partir de 2005, o protocolo do *European Committee for Standardization* (ECS 2003), que utiliza peróxido de hidrogênio (37%) aquecido e ácido clorídrico (37%) e tem se mostrado eficiente na remoção da matéria orgânica, principalmente, de amostras de sedimentos.

Para confecção das lâminas permanentes do Projeto Biota foi utilizado Zyrax (*IR* = 1,7) ou Hyrax (*IR* = 1,67) como meio de inclusão e, a partir de 2011, Naphrax (*IR* = 1,73). As lâminas permanentes foram organizadas seguindo os padrões do herbário SP e etiquetadas com o mesmo número de acesso recebido, tipo de amostra, coletores e coordenadas geográficas. Ainda, essas informações foram informatizadas e inseridas na laminoteca do Núcleo de Ecologia do Instituto de Botânica, departamento responsável pela execução e coordenação de ambos os projetos que se insere este estudo.

As lâminas permanentes foram analisadas em aumento de 1000x em microscópio de luz binocular de marca Zeiss, modelo Axio Imager A2, equipado com contraste de fase e luz polarizada circular em contraste (DIC) e sistema de captura de imagem com câmara acoplada, modelo MRc5.

A análise e o registro das características ultraestruturais foram realizadas através de microscópio eletrônico de varredura (MEV) de diferentes instituições sendo: Instituto de Botânica do Estado de São Paulo (IBt), Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST). As fotografias obtidas foram tratadas em programa de edição de imagens CorelDraw X8® para padronização tons de tons de cinza e brilho. As populações foram organizadas separadamente a partir de cada unidade amostral e cada táxon foi arranjado em uma escala de tamanho que buscou registrar a variação no ciclo de vida de cada espécie.

3.4. Análise taxonômica

O estudo taxonômico baseou-se na análise populacional registrada, comparação com material-tipo disponível em literatura e de amostras depositadas em herbários, espécies relacionadas também foram analisadas para obter uma delimitação clara do conceito diagnóstico das espécies evitando problemas de deriva taxonômica. Cada ambiente e hábitat foram mantidos separadamente para registrar a variabilidade das características morfológicas e métricas dos táxons específicos e infraespecíficos de cada unidade amostral.

Os táxons identificados em nível genérico foram comparados com as espécies mais próximas para posterior confirmação e receberam numeração sequencial para padronização das espécies dentro dos projetos que estão inseridos evitando duplicidade nos bancos de dados. Referentes às espécies novas os nomes não foram apresentados, uma vez que segundo as normas do Código de Nomenclatura de Algas, Fungos e Plantas não devem ser propostos até sua formal publicação em revistas e jornais indexados. A identificação utilizando de *conferatum* foi utilizado na ausência de informações que permitam circunscrever o táxon, mediante as observações obtidas.

As medidas morfométricas mensuradas foram comprimento, largura no centro da valva, largura do ápice, densidade de estrias em 10 μm . Para tal, foram medidos no mínimo 10 indivíduos, exceto em táxons raros.

O registro em MEV seguiu o protocolo específico para cada equipamento. No Instituto de Botânica (IBt) foi utilizado o microscópio eletrônico modelo Philips 20XL, sendo que nesse equipamento as amostras foram lavadas em centrífuga em 1200 rpm durante 10 minutos com água ultrapura até que a acidez decorrente dos reagentes do processo de oxidação fosse neutralizada. Após esse processo, alíquotas do material foram secas em folhas de alumínio em estufa a 55°C e aderidas com fita de carbono em suportes metálicos, *stubs*, e posterior metalização com ouro por cerca de 90 segundos.

Na Universidade Federal do Paraná (UFPR), foi utilizado modelo JEOL JSM 6360LV Zeiss sendo que as amostras oxidadas e previamente lavadas foram depositadas diretamente nos *stubs* e metalizadas com ouro por cerca de 90 segundos.

No Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), foi utilizado microscópio Hitachi SU-70 e as amostras oxidadas foram filtradas com água deionizada utilizando filtros com diferentes aberturas (3 μm , 5 μm ou 10 μm), sendo que a abertura do filtro variou conforme a riqueza de espécies existente e também quanto ao tipo de amostras, uma vez que amostras

com muito material particulado causam entupimento dos poros e promovem sobreposição de valvas que dificultam a visualização. Filtros de 10 µm foram utilizados para amostras com elevada presença de espécies de *Ulnaria* dado à grande dimensão do comprimento valvar dos representantes desse gênero. Nesse equipamento, a metalização foi feita com platina durante 60 segundos.

Para identificação dos gêneros, espécies e táxons infraespecíficos foram utilizadas obras clássicas, monografias, revisões e floras (*e.g.* Hustedt 1930, Patrick & Reimer 1966, Compère 1975, Krammer & Lange-Bertalot 1991, Lange-Bertalot *et al.* 1996, Metzeltin & Lange-Bertalot 1998, Sala *et al.* 1999), trabalhos mais específicos, referentes a uma ou mais espécies de interesse (*e.g.* Williams & Round 1986, 1987, 1988a,b, Lange-Bertalot 1980, 1993, Round & Williams 1992, Lange-Bertalot *et al.* 1996, Morales 2001, 2002, 2006, Morales & Edlund 2003, Tuji & Houki 2004, Edlund *et al.* 2006, Garcia 2006, Morales & Manoylov 2006a, 2006b, Tuji & Williams 2006a, 2006b, 2007, Ludwig *et al.* 2015) e consulta a sites específicos (*e.g.* westerndiatoms.colorado.edu). A identificação da comunidade dos outros grupos de diatomáceas que ocorreram nas amostras foram obtidas por meio de consulta as obras como: Krammer & Lange-Bertalot (1991), Metzeltin & Lange-Bertalot (1998), bem como artigos recentes e quando disponíveis trabalhos com materiais brasileiros como Tremarin *et al.* (2012, 2013) e Wengrat *et al.* (2015). A padronização dos nomes botânicos, basiônimos e sinônimos foram feitos segundo o Index Nominum Algarum (ucjeps.berkeley.edu/CPD/).

3.5. Análise quantitativa

Para avaliar a representatividade e a distribuição dos táxons de diatomáceas arrafídeas em âmbito do Estado de São Paulo, as amostras preparadas nas lâminas permanentes foram quantificadas. A quantificação foi realizada em aumento de 1000x, utilizando microscópio óptico. A unidade básica de contagem considerada foi a valva, de forma que frústulas completas foram consideradas como duas. Os fragmentos foram incluídos na contagem sempre que foi possível identificar a espécie e visualizar, pelo menos, 50% da valva (Battarbee *et al.* 2001). A contagem das valvas foi realizada em transeções longitudinais nas lâminas permanentes e o limite de contagem estabelecido foi, principalmente, a contagem de pelo menos 500 valvas no total em cada amostra. Os resultados estão expressos em abundância relativa (% de cada táxon em relação ao total de valvas na unidade amostral – lâmina de contagem).

3.6. Informações ecológicas

O estudo ecológico dos táxons compreendeu a avaliação de seus respectivos ótimos ecológicos em função das variáveis limnológicas disponíveis no banco de dados do Projeto AcquaSed. Também foi realizado a partir da revisão de literatura (Lowe 1974, Wolf 1982, Denys 1991, Van Dam *et al.* 1994, Lobo *et al.* 1995, 1996, Moro & Fürstenberg 1997, Schönfelder *et al.* 2002, Taylor *et al.* 2007, entre outras). Ainda, foi utilizado o programa OMNIDIA, versão 7.5 (Lecointe *et al.* 1993), que oferece um banco de dados completo sobre a ecologia de aproximadamente 14.000 táxons.

As amostras provenientes do projeto AcquaSed foram acompanhadas de informações físicas e químicas da água (temperatura, pH, condutividade, alcalinidade, formas dissolvidas e totais de fósforo e nitrogênio, ortossilicato, clorofila-a e classificação do estado trófico) e que estão disponíveis no banco de dados do projeto, cuja coordenação é feita pelos integrantes do projeto do Instituto de Botânica. Os métodos analíticos estão padronizados conforme APHA (2005) e detalhados em Wengrat & Bicudo (2011).

O ótimo ecológico das espécies e variedades foi calculado a partir do valor médio da variável ambiental de interesse ponderado pela abundância da espécie (média ponderada) (ter Braak & van Dam 1989) e a tolerância ambiental, ou desvio padrão ponderado, foi calculado conforme Birks *et al.* (1990). O ótimo e a tolerância foram calculados para cada hábitat separadamente e apenas para as espécies que atingiram os critérios adotados de frequência de ocorrência $\geq 10\%$ nas unidades amostrais de cada hábitat e abundância relativa $\geq 1\%$.

Este procedimento minimiza problemas de distorção das informações devido à baixa representatividade dos táxons na área de estudo. As diatomáceas perifíticas não foram incluídas no estudo autoecológico pela comunidade apresentar interação metabólica com o substrato e, assim, mascarar potencialmente os efeitos diretos das variáveis ambientais. As variáveis limnológicas selecionadas para o estudo autoecológico foram: pH, condutividade, nitrogênio total e fósforo total por estarem mais diretamente relacionados com a qualidade dos corpos aquáticos.

4. ORGANIZAÇÃO DA TESE

Esta tese está organizada em partes gerais (introdução, objetivos, material e métodos, considerações finais e recomendações) e os resultados estão apresentados em quatro capítulos,

os quais são apresentados na formatação específica de cada revista de interesse para posterior publicação. Os capítulos apresentados são os seguintes:

1. Capítulo 1: “Taxonomia e aspectos ecológicos de *Fragilaria*, *Synedra* e *Ulnaria* no Estado de São Paulo” a ser submetido à revista *Diatom Research*.
2. Capítulo 2: “*Rimoneis* (Bacillariophyta): gênero pouco conhecido em ambientes de água doce tropicais” a ser submetido à revista *Phytotaxa*.
3. Capítulo 3: “New species and combinations on *Fragilariforma* (Bacillariophyta) from tropical freshwater environments” artigo aceito para publicação na revista *Fottea*.
4. Capítulo 4: “Novas espécies de diatomáceas arrafídeas penadas descritas para o Estado de São Paulo” compilação das publicações oriunda do presente estudo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, A.E, Dupont, C.L, Oborník, M., Horák, A., Nunes-Nesi, A., McCrow, J.P., Zheng, H., Johnson, D.A., Hu, H.H., Fernie, A.R. & Bower, C. (2011) Evolution and metabolic significance of the urea cycle in photosynthetic diatoms. *Nature* 473: 203–207.
- Almeida, P.D. & Bicudo, D.C. (2014) Diatomáceas planctônicas e de sedimento superficial em represas de abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo, SP, Sudeste do Brasil. *Hoehnea* 41: 187–207.
- APHA – American Publication Health Association (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Greenberg, A. E.; Clesceri, L. S.; Eaton, A. D. (Eds.). 21º Ed. USA: Washington.
- Bailleul, B., Berne, N., Murik, O., Petroutsos, D., Prihoda, J., Tanaka, A., Villanova, V., Bligny, R., Flori, S., Falconet, D., Krieger-liszkay, A., Santabarbara, S., Rappaport, F., Joliot, P., Tirichine, L., Falkowski, P.G., Cardol, P., Bowler, C. & Finazzi, G. (2015) Energetic coupling between plastids and mitochondria drives CO₂ assimilation in diatoms. *Nature* 524:366–369.
- Battarbee, R.W., Jones, V., Flower, R.J., Cameron, N., Bennion, H., Carvalho, L. & Juggins, S. (2001) Diatoms. In: Smol, J.P; Birks, H.J.B.; Last, W.M. (ed.). Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. *Kluwer Academic Publishers*: 155–203.
- Bennion, H. & Simpson, G.L. (2011) The use of diatom records to establish reference conditions for UK lakes subject to eutrophication. *Journal of Paleolimnology* 45: 469–488.

- Bere, T. & Tundisi, J.G. (2009) Weighted average regression and calibration of conductivity and pH of benthic diatoms in streams influenced by urban pollution - Sao Carlos/SP Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 21: 317–325.
- Bere, T. & Tundisi, J.G. (2010) Epipsammic diatomáceas em riachos influenciada pela poluição urbana, São Carlos-SP, Brasil. *Brazilian Journal of Biology* 70: 920–930.
- Bere, T. & Tundisi J.G. (2011) Diatom-based water quality assessment in streams influenced by urban pollution: effects of natural and two selected artificial substrates, São Carlos-SP, Brazil. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology* 15: 54–63.
- Bere, T. (2010) Benthic diatom community structure and habitat preferences along an urban pollution gradient in the Monjolinho River, São Carlos, SP, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 22:80–92.
- Bere, T. (2014) Ecological preferences of benthic diatoms in a tropical river system in São Carlos-SP, Brazil. *Tropical Ecology*, 55: 4761.
- Bertolli, L.M., Tremarin, P.I. & Ludwig, T.A.V. (2010) Diatomáceas perifíticas em *Polygonum hydropiperoides* Michaux, reservatório do Passaúna, Região Metropolitana de Curitiba, Paraná, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 24:1065–1081.
- Berzano, M., Marcheggiani, S., Rombini, S. & Spurio, R. (2012) The application of oligonucleotide probes and microarrays for the identification of freshwater diatoms. *Hydrobiologia* 695: 57–72.
- 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: 93–125.
- Bicudo, D.C., Bicudo, C.E.M., Castro, A.A.J. & Picelli-Vicentim, M.M. (1993) Diatomáceas (Bacillariophyceae) do trecho a represar do Rio Paranapanema (Usina Hidrelétrica de Rosana), estado de São Paulo, Brasil. *Hoehnea* 20: 47–68.
- Bicudo, C.E.M., Morandi, L.L., Araujo, A., Carneiro, L.A. & Bicudo, D.C. (2009) Algas. In: Lopes, M.I.M.S., Kirisaura, M. & Melo, M.M.R.F. (eds.). Patrimônio da Reserva Biológica do Alto da Serra de Paranapiacaba: a Antiga Estação Biológica do Alto da Serra. Instituto de Botânica, São Paulo, p. 187–212.
- Bicudo, C.E.M. & Menezes, M. (2006) Gêneros de algas continentais do Brasil. Chave para identificação e descrições. São Carlos: Editora RIMA. 2º ed. 489 p.

- Birks, H. J. B., Line, J. M., Juggins, S., Stevenson, A. C. & ter Braak, C.J.F. (1990) Diatoms and pH reconstruction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B* 327: 263–78.
- 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., de Andrade, E.A.N., Sutil, C., Beaumord, A.C., Laux, M. & Kociolek, J.P. (2014) Mudanças nas associações de diatomáceas relacionadas ao gradiente altitudinal e uso do solo no rio Itajaí-Mirim, Sul do Brasil. *Iheringia. Série Botânica.*, 69: 451–464.
- Canani, L.G.C., Menezes, M. & Torgan, L.C. (2011) Diatomáceas epilíticas de águas oligotróficas e ácidas do Sudeste do Brasil. *Acta Botânica Brasilica* 25: 130–140.
- Carneiro, L.A. (2007) Fragilariophyceae (Bacillariophyta) de águas doces do estado de São Paulo: levantamento florístico. Tese de Doutorado. São Paulo: Instituto de Botânica. 187 p.
- Cavalier-Smith, T. (1999) Principle of protein and lipid targeting in secondary symbiogenesis: Euglenoid, dinoflagellate, and sporozoan plastid origins and the eukaryote family tree. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 46:347–366.
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (2011) Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2010. 289 p.
- Chepurnov, V.A., Mann, D.G., Sabbe, K. & Vyverman, W. (2004) Experimental studies on sexual reproduction in diatoms. *International Review of Cytology* 237: 91–154.
- Compère, P. (1975) Algues de la région du lac tchad: Diatomophycées. *Hydrobiology* 9: 203–290.
- Compère, P. (2001) *Ulnaria* (Kützing) Compère, a new genus name for *Fragilaria* subgen. *Alterasynedra* Lange-Bertalot with comments on the typification of *Synedra* Ehrenberg. In: Jahn R., Kociolek, J. P., Witkowski, A. & Compère, P. (Eds.). Lange-Bertalot-Festschrift, Studies on Diatoms. A.R.G. Gantner Verlag K.G. Ruggell, p. 97–101.
- Costa, L.F. (2015) Taxonomia e ecologia de *Eunotia* (Bacillariophyceae) em represas das regiões Sul e Sudeste do estado de São Paulo. Dissertação de mestrado. São Paulo. Instituto de Botânica de São Paulo. 343 p.
- Costa, L.F., Wetzel, C.E., Lange-Bertalot, H., Ector, L. & Bicudo, D.C. Taxonomy and ecology of *Eunotia* species (Bacillariophyta) in southeastern Brazilian reservoirs. *Bibliotheca Diatomologica* (aceito para publicação).

- Costa, J.C. & 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.
- Costa-Böddeker, S., Bennion, H., Jesus, T.A., Albuquerque, A.L.S., Figueira, R.C.L. & Bicudo, D.C. (2012) Paleolimnologically inferred eutrophication of a shallow tropical urban reservoir, southeast Brazil. *Journal of Paleolimnology* 48: 751–766.
- Cox, E.J. (1996) Identification of Freshwater Diatoms from Live Materials. 158 pp. Chapman & Hall, London.
- Delwiche, C.F., Andersen, R.A., Bhattacharya, D., Mishler, B.D. & McCourt, R.M. (2004) Algal Evolution and the Early Radiation of Green Plants. In: Cracraft, J. & Donoghue, M.J. (eds.), *Assembling the Tree of Life*. Oxford University Press: 121–137.
- Denys, L. (1991) A check-list of the diatoms in the Holocene deposits of the western Belgian coastal plain with a survey of their apparent ecological requirements, I: introduction, ecological code and complete list. *Service Geologique de Belgique, Professional Paper* 246: 1–41.
- Dunck, B., Nogueira, I. de S. & Machado, M.G. (2012) Planktonic diatoms in lotic and lentic environments in the Lago dos Tigres hydrologic system (Britania, Goiás, Brazil): Coscinodiscophyceae and Fragilariophyceae. *Brazilian Journal of Botany* 35: 181–193.
- ECS - European Committee for Standardization. (2003) ECS. Water quality - Guidance standard for the routine sampling and pretreatment of benthic diatoms from rivers. EN 13946. Geneva. 14p. Disponível em: http://www.safrass.com/partners_area/BSI%20Benthic%20diatoms.pdf
- Ederington, M., Mcmanus, G. & Harvey, H. (1995) Trophic transfer of fatty acids, sterols, and a triterpenoid alcohol between bacteria, a ciliate and the copepod *Acartia tonsa*. *Limnology and Oceanography* 40: 860–867.
- Edlund, M.B., Morales, E.A. & Spaulding, S.A. (2006) The type and taxonomy of *Fragilaria elliptica* Schumann, a widely misconstrued taxon. In: A. Witkowski (ed.). Eighteenth International Diatom Symposium 2004, Miedzyzdroje, Poland. England, pp. 53–59. Biopress Limited, Bristol.
- Eskinazi-Leça, E., Moura, C.W.N., Cunha, M.G.G.S., Santiago, M.F., Borges, G.C.P., Lima, J.C., Silva, M.H., Ferreira, L.C., Aquino, E., da Silva, W.J. & Menezes, M. (2015)

- Bacillariophyceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- Faria, D.M., Tremarin, P.I. & Ludwig, T.A.V. (2010) Diatomáceas perifíticas da represa Itaquí, São José dos Pinhais, Paraná: Fragilariales, Eunotiales, Achnanthales e *Gomphonema* Ehrenberg. *Biota Neotropica* 10: 415–427.
- Faria, D. Matias de, Guimarães, A.T.B., & Ludwig, T.A.V. (2013) Responses of periphytic diatoms to mechanical removal of *Pistia stratiotes* L. in a hypereutrophic subtropical reservoir: dynamics and tolerance. *Brazilian Journal of Biology* 73: 681–689.
- Faustino, S.B., Fontana, L., Bartozek, E.C.R., Bicudo, C.E.M. & Bicudo, D.C. (2016) Composition and distribution of diatom assemblages from core and surface sediments of a water supply reservoir in Southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 16: 1–23.
- Ferrari, F. & Ludwig, T.A.V. (2007) Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae e Bacillariophyceae (Achnanthales) dos rios Ivaí, São João e dos Patos, bacia hidrográfica do rio Ivaí, município de Prudentópolis, PR, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 21: 421–441.
- Field, C.B., Behrenfeld, M.J., Randerson, J.T. & Falkowski, P. (1998) Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science* 281: 237–240.
- Flôres, T.L.; Moreira-Filho, H. & Ludwig, T.A.V. (1999) Contribuição ao inventário florístico das diatomáceas (Bacillariophyta) do Banhado do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil: II. Fragilariaceae. *Ínsula, Florianópolis* 28: 167–187.
- Fontana, L. & Bicudo, D.C. (2009) Diatomáceas (Bacillariophyceae) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR, Brasil): Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae. *Hoehnea* 36: 375–386.
- Fontana, L., Albuquerque, A.L.S., Brenner, M., Bonotto D.M., Sabaris, T.P.P., Pires, M.A.F., Cotrim, M.E.B. & Bicudo, D.C. (2014) The eutrophication history of a tropical water supply reservoir in Brazil. *Journal of Paleolimnology* 51: 29–43.
- Fourtanier, E. & Kociolek, J.P. (2011) Catalogue of Diatom Names. On-Line Version. <http://research.calacademy.org/research/diatoms/names/index.asp>
- Garcia, M. (2006) The transfer of *Fragilaria obtusa* Hustedt to the genus *Staurosira* Ehrenberg (Bacillariophyceae). *Phycological Research* 54: 87–93.
- Hirakawa, Y., Nagamune, K. & Ishida, K. (2009) Protein targeting into secondary plastids of chlorarachniophytes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106:12820 –12825.

- Hopkinson B.M., Dupont C. L., Allen A.E. & Morel F.M.M. (2011) Efficiency of the CO₂-concentrating mechanism of diatoms. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 108: 3830–3837.
- Hustedt F. (1930) Die Susswasser – Flora Mitteleuropas. Otto Koeltz Science Publishers: Germany, p. 1–466.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010) Acesso em dezembro 01. 2012 <http://www.ibge.gov.br/Index> Nominum Algarum, University Herbarium, University of California, Berkeley. Compiled by Paul Silva. <http://ucjeps.berkeley.edu/CPD/>
- Joly, C.A., Rodrigues, R.R., Metzger, J.P., Haddad, C.F., Verdade, L.M., Oliveira, M.C., & Bolzani, V.S. (2010) Biodiversity conservation research, training, and policy in São Paulo. *Science*, 328: 1358–1359.
- Kaczmarek, I., Reid, C., & Moniz, M. (2007) Diatom taxonomy: morphology, molecules and barcodes. In *Proceedings of the 1st Central-European Diatom meeting*: 69–72.
- Kleppel, G.S., Holliday, D.V. & Pieper, R.E. (1991) Trophic interactions between copepods and microplankton: a question about the role of diatoms. *Limnology and Oceanography*. 36: 172–178.
- Kleppel, G.S. (1993) On the diets of calanoid copepods. *Marine Ecology Progress Series* 99:183–195.
- Kleppel, G.S. & Burkart, C.A. (1995) Egg production and the nutritional environment of *Acartia tonsa*: the role of food quality in copepod nutrition. *ICES Journal of Marine Science* 52: 297– 304.
- Kociolek, J.P. (2010) Microscopic in size: macroscopic in impact. Diatom-human interactions. In: Z. Dubinsky & J. Seckbach (eds.), *All Flesh Is Grass, Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology* 16. Springer Science and Business Media B.V.
- Kociolek, J.P. & Williams, D.M. (2015) How to define a diatom genus? Notes on the creation and recognition of taxa, and a call for revisionary studies of diatoms. *Acta Botanica Croatica* 74: 195–210.
- Kociolek, J.P., Theriot, E.C., Williams, D.M., Julius, M., Stoermer, E.F. & Kingston, J.C. (2015) Centric and Araphid Diatoms. In: J. Wehr, R. Sheath & J.P. Kociolek [Eds], *Freshwater Algae of North America*. 2nd Edition. Academic Press, NY.

- Kooistra, W.H., & Medlin, L. (1996) Evolution of the diatoms (Bacillariophyta) IV A reconstruction of their age from small subunit rRNA coding regions and fossil record. *Molecular phylogenetics and evolution* 6: 391–407.
- Kooistra, W.H.C.F., Forlani, G. & De Stefano, M. (2009) Adaptations of araphid pennate diatoms to a planktonic existence. *Marine Ecology* 30: 1–15.
- Korte, V.L. & Blinn, D.W. (1983) Diatom colonization on artificial substrata in pool and riffle zones studied by light and electron microscopy. *Journal of Phycology* 19: 332–341.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1991) Bacillariophyceae 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae Süßwasserflora von mitteleuropa. Stuttgart: G. Fischer 2/3, 576 p.
- Lamb, M.A. & Lowe, R.L. (1983) Effects of current velocity on the physical structuring of diatom (Bacillariophyceae) communities. *Ohio Journal of Science* 8:72–78.
- Landucci, M. & Ludwig, T.A.V. (2005) Diatomáceas de rios da bacia hidrográfica Litorânea, PR, Brasil: Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae. *Acta Botanica Brasilica* 19: 345–357.
- Lange-Bertalot, H. (1980) Zur systematischen Bewertung der bandförmigen Kolonien bei *Navicula* und *Fragilaria*. Kriterien für die Vereinigung von *Synedra* (subgen. *Synedra*) Ehrenberg mit *Fragilaria* Lyngbye. *Nova Hedwigia* 33: 723–787.
- Lange-Bertalot, H. (1989) Generic rank for *Punctastriata*, *Staurosirella* and other taxa *sensu* Williams & Round? *Nova Hedwigia* 49: 79–106.
- Lange-Bertalot, H. (1993) Once more: *Punctastriata*, *Staurosirella* and other taxa. A reply to Round & Williams (1992). *Nova Hedwigia* 56: 179–182.
- Lange-Bertalot, H. & Ulrich, S. (2014) Contributions to the taxonomy of needle-shaped *Fragilaria* and *Ulnaria* species. *Lauterbornia* 78: 1–73.
- Lange-Bertalot, H., Külbs, K., Lauser, T., Nörpel-Scheemp, M. & Willmann, M. (1996) Dokumentation und Revision der von Georg Krasske beschriebenen Diatomeen-Taxa. In: Lange-Bertalot, H. (ed.). *Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs. Vol. 3. Taxonomy*. Königstein, Germany, Koeltz Scientific Books. Vol. 3. 358 pp.
- Laux, M. & Torgan, L.C. (2011) Diatomáceas com plastídeos no plâncton da foz dos rios do Delta Jacuí, Sul do Brasil: um complemento à taxonomia tradicional. *Iheringia, Série Botânica* 66: 109–132.
- Lecointe, C., Coste, M. & Prygiel, J. (1993) “Omnidia”: software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia* 269/270: 509–513.

- Lobo, E.A. & Torgan, L.C. (1988) Análise da estrutura da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyceas) em duas estações do sistema Guaíba. Rio Grande do Sul: *Acta Botânica Brasílica* 1:103–119.
- Lobo, E.A.; Kirst, A., Costa, A.B. & Oliveira, M.A. (1995) Estudo na qualidade da água do Arroio Boa Vista, Município de Carlos Barbosa, Rio Grande do Sul. *Biociências* 3: 43–63.
- 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, Serie Botanica* 47: 45–72.
- Lobo, E.A., Callegaro, V.L. & Bender, E.P. (2002) Utilização de algas diatomáceas epilíticas como indicadoras da qualidade da água em rios e aroios da região hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil. Ed. Edunisc, Santa Cruz do Sul. 127 p.
- Lobo, E.A., Bes, D., L. Tudesque, L. & Ector, L. (2004a) Water quality assessment of the Pardinho River, RS, Brazil, using epilithic diatom assemblages and faecal coliforms as biological indicators. *Vie et Milieu* 53:46–53.
- Lobo, E.A., Callegaro, V.L.M., Hermany, G., Bes, D., Wetzel, C.A. & Oliveira, A. (2004b) Use of epilithic diatoms as bioindicators from lotic systems in southern Brazil, with special emphasis on eutrophication. *Acta Limnologica Brasílica* 16:25–40.
- Lobo, E.A., Callegaro, V.L.M., Hermany, G., Gomez, N. & Ector, L. (2004c) Review of the use of microalgae in South America for monitoring rivers, with special reference to diatoms. *Vie Milieu* 54:105–114.
- Lobo, E.A., Wetzel, C.E., Schuch, M. & Ector, L. (2014) Diatomáceas epilíticas como indicadores da qualidade da água em sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros. Santa Cruz do Sul. EDUNISC 144 p.
- Lowe, R.L. (1974) Environmental Requirements and Pollution Tolerance of Freshwater Diatoms. National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio. 333 p.
- Ludwig, T.A. & Flôres, T.L. (1995) Diatomoflórula dos rios da região a ser inundada para construção da Usina Hidrelétrica de Segredo, PR. Conscinodiscophyceae, Bacillariophyceae (*Achnantales* e *Eunotiales*) e Fragilariophyceae (*Meridion* e *Asterionella*). *Arquivos Biologia e Tecnologia* 38: 631–650.
- Ludwig, T.A.V. & Flôres, T.L. (1997) Diatomoflórula dos rios da região a ser inundada para a construção da Usina Hidrelétrica de Segredo, PR. Fragilariophyceae (*Fragilaria* e *Synedra*). *Hoehnea* 24: 55–65.

- Ludwig, T.A.V., Tremarin, P.I., Laux, M., Padial, A.A. & Torgan, L.C. (2015) *Fragilaria longifusiformis* (Hains & Sebring) Siver *et al.* (Diatomeae) em rios e reservatórios subtropicais. *Iheringia. Série Botânica* 70: 587–591.
- Magrin, A.G.E. & Senna, P.A.C. (2000) Diatomáceas (Bacillariophyta) da Lagoa de Diogo e seus trechos fluviais: córrego Cafundó e rio Moji Guaçu, 1: classes Coscinodiscophyceae e Fragillariophyceae. *In*: Santos, J.E. & Pires, J.S.R. (eds.). Estação Ecológica de Jataí: estudos integrados em ecossistemas. São Carlos: Rima Editora. Vol. 2: 415–430.
- Mann, D.G. (1999). The species concept in diatoms. *Phycologia* 38: 437–495.
- Mann, D.G., & Droop, S.J.M. (1996). Biodiversity, biogeography and conservation of diatoms. *In Biogeography of freshwater algae*: 19–32.
- Mann, D.G. & Vanormelingen, P. (2013) An inordinate fondness? The number, distribution and origins of diatom species. *The Journal of Eukaryotic Microbiology* 60: 414–420.
- Marra, R.C., Tremarin, P. I. & Ludwig, T.A.V. (2016) Epiphytic diatoms (Diatomeae) from Piraquara II urban reservoir, Paraná state. *Biota Neotropica* 16: 1–20.
- Matsuda, Y. & Kroth, P.G. (2014) Carbon Fixation in Diatoms. *In*: M.F. Hohmann-Marriott (ed.), The Structural Basis of Biological Energy Generation, Advances in Photosynthesis and Respiration 39: 335–362.
- Medlin, L. K. (2016). Opinion: Can coalescent models explain deep divergences in the diatoms and argue for the acceptance of paraphyletic taxa at all taxonomic hierarchies?. *Nova Hedwigia*, 102: 107-128.
- Medlin L.K., Jung, I., Bahulikar, R., Mendgen, K., Kroth, P. & Kooistra, W.H.C.F. (2008) Evolution of the diatoms. VI. Assessment of the new genera in the araphids using molecular data. *Nova Hedwigia* 133: 81–100.
- Medlin, L.K. & Kaczamarska, I. (2004) Evolution of the diatoms, 5: morphological and cytological support for the major clades and taxonomic revision. *Phycologia* 43: 245–270.
- Medlin, L.K. (2009) Diatoms (Bacillariophyta). *In*: The timetree of life. Hedges, S.B. & Kumar, S. (Eds). Oxford University Press: 127–130 p.
- Menezes, M., Bicudo, C.E.M., Moura, C.W. N., Alves, A.M., Santos, A.A. (2015) Update of the Brazilian floristic list of algae and Cyanobacteria. *Rodriguésia* 66: 1047-1062.
- Metzeltin, D. & García-Rodríguez, F. (2003) Las Diatomeas Uruguayas. D.I.R.A.C, Montevideo. 207 p.

- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H. (1998) Tropical Diatoms of South America: About 700 predominantly rarely known or new taxa representative of the Neotropical flora. *In*: Lange-Bertalot, H. (ed.) *Iconografia Diatomologica*, annotated diatom micrographs Vol.5: 1–695. Koeltz Scientific Books, Stuttgart.
- Morales, E.A. (2001) Morphological studies in selected fragilarioid diatoms (Bacillariophyceae) from Connecticut waters (U.S.A.). *Proceedings of the academy of Natural Sciences of Philadelphia* 151: 105–120.
- Morales, E.A. (2002) Studies in selected fragilarioid diatoms of potential indicator value from Florida (U.S.A.) with notes on the genus *Opephora* Petit (Bacillariophyceae). *Limnologica* 32: 102–113.
- Morales, E.A. (2005) Observations of the morphology of some known and new fragilarioid diatoms (Bacillariophyceae) from rivers in the USA. *Phycological Research* 53: 113–133.
- Morales, E.A. (2006) *Staurosira incerta* (Bacillariophyceae) a new fragilarioid taxon from freshwater systems in the United States with comments on the structure of girdle bands in *Staurosira* Ehrenberg and *Staurosirella* Williams et Round. *In*: Manoylov, K. & Ognjanova, N. (eds.). *Fossil and Recent Phycological Studies*. Dobrina Temniskova-Topalova. Sophia, Bulgaria. Festschrift. pp. 133–145. Pensoft Publishers and University Publishing House.
- Morales, E.A. & Edlund, M.B. (2003) Studies in selected fragilarioid diatoms (Bacillariophyceae) from Lake Hovsgol, Mongolia. *Phycological Research* 51: 225–239.
- Morales, E.A. & Manoylov, K.M. (2006a) *Staurosirella incognita* Morales et Manoylov sp. nov., a non-spiny species from North America, with an emended description of *Staurosirella* Williams et Round (Bacillariophyceae). *In*: A. Witkowski (ed.). *Eighteenth International Diatom Symposium 2004*, Miedzyzdroje, Poland. England. pp. 325–336. Biopress Limited, Bristol.
- Morales, E.A. & Manoylov, K.M. (2006b) Morphological studies on selected taxa in the genus *Staurosirella* Williams et Round (Bacillariophyceae) from rivers in North America. *Diatom Research* 21: 343–364.
- Morales, E.A., Chávez, V.S. & Fernández, E. (2009). Diatomeas (Bacillariophyta): ¿Por qué debemos incorporalas em estudos de la biodiversidade Boliviana? *In*: *Simposio XXX Aniversario Instituto de Ecología*, La Paz. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, pp. 1–6.

- Morales, E.A., Manyolov, K.M. & Bahls, L.L. (2010) Three new araphid diatoms (Bacillariophyta) from rivers in North America. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 160: 29–46.
- Moreira-Filho, H. & Valente-Moreira, I. (1981) Avaliação taxonômica e ecológica das diatomáceas (Bacillariophyceae) epífitas em algas pluricelulares obtidas nos litorais do Paraná, Santa Catarina e São Paulo. *Boletim do Museu Botânico Municipal* 47: 1–17.
- Moreira-Filho, H., I.M. Valente-Moreira, R.S. Mosimann & Cunha, J.A. (1990) Avaliação florística e ecológica das Diatomáceas (Chrysophyta-Bacillariophyceae) marinhas e estuarinas nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. *Estudos de Biologia PUC* 25: 5–48.
- Moresco, C., Tremarin, P.I., Ludwig, T. & Rodrigues, L. (2011) Diatomáceas perifíticas abundantes em três córregos com diferentes ações antrópicas em Maringá, PR, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 34: 359–373
- Moro, R.S. & Fürstenberg, C.B. (1997) Catálogo dos principais parâmetros ecológicos de diatomáceas não-marinhas. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 1997. 282 p.
- Nardelli, M.S., Bueno, N.C., Ludwig, T.A.V., Tremarin, P.I. & Bartozek, E.C.R. (2014) Coscinodiscophyceae and Fragilariophyceae (Diatomeae) in the Iguaçu River, Paraná, Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 28: 127–140.
- Nascimento, M.N. (2012) Biodiversidade e distribuição das diatomáceas planctônicas e de sedimento superficial em represa profunda oligotrófica (Sistema Cantareira, Represa Jaguari-Jacareí). Dissertação de Mestrado. São Paulo: Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo. 151 p.
- Nelson, D.M., Tréguer, P., Brzezinski, M.A., Leynaert, A. & Quéguiner, B. (1995). Production and dissolution of biogenic silica in the ocean: revised global estimates, comparison with regional data and relationship to biogenic sedimentation. *Global Biochemical Cycles* 9: 359–372.
- Oliveira, M.A., Torgan, L.C., Lobo, E.A. & Schwarzbald, A. (2001) Association of periphytic diatom species of artificial substrate in lotic environments in the arroyo Sampaio basin, RS, Brazil: relationships with abiotic variables. *Brazilian Journal of Biology* 61:523–540.
- Oliveira, S. A. (2015) Comparação da biodiversidade e distribuição das diatomáceas planctônicas, perifíticas e de sedimentos superficiais nos reservatórios Cabuçu e Tanque

- Grande, região metropolitana de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Instituto de Botânica, São Paulo. 134 p.
- Patrick, R. (1976) The formation and maintenance of benthic diatom communities. *Proceedings of the American Philosophical Society* 120: 475–484.
- Patrick, R. & Reimer, C.W. (1966) The diatoms of the United States Exclusive of Alaska and Hawaii. Vol 1: Fragilariaceae, Eunotiaceae, Achnanthaceae. *Philadelphia. Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 13. 699 pp.
- Potapova, M.G. & Charles, D.F. (2002) Benthic diatoms in USA rivers: distributions along speciation and environmental gradients. *Journal of Biogeography* 29: 167–187.
- Raupp, S.V., Torgan, L.C. & Baptista, L.R.M. (2006) Composição e variação temporal de diatomáceas (Bacillariophyta) no plâncton da represa de Canastra, sul do Brasil. *Iheringia, Série Botânica* 61: 105–134.
- Rocha, A.C.R. (2012) Influência do hábitat e do estado trófico na biodiversidade e distribuição das diatomáceas (Bacillariophyta) em reservatórios da sub-bacia do Alto Rio Tietê, São Paulo. Tese de doutorado. Rio Claro, Universidade Estadual Paulista. 316 p.
- Rosa, V.C. & Garcia, M. (2013) Diatomáceas (Bacillariophyceae) epífitas em *Acrostichum danaeifolium* (Pteridaceae) no Arroio Pseudônimo, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. *Sitientibus serie Ciencias Biologicas (SCB)* 13.
- Round, F.E. & Willians (1992) The generic status of some diatom genera with special reference to the araphid group-a reply. *Nova Hedwigia* 55: 485–500.
- Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G. (1990) The diatoms: biology and morphology of the genera. Cambridge: Cambridge University Press. 747 p.
- Salomoni, S.E., Rocha, O., Callegaro, V.L.M. & Lobo, E.A. (2006) Epilithic diatoms as indicator of water quality in the Gravataí River, Rio Grande do Sul State, 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 Limnologica Brasílica* 20:313–324.
- Salomoni, S.E, Rocha, O.B, Hermany, G.C. & 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.

- Salomoni, S.E, Rocha, O.B, & Torgan, L.C. (2017) Seasonal and spatial variation of the epilithic diatoms: case study of an organic pollution gradient in a subtropical region of southern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 29. Epub January 26.
- Silva, A.M. da, Ludwig, T.A.V., Tremarin, P.I. & Vercellino, I.S. (2010). Diatomáceas perifíticas em um sistema eutrófico brasileiro (Reservatório do Iraí, estado do Paraná). *Acta Botanica Brasilica*, 24: 997–1016.
- Sala, S.E., Santiago, R. D., Nunes-Avellaneda & Lamaro, A.A. (1999) Nuevos registros de diatomeas (Bacillariophyceae) de la amazônia colombiana. *Caldasia* 21: 26–37.
- Sant’Anna, C.L., Azevedo, M.T.P. & Sormus, L. (1989) Fitoplâncton do Lago das Garças, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, SP, Brasil: estudo taxonômico e aspectos ecológicos. *Hoehnea* 16: 89–131.
- Sato, S., Mann, D.G., Matsumoto, S. & Medlin, L.K. (2008a) *Pseudostriatella* (Bacillariophyta): a description of a new araphid diatom genus based on observations of frustule and auxospore structure and 18S rDNA phylogeny. *Phycologia* 47: 371–391.
- Sato S., Mann D.G., Nagumo T., Tanaka J., Tadano T. & Medlin L.K. (2008b) Auxospore fine structure and variation in modes of cell size changes in *Grammatophora marina* (Bacillariophyta). *Phycologia* 47: 12-27.
- Schneck, F.; Torgan, L.C & Schwarzbald, A. (2008) Diatomáceas epilíticas em riacho de altitude no Sul do Brasil. *Rodriguésia* 59: 325–338.
- Schönfelder, I., Gelbrecht, J., Schönfelder, J. & Steinberg, C.E.W. (2002) Relationship between littoral diatoms and their chemical environment in northeastern German lakes and rivers. *Journal of Phycology* 38: 66–82.
- Silva, A.M, Ludwig, T.A.V, Tremarin, P.I. & Vercellino, I.S. (2010) Diatomáceas perifíticas em um sistema eutrófico brasileiro (Reservatório do Iraí, Estado do Paraná). *Acta Botanica Brasilica* 24: 997–1016.
- Simonsen, R. (1974) The diatom plankton of the Indian Ocean Expedition of R/V "Meteor", 1964-65 Meteor Forschungsergebnisse Reihe D-Biologie 19: 1–66.
- Siver, P.A., Morales, E.A., Van de Vijver, B., Smits, M., Hamilton, P.B., Lange-Bertalot, H. & Hains, J.J. (2006) Observations on *Fragilaria longifusiformis* comb. nov. et nom. nov. (Bacillariophyceae), a widespread planktic diatom documented from North America and Europe. *Phycological Research* 54: 183–192.

- Smol, J.P. (2008) *Pollution of Lakes and Rivers: A paleoenvironmental Perspective*. 2^o ed. Oxford. Wiley-Blackwell Publishing. 383 p.
- Smol, J.P. & Stoermer, E.F. (2010) *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*. 2^o edition. Cambridge. Cambridge University Press. 667 p.
- Spaulding, S.A., Lubinski, D.J. & Potapova, M. (2010). *Diatoms of the United States*. <http://westerndiatoms.colorado.edu>.
- Talgatti, D.M.; Wetzel, C.E., Morales, E.A, Ector, L. & Torgan, L.C. (2014) Transfer of *Fragilaria atomus* Hust. to the genus *Stauroforma* (Bacillariophyta) based on observation of type and newly collected material. *Phytotaxa* 158:43–58.
- Taylor, J.C.; Harding, W.R. & Archibald, G.M. (2007) *An Illustrated Guide to Some Common Diatom Species from South Africa*. WRC Report TT 282/07. 224 p.
- ter Braak, C.J.F. & van Dam, H. (1989) Inferring pH from diatoms: a comparison of old and new calibration methods. *Hydrobiologia* 178: 209–223.
- Torgan, L.C. (1985) Estudo taxonômico de diatomáceas (Bacillariophyceae) da represa de Águas Belas, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia. Série Botânica* 33:17–104.
- Torgan, L.C. & Biancamano, M.I. (1991) Catálogo das Diatomáceas (Bacillariophyceae) referidos para o estado do Rio Grande do Sul, Brasil, no período de 1973 a 1990. *Caderno de Pesquisa Série Botânica* 3:1–201.
- Tucci, A., Sant’Anna, C.L., Gentil, R.C. & Azevedo, M.T.P. (2006) Fitoplâncton do Lago das Garças, São Paulo, Brasil: um reservatório urbano eutrófico. *Hoehnea* 33: 147–175.
- Tuji, A. (2009) The transfer of two japanese *Synedra* species (Bacillariophyceae) to the genus *Ulnaria*. *Bulletin of the National Science Museum, Series B (Botany)* 35: 11–16.
- Tuji, A. & Houki, A. (2004) Type examination of *Synedra delicatissima* W. Sm. and Its Occurrence in Japan. *Bulletin of the National Science Museum* 30: 151-154.
- Tuji, A. & Williams, D. M. (2006a) Typification of *Conferna pectinalis* O. F. Müll. (Bacillariophyceae) and the identity of the type of an alleged synonym, *Fragilaria capucina* Desm. *Taxon* 55: 193-199.
- Tuji, A. & Williams, D.M. (2006b) Examination of the type material of *Synedra rumpens* = *Fragilaria rumpens*, Bacillariophyceae. *Phycological Research* 54: 99–103.
- Tuji, A. & Williams, D.M. (2007) Type examination of Japanese diatoms described by Friedrich Meister (1913) from Lake Suwa. *Bulletin of the National Museum of Nature and Science, series B (Botany)* 33: 69–79.

- Tremarin, P.I., Ludwig, T.A.V. & Torgan, L.C. (2012) Ultrastructure of *Aulacoseira brasiliensis* sp. nov. (Coscinodiscophyceae) and comparison with related species. *Fottea* 12: 171–188.
- Tremarin, P.I., Paiva, R.S., Ludwig, T.V. & Torgan, L.C. (2013) *Aulacoseira calypsi* sp. nov. (Coscinodiscophyceae) from an Amazonian lake, northern Brazil. *Phycological Research* 61: 292–298.
- Van Dam, H., Mertens, A. & Sinkeldam, J. (1994) A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28: 117–133.
- Vanormelingen, P., Cottenie, K., Michels, E., Muylaert, K., Vyverman, W. & De Meester, L. (2008) The relative importance of dispersal and local processes in structuring phytoplankton communities in a set of highly interconnected ponds. *Freshwater Biology* 53: 2170–2183.
- Vardi, A., Formiggini, F., Casotti, R., De Martino, A., Ribalet, F., Miralto, A. & Bowler, C. (2006) A stress surveillance system based on calcium and nitric oxide in marine diatoms. *PLoS Biol* 4: e60.
- Wehr, J.D. & Sheath, R.G. (2003) Freshwater Habitats of Algae. pp. 11–57, In: Wehr, J.D. & Sheath, R.G. (Eds.). *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*. San Diego: Academic Press.
- Wengrat, S. & Bicudo, D.C. (2011) Spatial evaluation of water quality in an urban reservoir (Billings Complex, southeastern Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia* 23: 200–216.
- Wengrat, S. (2011) Biodiversidade e distribuição das diatomáceas no Complexo Billings, São Paulo: influência da compartimentalização espacial e do estado trófico. Dissertação de Mestrado, Instituto de Botânica de São Paulo, 126 p.
- Wengrat, S., Marquardt, G.C., Bicudo, D.C., Bicudo, C.E.M, Wetzel, C.E. & Ector, L. 2015. Type analysis of *Cymbella schubartii* and two new *Encyonopsis* species (Bacillariophyceae) from southeastern Brazil. *Phytotaxa* 221: 247–264.
- Wetzel, C.E., Lobo, E.A., Oliveira, M.A., Bes, D. & Hermans, 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*, 14: 17–38.
- Williams, D. M. (1986) Comparative morphology of some species of *Synedra* Ehrenb. with a new definition of the genus. *Diatom Research* 1: 131–152.

- Williams, D.M. & Round, F.E. (1986) Revision of the genus *Synedra* Ehrenb. *Diatom Research* 1: 331–339.
- Williams, D.M. (1990) Cladistic analysis of some freshwater araphid diatoms (Bacillariophyta) with particular reference to *Diatom* and *Meridion*. *Plant Systematics and Evolution* 171: 89–97.
- Williams, D.M. (2009) 'Araphid' diatom classification and the 'absolute standard'. *Acta Botanica Croatica* 68: 455–463.
- Williams, D.M. (2011) *Synedra*, *Ulnaria*: definitions and descriptions – a partial resolution. *Diatom Research* 26: 149–153.
- Williams, D.M. & Kociolek, J.P. (2007) Pursuit of a natural classification of diatoms: history, monophyly and the rejection of paraphyletic taxa. *European Journal of Phycology* 42: 313–319.
- Williams, D.M., & Morales, E.A. (2010) *Pseudostaurosira mediniae*, a new name for *Pseudostaurosira elliptica* (Gasse) Jung et Medlin. *Diatom Research* 25: 225–226.
- Williams, D.M. & Reid, G. (2006) Large and species rich taxa: diatoms, geography and taxonomy. In: Hodkinson, T.R. (ed.). Reconstructing the tree of life. p. 299–316.
- Williams, D.M. & Round, F.E. (1987) Revision of the genus *Fragilaria*. *Diatom Research* 2: 267–288.
- Williams, D.M. & Round, F.E. (1988a) *Fragilariforma*, nom. nov., a new generic name for *Neofragilaria* Williams & Round. *Diatom Research* 3: 265–267.
- Williams, D.M. & Round, F. E. (1988b) Phylogenetic systematics of *Synedra*. In: Proceedings of the 9th International diatom symposium (ed. F.E. Round), 303–315.
- Wolf, H. 1982. Method of coding of ecological data from diatoms for computer utilization. Meded. Rijks. *Geologischer Dienst* 36: 95–98.
- Zorzal-Almeida, S. (2015) Biodiversidade e distribuição das diatomáceas em represas do Estado de São Paulo com ênfase na bacia do rio Piracicaba e do Sistema Cantareira. Tese de doutorado. São Paulo. Instituto de Botânica. 157 p.

Taxonomia e aspectos ecológicos dos gêneros *Fragilaria*, *Synedra* e *Ulnaria* no Estado de São Paulo

Resumo

A biodiversidade e ecologia das diatomáceas arrafídeas penadas são pouco conhecidas mesmo em nível global a despeito da sua ocorrência frequente nos habitats planctônico, perifítico e bentônico. A alta variabilidade morfológica e a difícil visualização dos caracteres diagnósticos em microscopia de luz constituem um grande desafio para circunscrever as espécies e variedades desse grupo. Este trabalho objetiva identificar, ilustrar e registrar a variabilidade morfológica e ultraestrutural dos táxons pertencentes aos gêneros *Fragilaria*, *Synedra* e *Ulnaria* a partir de amostras do Estado de São Paulo. Este estudo também apresenta pioneiramente uma abordagem autoecológica das espécies desses gêneros para a região tropical, contribuindo para seu uso como bioindicadores da eutrofização. Por estar inserido em dois projetos de pesquisa (Projeto Biota e Projeto AcquaSed) o material analisado incluiu 491 amostras de materiais planctônicos, metafiticos, perifíticos e de sedimento superficial. Dessas, 126 lâminas permanentes são oriundas de 77 municípios inseridos em diferentes bacias hidrográficas do Estado de São Paulo (Projeto Biota) e 365 lâminas são provenientes de 30 represas com gradiente trófico (ultraoligotrófico a eutrófico) e inseridas em cinco bacias hidrográficas das regiões sul e sudeste do Estado de São Paulo (Projeto AcquaSed). Também foram analisados materiais-tipo oriundos dos herbários BRM (Alemanha) e do BR (Bélgica). O levantamento taxonômico foi feito a partir da análise detalhada das populações encontradas em microscopia de luz e eletrônica de varredura. A identificação dos táxons considerou a análise populacional, materiais-tipo e as circunscrições disponíveis em literatura. O cálculo das preferências ecológicas (ótimo ecológico e tolerância ambiental) das espécies foi realizado a partir das amostras de material planctônico e bentônico do Projeto AcquaSed e baseou-se na associação da abundância relativa dos táxons observados com quatro variáveis limnológicas selecionadas no banco de dados. Para tais análises foram considerados os táxons com frequência de ocorrência acima de 10% em pelo menos um dos habitats e com abundância igual ou maior que 1% em pelo menos uma unidade amostral, resultando em 24 espécies. O total de 33 táxons foram registrados, sendo 23 identificados em nível específico, um em nível de variedade e nove apenas em nível genérico. Os últimos tratam-se, muito provavelmente, de novidades

taxonômicas, ou necessitam de maior detalhamento ultraestrutural para confirmar sua identificação. Do total dos táxons, foram reportadas cinco novas citações para o Brasil e, além dessas, 13 para o Estado de São Paulo. A preferência por habitats perifítico e bentônico (sedimento superficial) foi confirmada. O conjunto dos resultados indica a preferência das espécies dos gêneros *Fragilaria* e *Ulnaria* por águas mais limpas, variando de oligotróficas a mesotróficas (15 táxons), e apenas a minoria (5) para ambientes degradados, eutróficos. Os presentes resultados destacam a importância de diferentes habitats, principalmente perifíton e sedimento superficial, bem como de ambientes mais conservados para ampliar e aprofundar o conhecimento da biodiversidade das diatomáceas fragilarióides e de seu uso na bioindicação.

Palavras-chave: autoecologia, bioindicação, diatomáceas, reservatórios.

I. Introdução

A atual classe Bacillariophyceae engloba as diatomáceas penadas que apresentam esterno central, com ou sem rafe (Medlin & Kaczmarska 2004, Williams 2009). Fazem parte desta classe as diatomáceas arrafídeas penadas, comumente referidas como “fragilarióides”, cuja principal característica é a presença de esterno central ou levemente lateral desprovido de sistema de rafe e que usualmente apresentam pelo menos uma rimopórtula próxima ao ápice das células. Esse grupo de diatomáceas apresenta ampla diversidade morfológica e estão, em geral, bem representadas no hábitat bentônico, associada aos sedimentos, podendo ser, muitas vezes, o grupo mais abundante nas comunidades planctônicas e perifíticas (Morales 2001).

A identificação das diatomáceas arrafídeas penadas é bastante complexa mesmo em nível genérico devido a sua morfologia aparentemente simples e contornos valvares similares (Round *et al.* 1990, Sato *et al.* 2008). As características que definem os principais gêneros de diatomáceas fragilarióides ainda não estão totalmente estabelecidas e estudos preliminares mostram a grande diversidade morfológica do grupo e a necessidade de sua revisão (Morales 2001, Sato *et al.* 2008). Outra dificuldade resulta do fato de que a descrição original de diversas espécies não apresenta características morfológicas distintivas, uma vez que as diferenças em suas estruturas são quase imperceptíveis sob microscopia de luz (Morales & Edlund 2003, Lange-Bertalot & Ulrich 2014).

Nas últimas décadas, os estudos utilizando microscopia eletrônica de varredura (MEV) têm separado as diatomáceas fragilarióides em novos gêneros. Esta análise vem sendo necessária para a confirmação da identidade taxonômica das espécies e mesmo entre os gêneros como a separação entre *Fragilaria* Lyngbye e *Ulnaria* (Kützinger) Compère, que está baseada na estrutura do cingulo (aberto *versus* fechado) para a correta sistemática desses gêneros (Williams 2011).

A diversidade de espécies de diatomáceas nas zonas tropicais e em especial na América do Sul é muito distinta daquela encontrada para ambientes temperados. Embora existam diversas espécies cosmopolitas, muitos táxons podem ser similares e, portanto, facilmente confundidos com espécies europeias (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998). A identificação errônea é bastante comum uma vez que a maioria das obras de identificação utilizadas é baseada em amostras coletadas nas zonas temperadas o que induz a erros acerca da distribuição geográfica, tolerâncias ambientais e deriva taxonômica já que um mesmo nome pode ser atribuído a diferentes táxons (Metzeltin & Garcia-Rodríguez 2003). Portanto, pela carência de estudos abrangentes para esta região é pouco seguro creditar endemismo aos táxons registrados

para a América do Sul que representa uma região ainda pouco explorada e carente de obras iconográficas regionais.

Dentre as diatomáceas penadas sem rafe conhecidas, 16 gêneros são reportados para o Brasil: *Asterionella* Hassal, *Ctenophora* (Grunow) Williams & Round, *Diatoma* Bory, *Fragilaria*, *Fragilariforma* (Ralfs) Williams & Round, *Martyana* Round, *Pseudostaurosira* (Grunow) Williams & Round, *Pseudostaurosiropsis* E. Morales, *Punctastriata* Williams & Round, *Rimoneis* M.Garcia, *Staurosira* (Ehrenberg) Williams & Round, *Staurosirella* Williams & Round, *Synedra* Ehrenberg, *Tabellaria* Heribaud, *Tabularia* Williams & Round e *Ulnaria* (Flora do Brasil 2020 em construção, 2017).

Assim como ocorre para o restante da América do Sul, as identificações taxonômicas estão baseadas em obras de outras áreas geográficas e muitos táxons podem ter sido identificados sob um nome diferente ou incerto. Para uma abordagem completa desse grupo de diatomáceas é importante a amostragem em diferentes habitats, pois as espécies apresentam estratégias de adesão como produção de mucilagem ou formação de colônias sendo encontradas em diferentes compartimentos de um corpo aquático.

No Brasil, trabalhos incluindo a abordagem taxonômica datam da década de 90, embora os gêneros *Fragilaria* e *Synedra* tenham sido citados nesses estudos (e.g. Ludwig & Flôres 1997, Magrin & Senna 2000, Ferrari & Ludwig 2007, Faria *et al.* 2010, Bes *et al.* 2012). Abordando exclusivamente a ordem Fragilariales, tem-se o estudo realizado por Carneiro (2007) no Estado de São Paulo, o qual registra a diversidade em nível regional. Embora possua grande relevância para a compreensão da variabilidade existente dentro da ordem, este estudo não foi publicado e seus resultados não puderam ser amplamente conhecidos. Dessa forma, a situação do conhecimento taxonômico deste grupo de diatomáceas reflete uma lacuna em âmbito regional e global, principalmente, em regiões tropicais.

No estudo de Carneiro (2007), 37 táxons são descritos e distribuídos em seis gêneros (*Asterionella*, *Fragilaria*, *Fragilariforma*, *Pseudostaurosira*, *Tabularia* e *Ulnaria*), incluindo no último gênero uma espécie de *Synedra*. Nesta obra, 32 táxons foram pioneiramente citados para o Estado de São Paulo. Entretanto, grande parte dos táxons necessita de revisão com base na avaliação de características ultraestruturais, uma vez que apenas 12 táxons foram ilustrados ao MEV, resultando na necessidade de revisão dos táxons para confirmar a distribuição e ocorrência das espécies.

Segundo a revisão da literatura para o Estado de São Paulo, os gêneros mais representativos em citações são: *Fragilaria* (44 citações), *Synedra* (29 citações) e *Ulnaria* (10

citações). Assim como acontece na América do Sul, e de uma forma geral para as citações de diatomáceas no Brasil, tais citações foram geralmente feitas em nível genérico, ou quando em nível específico ou subespecífico não estão, usualmente, acompanhadas de ilustração e/ou descrição, além de poucos materiais identificados estarem depositados em herbários, dificultando o processo de consulta ao material publicado (Sant'Anna *et al.* 1989, Bicudo *et al.* 1993, Magrin & Senna 2000, Tucci *et al.* 2006, Bicudo *et al.* 2009). Mais recentemente, a prática de depósito dos materiais analisados em herbários indexados tornou-se mais usual a partir da década de 90 fortalecendo assim, o estudo das diatomáceas em nível nacional e internacional (Oliveira *et al.* 2001, Garcia *et al.* 2004, Torgan & Santos 2006).

Apesar disso, no levantamento recente na base de dados na rede *speciesLink* (<http://www.splink.org.br>), menos de 2.000 registros são encontrados para a região sudeste do Brasil e, destes, 86% são referentes ao Estado de São Paulo (*e.g.* Fontana & Bicudo 2009, Almeida & Bicudo 2014, Faustino *et al.* 2016). O baixo registro reflete a necessidade de intensificar o conhecimento acerca das diatomáceas fragilarióides no Estado de São Paulo e, também para o país, considerando a elevada representação e distribuição desse grupo nos ecossistemas aquáticos. Acrescenta-se o potencial de descobertas de novas espécies para a ciência considerando as amplas áreas ainda não amostradas no país (Beauger *et al.* 2015).

Finalmente, com o uso crescente das diatomáceas em estudos de monitoramento ambiental, bioindicação e reconstrução do histórico ambiental dos ecossistemas aquáticos (Smol & Stoermer 2010), torna-se cada vez mais necessário avançar o conhecimento taxonômico e autoecológico das diatomáceas no país e nas regiões tropicais do globo. Usualmente, as circunscrições das populações de diatomáceas nessas áreas não correspondem exatamente às de regiões temperadas e, assim, atribuir amplos intervalos de variação morfológica e ecológica a um determinado táxon ou mesmo uma identificação ambígua pode induzir a erros nas interpretações sobre a qualidade ecológica dos ecossistemas aquáticos (Morales 2001, Bortolus 2008, Lange-Bertalot & Ulrich 2014).

Neste trabalho, as circunscrições taxonômicas dos táxons inventariados dos gêneros *Fragilaria*, *Synedra* e *Ulnaria* foram complementadas com informações autoecológicas das espécies/variedades mais frequentes, trazendo uma abordagem inovadora. Neste sentido, este estudo é pioneiro para a região tropical e contribui para o melhor entendimento taxonômico e autoecológico desses gêneros de arrafídeas em regiões tropicais do globo. Desta forma, fornecerá base mais consistente para o conhecimento das populações tropicais e de seu uso na

bioindicação, minimizando possíveis erros em cascata que possuem implicações diretas na ecologia e na biodiversidade de forma geral.

II. Material e Métodos

1. Área de estudo

O Estado de São Paulo apresenta área total de 248.222,362 km² em que estão distribuídos 645 municípios e uma população estimada em mais de 44 milhões de habitantes (IBGE 2015). Insere-se em duas grandes Regiões Hidrográficas brasileiras, Paraná e Atlântico Sudeste. Encontra-se dividido em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs), que adotam o conceito de bacia hidrográfica (Cetesb 2011), abrangendo ecossistemas aquáticos protegidos, ainda com poucos impactos antrópicos, e altamente urbanizados (Figura 1).

O delineamento amostral foi baseado em dois projetos mais amplos em que se vincula este estudo. Como parte do Projeto da Flora Ficológica do Estado de São Paulo (Programa Biota/FAPESP), buscou-se abranger o mais homoganeamente possível a área do Estado e suas bacias contribuintes e incluiu 77 municípios. As amostras oriundas do Projeto AcquaSed/FAPESP abrangeram 30 represas inseridas em cinco UGRHs: Bacia do Alto Paranapanema (BAP), Bacia do Ribeira de Iguape e Litoral Sul (BARL), Bacia do Médio Tietê/Alto Sorocaba (BAS), Bacia do Alto Tietê (BAT), Bacia do Piracicaba/Capivari/Jundiaí (BPCJ) e localizadas na região sul/sudeste do Estado.

2. Amostragem e material analisado

2.1 Amostras do Projeto Biota

As amostras oriundas do Projeto Biota foram coletadas no período de 1960-2011 e encontram-se depositadas na coleção seccional de algas do Herbário Científico do Estado “Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo” (SP) do Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. As amostras são representativas de ambientes lóticos, semilóticos e lênticos em diferentes habitats, com ênfase nas comunidades do plâncton, perifíton e metafiton. As amostras planctônicas foram coletadas a partir de arrastos com rede de plâncton (20 µm de abertura de malha) e as de perifíton/metafiton mediante espremido manual de plantas submersas. As amostras foram fixadas no momento da coleta com solução aquosa de formalina a 4% (Bicudo & Menezes 2006). O procedimento de oxidação e preparo

de lâminas permanentes seguiram Simonsen (1974) modificado por Moreira-Filho & Valente-Moreira (1981) e para confecção das lâminas permanentes do Projeto Biota/SP foi utilizado Zyrax ($IR = 1,7$) ou Hyrax ($IR = 1,67$) e, desde 2011, adotou-se o Naphrax ($IR = 1,73$) como meio de inclusão.

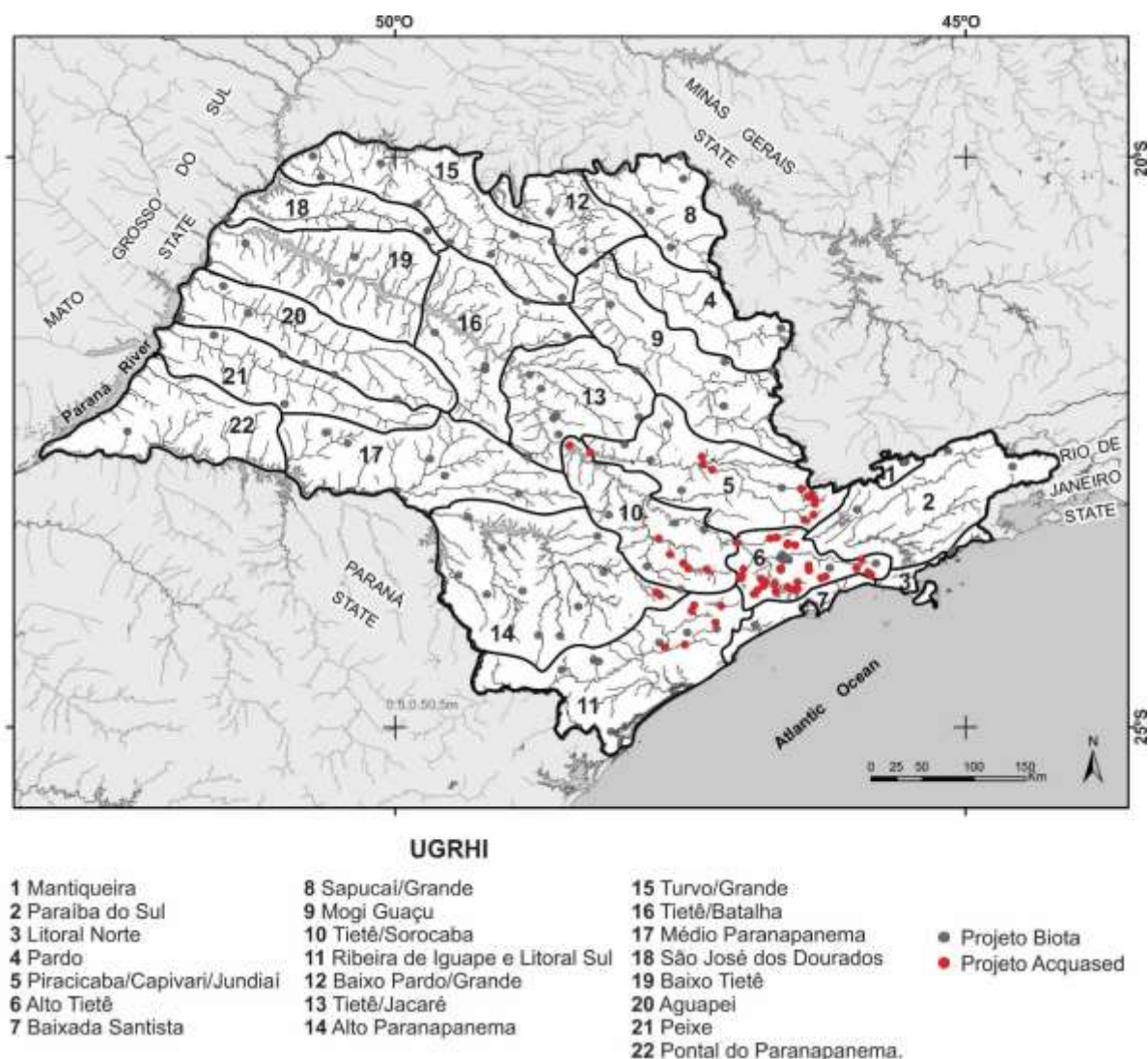


Figura 1. Localização das estações de amostragem distribuídas nas 22 bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. Pontos em cinza referem-se à localização das amostragens vinculadas ao Projeto Biota e, destacados em vermelho, das vinculadas ao Projeto AcquaSed (modificado do mapa fornecido pelo Laboratório de Geoprocessamento - Universidade Guarulhos).

As 126 amostras analisadas estão listadas em ordem numérica crescente de seus números de acesso como segue:

- SP163994. **Município de Itirapina**, lagoa de estabilização. col. *O. Aulino*, 18/IX/1979 (fitoplâncton).
- SP188211. **Município de Moji das Cruzes**, SP-88, Rio Tietê, à direita, 1 km antes de Moji das Cruzes, sentido Salesópolis-Moji das Cruzes, col. *A.A.J. de Castro & C.E.M. Bicudo*, 21/II/1980 (fitoplâncton).
- SP188212. **Município de São Carlos**, SP-310, km 220, lago à direita com *Eichhornia*, *Nymphaea* e *Cyperaceae*, col. *A.A.J. de Castro & C.E.M. Bicudo*, 20/III/1989 (perifíton).
- SP188219. **Município de Rio Claro**, Horto Florestal “Navarro de Andrade”, lago com *Eichhornia* e *Nymphaea*, col. *A.A.J. de Castro & C.E.M. Bicudo*, 17/VII/1989 (fitoplâncton).
- SP188327. **Município de Casa Branca**, SP-340, km 228,5, charco, lado direito, col. *A.A.J. de Castro & C.E.M. Bicudo*, 17/X/1989 (fitoplâncton).
- SP188433. **Município de Matão**, SP-310, km 309, brejo com *Typha* e *Eichhornia*, col. *L.H.Z. Branco*, 28/II/1990 (fitoplâncton).
- SP188434. **Município de Itanhém**, SP-55, km 332,7, charco com *Typha* e capim gordura, col. *A.A.J. de Castro & C.E.M. Bicudo*, 12/III/1990 (fitoplâncton).
- SP188436. **Município de São Pedro**, SP-304, km 127, lago do “Restaurante do Lago”, com *Nymphaea elegans* e *Salvinia*, col. *A.A.J. de Castro & C.E.M. Bicudo*, 20/III/1990 (fitoplâncton).
- SP239038. **Município de Pioneiros**, SP-330, km 393,25, rodovia entre Guará e São Joaquim da Barra, à direita, sentindo Guará e São Joaquim da Barra, lagoa com *Cyperaceae* e *Poaceae*, col. *A.A.J. de Castro*, 02/IX/1990 (fitoplâncton).
- SP239041. **Município de Campos do Jordão**, Horto Florestal de Campos do Jordão, córrego ao lado do estacionamento, col. *A.A.J. de Castro, C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo*, 27/VIII/1990 (fitoplâncton).
- SP239042. **Município de Itapetininga**, SP-270/127, km 171, à direita, lago formando pântano, com *Poaceae*, col. *A.A.J. de Castro, C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo*, 11/XI/1990 (metafíton).
- SP239085. **Município de Paraguaçu Paulista**, SP-284, km 457, riacho após açude, sem vegetação nas margens aquáticas, col. *M.C. Bittencourt-Oliveira*, 21/VII/1991 (fitoplâncton).

- SP239086. **Município de Marília**, SP-333, km (?), riacho Água da Cobra, afluente do Rio do Peixe, com charcos próximos, alguma vegetação aquática, col. *M.C. Bittencourt-Oliveira*, 20/VII/1991 (fitoplâncton).
- SP239087. **Município de Rancharia**, SP-457, 2 km antes do trevo, vossoroca com riacho no meio, sem vegetação ciliar ou macrófitas, col. *M.C. Bittencourt-Oliveira*, 21/VII/1991 (fitoplâncton).
- SP239088. **Município de Tupã**, SP-294, próximo ao IACRI, brejo com taboa e gramíneas, col. *M.C. Bittencourt-Oliveira*, 20/VII/1991 (perifíton e fitoplâncton).
- SP239092. **Município de Dracena**, SP-294, km 644, riacho bem alterado, próximo a porto de areia, sem vegetação aquática, col. *M.C. Bittencourt-Oliveira*, 20/VII/1991 (fitoplâncton).
- SP239096. **Município de Batatais**, SP-330, sentido Batatais-Franca, km 355,5, lado direito, em frente ao viveiro de mudas “Aparecida”, represa com pouca macrófita, *Hydrocotile* e *Myriophyllum*, col. *A.A.J. de Castro*, 16/XI/1991 (fitoplâncton).
- SP239098. **Município de Brodowski**, SP-330, rodovia vicinal, km 7, à esquerda, sentido BrodowskiJardinópolis, brejo em frente ao km 7, com Cyperaceae e *Typha*, col. *A.A.J. de Castro*, 16/XI/1991 (fitoplâncton).
- SP239137. **Município de Eldorado**, Ribeirão das Ostras, 300 m antes da Caverna do Diabo, col. *C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo*, 29/XII/1991 (fitoplâncton).
- SP239138. **Município de Vargem Grande Paulista**, SP-270, km 42,4 à direita, sentido CotiaVargem Grande, Chácara “Ise”, córrego represado com várias placas de Cyanophyceae, em macrófitas col. *A.A.J. de Castro*, 18/II/1992 (metafíton).
- SP239140. **Município de Piraju**, Represa de Jurumirim, em frente, 300 m da ilha da represa, para o lado da jusante da represa, col. *D.C. Bicudo & D.M. de Figueiredo C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo*, 22/I/1992 (fitoplâncton).
- SP239141. **Município de Paranapanema**, SP-270, km 230, sentido Teodoro Sampaio, entre as cidades de Paranapanema e Campina de Monte Alegre, col. *D.C. Bicudo & D.M. de Figueiredo C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo*, 21/I/1992 (fitoplâncton).
- SP239142. **Município de Jaú e Bariri**, SP-304, 13 km antes de Bariri, km 317,5, fazenda “Santa Fé”, açude com plantas aquáticas, col. *C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo*, 22/II/1992 (fitoplâncton).
- SP239143. **Município de Itajú**, SP-304, sentido Ibitinga, km 347,5, açude com plantas aquáticas, col. *C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo*, 22/II/1992 (fitoplâncton).

- SP239144. **Município de Reginópolis**, SP-331, sentido Pirajuí, km 115,2, à esquerda, lado direito do rio Batalha, 500 m depois da entrada de Reginópolis, brejo com macrófitas, col. *C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo*, 22/II/1992 (fitoplâncton).
- SP239233. **Município de Monte Alto**, rodovia entre Monte Alto e Vista Alegre, lago com gramíneas e *Typha*, col. *L.H.Z. Branco*, 20/II/1992 (fitoplâncton).
- SP239236. **Município de Lençóis Paulista**, SP-300, km 299,5, lago, entrada da cidade, rio Lençóis, col. *C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo*, 22/II/1992 (fitoplâncton).
- SP239239. **Município de Araçatuba**, Rodovia Marechal Rondon, local não especificado com Cyperaceae, gramíneas e *Myriophyllum*, col. *L.H.Z. Branco*, 15/I/1992 (fitoplâncton).
- SP255722. **Município de Matão**, SP-310, km 309, brejo com *Typha* e *Eichhornia*, col. *L.H.Z. Branco*, 28/II/1990 (perifíton).
- SP255724. **Município de São Pedro**, SP-304, km 127, lago do “Restaurante do Lago” com *Nymphaea elegans* e *Salvinia*, col. *A.A.J. de Castro & C.E.M. Bicudo*, 20/III/1990 (perifíton).
- SP255725. **Município de Itu**, SP-312, km 112,5, Fazenda Potiguara, represa com *Eichhornia*, *Cyperus papyrus* e *Myriophyllum*, col. *A.A.J. de Castro & C.E.M. Bicudo*, 20/III/1990 (perifíton).
- SP255726. **Município de Rio Claro**, Horto Florestal “Navarro de Andrade”, lago com *Eichhornia* e *Nymphaea*, col. *A.A.J. de Castro & C.E.M. Bicudo*, 17/VII/1989 (perifíton).
- SP255727. **Município de São Carlos**, SP-310, 12 km antes de São Carlos, km 220, à direita, lago com *Eichhornia*, *Nymphaea* e Cyperaceae, col. *A.A.J. de Castro & C.E.M. Bicudo*, 20/III/1989 (perifíton).
- SP255728. **Município de Mirassol**, SP-310, km 410,7, charco com gramíneas, fundo argiloso, col. *A.A.J. de Castro & C.E.M. Bicudo*, 10/IV/1990 (perifíton).
- SP255729. **Município de Uchoa**, SP-310, km 410,7, charco com gramíneas, fundo argiloso, col. *D.C. Bicudo & C.E.M. Bicudo*, 10/IV/1990 (perifíton).
- SP255732. **Município de Moji Guaçu**, fazenda Campaninha, represa ao lado do Açude do Jacaré, material epilítico, fundo, col. *D.C. Bicudo*, 12/V/1990 (perifíton).
- SP255733. **Município de Moji Guaçu**, fazenda Campaninha ao lado do Lago do Jacaré, com *Mayaca*, *Utricularia* e *Eichhornia*, material epilítico, fundo, col. *D.C. Bicudo*, 12/V/1990 (perifíton).

- SP255736. **Município de Campos do Jordão**, Horto Florestal de Campos do Jordão córrego ao lado do estacionamento, material epilítico, col. *A.A.J. de Castro, C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo*, 27/VIII/1990 (perifíton).
- SP255737. **Município de Campos do Jordão**, Horto Florestal de Campos do Jordão, açude mais alto, em frente ao tanque de carpas, próximo ao escoadouro, raspagem da parede de concreto do açude, col. *A.A.J. de Castro, C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo*, 27/VII/1990 (perifíton).
- SP255738. **Município de Pedregulho**, riacho da fazenda “Sobrado”, raspagem de pedra, tronco de árvore e fitoplâncton, col. *A.A.J. de Castro*, 02/IX/1990 (fitoplâncton e perifíton).
- SP255739. **Município de Guará**, Distrito de Pioneiros, SP-330, km 393,25, rodovia entre Guará e São Joaquim da Barra, próximo de São Joaquim da Barra, à direita, lagoa com Poaceae e Cyperaceae, col. *A.A.J. de Castro*, 02/IX/1990 (perifíton).
- SP255741. **Município de Itapetininga**, SP-270/127, km 171, à direita, lago formando pântano, com Poaceae, col. *A.A.J. Castro & C.E.M. Bicudo*, 11/XI/1990 (fitoplâncton).
- SP255742. **Município de Barra Bonita**, rio Tietê, perifíton de *Vallisneria*, col. *L.H.Z. Branco*, 02/I/1991 (perifíton).
- SP255743. **Município de São Paulo**, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), Jardim Botânico, Lago das Ninfas, col. *D.C. Bicudo, T.A.V. Ludwig & D.M. Figueiredo*, 18/VII/1991 (perifíton).
- SP255745. **Município de São Paulo**, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), Jardim Botânico, hidrofitotério, col. *D.C. Bicudo, T.A.V. Ludwig & D.M. Figueiredo*, 18/VII/1991 (perifíton).
- SP255747. **Município de São Paulo**, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), Jardim Botânico, Lago dos Bugios, col. *D.C. Bicudo, T.A.V. Ludwig & D.M. Figueiredo*, 18/VII/1991 (perifíton).
- SP255749. **Município de São Paulo**, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), Jardim Botânico, Córrego Pirarungaua, col. *D.C. Bicudo, T.A.V. Ludwig & D.M. Figueiredo*, 18/VII/1991 (perifíton).
- SP255751. **Município de São Paulo**, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), Jardim Botânico, Lago das Garças, associado à *Eichhornia*, col. *D.C. Bicudo, T.A.V. Ludwig & D.M. Figueiredo*, 18/VII/1991, GPS: 23° 38' 40,6"S, 46° 37' 28,0"W (perifíton).

- SP255752. **Município de São Paulo**, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), Jardim Botânico, Lago das Garças, associado à *Eichhornia*, col. *D.C. Bicudo, T.A.V. Ludwig & D.M. Figueiredo*, 18/VII/1991, GPS: 23° 38' 40,6"S, 46° 37' 28,0"W (fitoplâncton).
- SP255753. **Município de Marília**, SP-333, riacho Água da Cobra, com charcos próximos, alguma vegetação aquática, col. *M.C. Bittencourt-Oliveira*, 20/VII/1991 (perifíton).
- SP255754. **Município de Rancharia**, SP-457, sentido Rancharia-Mirandópolis, 2 km antes do trevo, vossoroca com riacho no meio, sem vegetação ciliar ou macrófitas, col. *M.C. Bittencourt-Oliveira*, 21/VII/1991 (perifíton).
- SP255758. **Dracena**, SP-255, km 278, SP-563, km 111, próximo de Presidente Venceslau, riacho, solo arenoso, afluente do rio Peixe, col. *M.C. Bittencourt-Oliveira*, 21/VII/1991 (perifíton).
- SP255759. **Limite entre os municípios de Avaré-Itaí**, SP-255, km 278, Represa Jurumirim, quase limite com o Município de Itaí, sentido Avaré-Itaí, col. *A.A.J. de Castro, C.E.M. Bicudo & M.R. Marques-Lopes*, 10/IX/1992 (perifíton).
- SP255760. **Município de Itaí**, SP-330, km 355,5, SP-255, km 308,3, Represa de Jurumirim, lado direito, sentido Itaí-Taquarituba, presença de *Myriophyllum* e *Eichhornia*, col. *A.A.J. de Castro, C.E.M. Bicudo & M.R. Marques-Lopes*, 10/IX/1991 (perifíton).
- SP255761. **Município de Batatais**, SP-330, km 355,5, lado direito, sentido Batatais-Franca, represa com pouca macrófita, *Hydrocotyle* e *Myriophyllum*, em frente ao Viveiro de Mudanças "Aparecida", col. *Castro, A.A.J.*, 16/XI/1991 (perifíton).
- SP255762. **Município de Brodowski**, Rodovia vicinal, km 7, à esquerda, brejo com Cyperaceae e *Typha*, col. *Castro, A.A.J.*, 16/XI/1991 (perifíton).
- SP255763. **Município de Miracatu**, Rodovia BR-116, km 383, rio Itariri (bairro Pedro Barros), col. *C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo Castro, A.J.*, 29/XII/1991 (fitoplâncton).
- SP255765. **Município de Eldorado**, Ribeirão das Ostras, 300 m antes da Caverna do Diabo, raspado de pedra, col. *C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo*, 29/XII/1991 (perifíton).
- SP255766. **Município de Piedade**, SP-79, km 133,3, córrego represado, col. *C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo*, 30/XII/1991 (perifíton).
- SP255767. **Município de Piedade**, SP-79, km 133,3, córrego represado, col. *C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo*, 30/XII/1991 (fitoplâncton).
- SP255768. **Limite entre os municípios de Jaú-Bariri**, SP-304, km 317,5, 13 km antes de Bariri, fazenda "Santa Fé", açude com plantas aquáticas, col. *C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo*, 22/II/1992 (perifíton).

- SP255772. **Município de Barretos**, na cidade, região dos lagos, gramíneas e Cyperaceae, col. *L.H.Z. Branco*, 28/II/1992 (perifíton).
- SP294899. **Município de São Paulo**, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), Jardim Botânico, Lago das Ninfeias, col. *D.C. Bicudo & L.L. Morandi*, 07/XI/1996 (perifíton).
- SP294900. **Município de São Paulo**, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), Jardim Botânico, Lago das Ninfeias, col. *D.C. Bicudo & L.L. Morandi*, 07/XI/1996, GPS: 23°38'18,9" S, 46°37'16,3" W (fitoplâncton).
- SP294901. **Município de São Paulo**, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), Jardim Botânico, Lago dos Bugios, col. *D.C. Bicudo & L.L. Morandi*, 07/XI/1996 (perifíton).
- SP294902. **Município de São Paulo**, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), Jardim Botânico, Lago dos Bugios, col. *D.C. Bicudo & L.L. Morandi*, 07/XI/1996, GPS: 23°38'16,5" S e 46°37'13,6" W, (fitoplâncton).
- SP294903. **Município de São Paulo**, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), Jardim Botânico, hidrofitotério, col. *D.C. Bicudo & L.L. Morandi*, 07/XI/1996 (perifíton).
- SP294904. **Município de São Paulo**, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), Jardim Botânico, Lago das Garças, col. *D.C. Bicudo & L.L. Morandi*, 14/I/1997, GPS: 23°38'40,6" S e 46°37'28,0" W (perifíton).
- SP294905. **Município de São Paulo**, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), Jardim Botânico, Lago das Garças, col. *D.C. Bicudo & L.L. Morandi*, 14/I/1997, GPS: 23°38'40,6" S e 46°37'28,0" W (fitoplâncton).
- SP294907. **Município de São Paulo**, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), Jardim Botânico, lago do Centro de Ciências e Tecnologia, col. *D.C. Bicudo & L.L. Morandi*, 15/I/1997 (fitoplâncton).
- SP294908. **Município de São Paulo**, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), Jardim Botânico, brejo do Centro de Ciências e Tecnologia, col. *D.C. Bicudo & L.L. Morandi*, 15/I/1997 (perifíton/metafíton).
- SP294909. **Município de São Paulo**, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), Jardim Botânico, Lago do Monjolo, col. *D.C. Bicudo & L.L. Morandi*, III/1997 (perifíton).
- SP336343. **Município de Pitangueiras**, SP-322, km 368, açude, col. *C.E.M. Bicudo, S.M.M. Faustino & L.L. Morandi*, 16/VIII/2000, GPS 20°59'30,5" S, 48°14'01,1" W, condutividade 40 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6,5 (perifíton).

- SP336387. **Município de Guapiara**, SP-250, km 284, rio São José, col. *C.E.M. Bicudo, L.A Carneiro & S.M.M. Faustino*, 14/IX/2000, condutividade 30 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6,9, GPS 24°19'12"S, 48°37'1,7"W (perifíton).
- SP336388. **Município de Santa Rita do Oeste**, Riacho, rodovia vicinal, 3 km após a entrada da cidade, col. *C.E.M. Bicudo, D.L. Costa, & S.M.M. Faustino*, 25/IV/2001, GPS: 20°07'36,0" S e 50°48'0,9" W, condutividade = 110 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, pH = 6,8, (metafíton).
- SP355356. **Município de Caconde**, SP-344, km 291, Represa de Caconde, col. *C.E.M. Bicudo, L.A Carneiro & S.M.M. Faustino*, 08/VIII/2000, condutividade 30 $\mu\text{S cm}^{-1}$, GPS 21°34'39,9"S, 46°37'31"W, pH 8 (perifíton).
- SP355358. **Município de Itaporanga**, SP-255, km 358, rio, col. *S.M.M. Faustino & S.P. Schetty*, 26/VII/2000, condutividade 20 $\mu\text{S cm}^{-1}$, GPS 23°42'24,3"S, 49° 28'15,6"W, pH 7,1 (perifíton).
- SP355359. **Município de Itaporanga**, SP-255, km 358, rio, col. *S.M.M. Faustino & S.P. Schetty*, 26/VII/2000, condutividade 20 $\mu\text{S cm}^{-1}$, GPS 23°42'24,3"S, 49°28'15,6"W, pH 7,1 (fitoplâncton).
- SP355360. **Município de Piquete**, Estrada Lorena-Piquete, riacho, col. *C.E.M. Bicudo, D.L. Costa & F.C. Pereira*, 19/IX/2001, GPS 22°37'24,2"S, 45°09'40,1"W, pH 6,2 (perifíton).
- SP355361. **Município de Piquete**, Estrada Lorena-Piquete, riacho, col. *C.E.M. Bicudo, D.L. Costa & F.C. Pereira*, 19/IX/2001, GPS 22°37'24,2"S, 45°09'40,1"W, pH 6,2 (perifíton).
- SP355362. **Município de Piquete**, Estrada Lorena-Piquete, riacho, km 65, col. *C.E.M. Bicudo, D.L. Costa & F.C. Pereira*, 19/IX/2001, GPS 22°37'24,2"S, 45°09'40,1"W, pH 6,2 (fitoplâncton).
- SP355364. **Município de São Luís do Paraitinga**, SP-125, km 76, charco, col. *C.E.M. Bicudo, D.L. Costa & F.C. Pereira*, 19/IX/2001, GPS 23°21'58,8"S, 45°08'30,8"W, pH 6,0 (fitoplâncton).
- SP355365. **Município de São Luís do Paraitinga**, SP-125, km 76, sedimentos do charco, col. *C.E.M. Bicudo, D.L. Costa & F.C. Pereira*, 19/IX/2001, GPS 23°21'58,8"S, 45°08'30,8"W, pH 6,0 (solo).
- SP355366. **Município de Macedônia**, rodovia Alberto Faria, sentido Estrela-Macedônia, 2 km antes da entrada para Macedônia, açude, col. *C.E.M. Bicudo, D.L. Costa & S.M.M. Faustino*, 25/IV/2001, GPS 20°08'19,5"S, 50°11'56,4"W, condutividade 70 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6,6 (perifíton).

- SP355367. **Município de Santa Cruz do Rio Pardo**, SP-255, km 309, açude, col. *C.E.M. Bicudo, S.M.M. Faustino & L.A. Carneiro*, 27/III/2001, GPS 22°45'24,8"S, 49°29'07,7"W condutividade 110 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6,7 (perifíton).
- SP355368. **Município de Santa Cruz do Rio Pardo**, SP-255, km 309, açude, col. *C.E.M. Bicudo, S.M.M. Faustino & L.A. Carneiro*, 27/III/2001, GPS 22°45'24,8"S, 49°29'07,7"W condutividade 110 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6,7 (perifíton).
- SP355369. **Município de Santa Cruz do Rio Pardo**, SP-255, km 309, açude, col. *C.E.M. Bicudo, S.M.M. Faustino & L.A. Carneiro*, 27/III/2001, GPS 22°45'24,8"S, 49°29'07,7"W condutividade 110 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6,7 (perifíton).
- SP355370. **Município de Santa Cruz do Rio Pardo**, SP-255, km 309, açude, col. *C.E.M. Bicudo, S.M.M. Faustino & L.A. Carneiro*, 27/III/2001, GPS 22°45'24,8"S, 49°29'07,7"W condutividade 110 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6,7 (bêntos).
- SP355371. **Município de Salesópolis**, SP-88, km 99-100, dreno, col. *C.E.M. Bicudo, F.C. Pereira & D.L. Costa*, 18/IX/2001, GPS 23°31'36,8"S, 45°49'04,2"W, pH 6,8 (perifíton).
- SP355372. **Município de Salesópolis**, SP-88, km 99-100, dreno, col. *C.E.M. Bicudo, F.C. Pereira & D.L. Costa*, 18/IX/2001, GPS 23°31'36,8"S, 45°49'04,2"W, pH 6,8 (perifíton).
- SP355373. **Município de Salesópolis**, SP-88, km 99-100, dreno, col. *C.E.M. Bicudo, F.C. Pereira & D.L. Costa*, 18/IX/2001, GPS 23°31'36,8"S, 45°49'04,2"W, pH 6,8 (perifíton).
- SP355376. **Município de Lins**, SP-300, km 436,5, brejo, col. *C.E.M. Bicudo, L.R. Godinho & C.I. Santos*, 14/VIII/2001, GPS 21°43'53,2"S, 49°42'31,9"W, pH 6,3 (perifíton).
- SP355377. **Município de Lins**, SP-300, km 436,5, brejo, col. *C.E.M. Bicudo, L.R. Godinho & C.I. Santos*, 14/VIII/2001, GPS 21°43'53,2"S, 49°42'31,9"W, pH 6,3 (perifíton).
- SP355378. **Município de Lins**, SP-300, km 436,5, brejo, col. *C.E.M. Bicudo, L.R. Godinho & C.I. Santos*, 14/VIII/2001, GPS 21°43'53,2"S, 49°42'31,9"W, pH 6,3 (bêntos).
- SP355379. **Município de Lins**, SP-300, km 436,5, brejo, col. *C.E.M. Bicudo, L.R. Godinho & C.I. Santos*, 14/VIII/2001, GPS 21°43'53,2"S, 49°42'31,9"W, pH 6,3 (bêntos).
- SP355382. **Município de Pitangueiras**, SP-322, km 368, açude, col. *C.E.M. Bicudo, S.M.M. Faustino & L.L. Morandi*, 16/VIII/2000, GPS 20°59'30,5"S, 48°14'01,1"W, condutividade 40 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6,5 (perifíton).
- SP355385. **Município de Santa Albertina**, Estrada vicinal Vereador Ítalo Biani, 15 km depois da cidade, riacho, col. *C.E.M. Bicudo, D.L. Costa & S.M.M. Faustino*, 24/IV/2001, GPS 20°3'20,1"S, 50°46'01"W, condutividade 110 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 7,7 (bêntos).

- SP355386. **Município de Santo Antônio do Acarangá**, SP-320, km 463, lago, col. *C.E.M. Bicudo, D.L. Costa & S.M.M. Faustino*, 25/IV/2001, GPS 20°50'30,2"S, 50°27'14,4"W, condutividade 20 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 8,0 (metafíton).
- SP355388. **Município de Itapura**, SP-595, km 21,5, Rio Tietê, col. *C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo*, 16/V/2001, GPS 22°16'41"S, 51°48'16,5"W, condutividade 40 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6,0 (metafíton).
- SP355389. **Município de Cosmorama**, SP-320, km 496, açude, col. *C.E.M. Bicudo, D.L. Costa & S.M.M. Faustino*, 24/IV/2001, GPS 20°30'18,4"S, 49°46'14,4"W, condutividade 30 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6,4 (fitoplâncton).
- SP355390. **Município de São Pedro do Turvo**, BR-153, 10 km da divisa do Município, pântano, col. *C.E.M. Bicudo, L.A. Carneiro & S.M.M. Faustino*, 28/III/2001, GPS 22°48'46,3"S, 49°47'24,8"W, condutividade 60 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6,2 (metafíton).
- SP355391. **Município de Itaperá**, SP-249, km 114, rio São José, col. *S.M.M. Faustino, & S.P. Schetty*, 26/VII/2000, condutividade 10 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6,9, GPS 23°51'11,3"S, 49°09'10,8"W (fitoplâncton).
- SP355392. **Município de Itaberá**, SP-249, km 114, lago, col. *S.M.M. Faustino & S.P. Schetty*, 26/VII/2000, GPS 23°51'11,3"S, 49°09'10,8"W, condutividade 10 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6,9 (fitoplâncton e perifíton).
- SP355394. **Município de Santa Rita do Oeste**, estrada vicinal, 3 km após a entrada da cidade, riacho, col. *C.E.M. Bicudo, D.L. Costa & S.M.M. Faustino*, 25/IV/2001, GPS 20°07'36"S, 50°48'0,9"W, condutividade 110 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6,8 (metafíton).
- SP355395. **Município de Santa Rita do Oeste**, estrada vicinal, 3 km após a entrada da cidade, riacho, col. *C.E.M. Bicudo, D.L. Costa & S.M.M. Faustino*, 25/IV/2001, GPS 20°07'36"S, 50°48'0,9"W, condutividade 110 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6,8 (metafíton).
- SP355396. **Município de Mirante do Paranapanema**, SP-272, km 30,5, açude, col. *C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo*, 16/V/2001, GPS 22°16'41"S, 51°48'16,5"W, condutividade 40 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6,0 (metafíton).
- SP355397. **Município de Mirante do Paranapanema**, SP-272, km 30,5, charco, espremido, col. *C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo*, 16/V/2001, GPS 22°16'41"S, 51°48'16,5"W, condutividade 40 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 5,4 (perifíton).
- SP355398. **Município de Turmalina**, SP-462, km 14, riacho, col. *C.E.M. Bicudo, D.L. Costa & S.M.M. Faustino*, 25/IV/2001, GPS 20°09'20,2"S, 50°26'16,2"W, condutividade 70 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6,6 (metafíton).

- SP355399. **Município de São Pedro do Turvo**, BR-153, 10 km da divisa do município, pântano, col. *C.E.M. Bicudo, L.A. Carneiro & S.M.M. Faustino*, 28/III/2001, GPS 22°48'46,3"S, 49°47'24,8"W, condutividade 60 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6,2 (metafíton).
- SP355400. **Município de São Pedro do Turvo**, BR-153, 10 km da divisa do município, pântano, col. *C.E.M. Bicudo, L.A. Carneiro & S.M.M. Faustino*, 28/III/2001, GPS 22°48'46,3"S, 49°47'24,8"W, condutividade 60 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6,2 (metafíton).
- SP355404. **Município de Cosmorama**, SP-320, km 496, açude, col. *C.E.M. Bicudo, D.L. Costa & S.M.M. Faustino*, 24/IV/2001, GPS 20°30'18,4"S, 49°46'14,4"W condutividade 30 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 6,4 (perifíton).
- SP365692. **Município de Juquiá**, SP-79, km 211, tanque, col. *C.E.M. Bicudo & S.M.M. Faustino*, 11/VII/2000, GPS 24°18'23,6"S, 47°37'21,8"W (perifíton).
- SP365693. **Município de Capão Bonito**, SP-147, km 199,9, rio Paranapanema, raspagem de pedras, col. *C.E.M. Bicudo, F. Cordeiro & L.L. Morandi*, 18/VII/2000, GPS 23°53'37,3"S, 48°15'21,3"W (bêntos).
- SP370962. **Município de Pacaembu**, SP-294, km 623, açude, col. *C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo*, 15/V/2001, GPS 21°32'50,2"S, 51°18'25,1"W, pH 7,1 (bêntos).
- SP370963. **Município de Nova Independência**, SP-593, km 179,5, charco com taboa e *Equisetum*, col. *C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo*, 16/V/2001, GPS 21°03'32,0"S, 51°26'30,1"W (bêntos).
- SP370969. **Município de Zacarias**, SP-270 rodovia vicinal Lázaro Teixeira dos Santos, 3 km depois de Buritama na ponte sobre o Rio Tietê, Rio Tietê, col. *C.E.M. Bicudo, L. Godinho & C.I. Santos*, 20/IX/2000, GPS 21,4°4'31,6"S, 50°0,5'20,1"W (bêntos).
- SP371173. **Município de Sarapuí**, SP-270, por volta do 146,5 km do riacho, col. *L.L. Morandi & S. Schetty*, 20/IX/2000, GPS 23°34'1,4"S, 47°52'55,4"W (bêntos).
- SP371175. **Município de Rifaína**, altura da ponte de Rifaína-Araxá, rio Grande, repleto de bivalves e gastrópodes, substrato pedregoso e lodoso, col. *C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo*, 30/V/2000, GPS 20°04'24,8"S, 47°25'2,5"W (bêntos).
- SP371176. **Município de Guareí**, SP-157, km 43, charco, col. *L.L. Morandi & S.P. Schetty*, 22/IX/2000, GPS 23°19'54,8"S, 48°11'8"W, pH 7,1 (bêntos).
- SP371177. **Município de Olímpia**, SP-322, km 441, charco com muita taboa, col. *C.E.M. Bicudo, S.M.M. Faustino & S.P. Schetty*, 23/VIII/2000, GPS 20°44'18,3"S, 48°51'7,0"W, pH 7,0 (bêntos).

- SP371178. **Município de Pradópolis**, SP-291, cidade, rancho, sobre o solo na margem, col. *C.E.M. Bicudo, S.M.M. Faustino & L.L. Morandi*, 15/VIII/2000, GPS 21°21'14,0"S, 48°03'53,7"W, pH 7,2 (solo).
- SP371179. **Município de Santa Adélia**, Rodovia João Colombo, km 12, riacho com bastante correnteza, col. *C.E.M. Bicudo, S.M.M. Faustino & S. Schetty*, 22/VII/2000, GPS 21°11'48,0"S, 48°47'59,4"W, condutividade 12 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 7,8 (bêntos).
- SP371180. **Município de Itapeva**, SP-258, km 289, rio Taquari, solo na margem, col. *C.E.M. Bicudo, L.L. Morandi & F.S. Firmino*, 18/VIII/2000, GPS 23°58'28,0"S, 48°55'02,5"W, condutividade 12 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 7,8 (perifíton).
- SP371182. **Município de Porto Feliz**, SP-300, km 129, col. *L.L. Morandi & S.P. Schetty*, 20/IX/2000, GPS 23°12'46,9"S, 47°30'3,6"W, pH 7,2 (bêntos).
- SP371183. **Município de Capão Bonito**, SP-147, km 199,9, rio Paranapanema, col. *C.E.M. Bicudo, F. Cordeiro & L.L. Morandi*, 18/VIII/2000 (bêntos).
- SP371184. **Município de Viradouro**, rodovia vicinal entre Viradouro e Thomé Francisco dos Reis, 2 km antes de Viradouro, riacho, col. *C.E.M. Bicudo, L.L. Morandi & S.P. Schetty*, 16/VIII/2000, GPS 20°53'47,7"S, 48°17'1,9"W, condutividade 40 $\mu\text{S cm}^{-1}$, pH 7,1 (bêntos).

2.2. Amostras do Projeto AcquaSed

As amostras analisadas do projeto AcquaSed foram realizadas no período de 2010-2014 e em dois períodos climáticos (verão e inverno). As coletas foram realizadas em 111 locais georreferenciados (Tabela 1) e totalizaram 365 amostras representativas do plâncton, perifíton e sedimento superficial. As amostras planctônicas foram coletadas com rede de plâncton (20 μm), bem como em diferentes profundidades na coluna da água utilizando garrafa de van Dorn (Batley & Gardner 1977). As amostras perifíticas foram obtidas a partir de substratos naturais (partes submersas de macrófitas, galhos e rochas). As amostras de sedimento superficial foram coletadas com testemunhador de gravidade UWITEC, aproveitando-se os dois primeiros centímetros superficiais que usualmente integram de um a dois anos de informação (Smol 2008). Por integrarem uma escala maior de tempo, o sedimento superficial foi amostrado apenas no período de inverno.

Os materiais foram fixados com formalina a 4% (Bicudo & Menezes 2006). Amostras do sedimento superficial foram divididas para receberem diferentes tratamentos, de forma que subamostras de sedimento úmido foram mantidas em geladeira e, outra parte, liofilizadas e

armazenadas em freezer (Battarbee *et al.* 2001). A oxidação foi feita utilizando H₂O₂ 35% e HCl 37%, conforme protocolo do *European Committee for Standardization* (ECS 2003) e para confecção das lâminas permanentes foi utilizado Naphrax como meio de inclusão e montagem.

Todas as amostras fixadas estão depositadas no Herbário Científico do Estado “Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo” (SP) do Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. As lâminas permanentes de diatomáceas encontram-se no laminário de diatomáceas do Núcleo de Pesquisa em Ecologia desta Instituição com o mesmo código recebido pelo herbário SP.

Tabela 1. Informações sobre as 111 estações de amostragem obtidas no âmbito do Projeto AcquaSed (BAP: Bacia do Alto Paranapanema; BARL: Bacia do Ribeira de Iguape e Litoral Sul; BAS: Bacia do Médio Tietê/Alto Sorocaba; BAT: Bacia do Alto Tietê; BPCJ: Bacia do Piracicaba/Capivari/Jundiaí).

Bacia hidrográfica	Represas	Estação amostral	Latitude (S)	Longitude (W)	Número de herbário (SP)
BAP	Paineiras	PI1	23°51'13.8''	47°36'54.8''	469503, 469405, 469425, 469445
BAP	Paineiras	PI2	23°51'04.6''	47°37'49.8''	469406, 469426, 469446, 469493, 469504
BAP	Paineiras	PI3	23°50'34.8''	47°38'26.2''	469407, 469427, 469447, 469494, 469505
BARL	Cachoeira da Fumaça	FU1	24°01'19.2''	47°15'24.0''	469392, 469412, 469432
BARL	Cachoeira da Fumaça	FU2	24°00'17.1''	47°15'44.8''	469393, 469413, 469433
BARL	Cachoeira da Fumaça	FU3	23°59'47.3''	47°15'41.7''	469394, 469414, 469434
BARL	Cachoeira do França	FR1	23°55'25.0''	47°09'24.1''	469388, 469408, 469428, 469448, 469195, 469422
BARL	Cachoeira do França	FR2	23°55'33.7''	47°11'54.6''	469389, 469409, 469429, 469449, 469452, 469495
BARL	Cachoeira do França	FR3	23°55'53.4''	47°10'34.4''	469390, 469410, 469430, 469450, 469453, 469496, 469432
BARL	Cachoeira do França	FR4	23°55'58.8''	47°11'31.4''	469391, 469411, 469431, 469451, 469497
BARL	Jurupará	JP1	23°56'00''	47°22'18.0''	469401, 469421, 469441, 469488, 469499

Bacia hidrográfica	Represas	Estação amostral	Latitude (S)	Longitude (W)	Número de herbário (SP)
BARL	Jurupará	JP2	23°56'33.8''	47°22'49.9''	469402, 469422, 469442, 469489, 469500
BARL	Jurupará	JP3	23°56'57.7''	47°23'20.1''	469403, 469423, 469443, 469490, 469501
BARL	Jurupará	JP4	23°56'57.7''	47°23'20.1''	469404, 469424, 469444, 469491, 469502
BARL	Salto do Iporanga	SI1	23°06'37.3''	47°45'01.9''	469398, 469418, 469438
BARL	Salto do Iporanga	SI2	23°06'15.0''	47°44'06.0''	469399, 469419, 469439
BARL	Salto do Iporanga	SI3	23°05'54.5''	47°43'25.8''	469400, 469420, 469440
BARL	Serraria	SE1	23°06'53.2''	47°33'06.3''	469395, 469415, 469435, 469454
BARL	Serraria	SE2	23°07'33.6''	47°32'13.8''	469396, 469416, 469436
BARL	Serraria	SE3	24°08'28.8''	47°32'32.3''	469397, 469417, 469437
BAS	Barra Bonita	BB1	22°38'09.5''	48°21'11.4''	469243, 469519, 469514, 469543
BAS	Barra Bonita	BB2	22°36'42''	48°19'14.9''	469244, 469520, 469515, 469544, 469545
BAS	Barra Bonita	BB3	22°36'9.12''	48°21'16.5''	469245, 469521, 469516, 469546, 469547
BAS	Barra Bonita	BB4	22°34'9.06''	48°24'31.0''	469246, 469522, 469555, 469556, 469517, 469548, 469549
BAS	Barra Bonita	BB5	22°31'56.04''	48°27'37.3''	469247, 469523, 469518, 469550, 469553
BAS	Hedberg	HB1	23°25'55.86''	47°35'33.06''	469240, 469511, 469539, 469508, 469533, 469534
BAS	Hedberg	HB2	23°25'40.86''	47°35'31.14''	469241, 469512, 469541, 469542, 469509, 469535, 469536
BAS	Hedberg	HB3	23°25'33.72''	47°35'42.66''	469242, 469513, 469510, 469537, 469538
BAS	Ipaneminha	IP1	23°32'33.9''	47°30'57.24''	469237, 469505, 469531, 469502, 469527
BAS	Ipaneminha	IP2	23°32'37.68''	47°31'4.38''	469238, 469506, 469532, 469503, 469528

Bacia hidrográfica	Represas	Estação amostral	Latitude (S)	Longitude (W)	Número de herbário (SP)
BAS	Ipaneminha	IP3	23°32'34.62''	47°31'8.88''	469239, 469507, 469504, 469529, 469530
BAS	Itupararanga	IT1	23°37'11.58''	47°13'59.34''	469232, 469497, 469492, 469526
BAS	Itupararanga	IT2	23°36'51.96''	47°18'5.22''	469233, 469498, 469493
BAS	Itupararanga	IT3	23°37'12.96''	47°19'37.2''	469234, 469499, 469494
BAS	Itupararanga	IT4	23°38'0.36''	47°22'14.52''	469235, 469500, 469495
BAS	Itupararanga	IT5	23°36'53.1''	47°23'34.7''	469236, 469501, 469496
BAS	Santa Helena	SH1	23°34'49.92''	47°25'32.64''	469229, 469489, 469453
BAS	Santa Helena	SH2	23°34'58.56''	47°25'50.52''	469230, 469490, 469525, 469454, 469524
BAS	Santa Helena	SH3	23°34'54.3''	47°26'12.12''	469231, 469491, 469488
BAT	Billings (Rio Grande)	RG2	23°45'59.46''	47°30'35.7''	401560, 401572, 427898
BAT	Billings (Rio Grande)	RG3	23°45'14.94''	48°28'25.62''	401561, 427899, 427906, 401585
BAT	Billings (Rio Grande)	RG4	23°43'43.74''	46°26'31.62''	401586, 401574, 427900, 427907, 401586
BAT	Billings (Rio Pequeno)	RP5	23°48'8.7''	46°29'359.7''	427901, 427908, 401575
BAT	Billings (Rio Pequeno)	RP7	23°47'1.62''	46°26'11.28''	401577, 427909
BAT	Billings (Corpo Central)	CC8	23°43'36.18''	46°39'21.48''	401566, 401578
BAT	Billings (Corpo Central)	CC9	23°45'40.92''	46°38'54.06''	401567, 401579, 427903, 427910, 401591
BAT	Billings (Taquacetuba)	TQ10	23°48'44.1''	46°37'51.24''	401569, 427911, 427904
BAT	Billings (Taquacetuba)	TQ11	23°49'34.08''	46°37'29.4''	401581, 427905, 427912
BAT	Billings (Taquacetuba)	TQ12	23°50'37.62''	46°39'8.22''	401594
BAT	Cabuçu	CB1	23°24'25.6''	46°31'42.8''	428942
BAT	Cabuçu	CB2	23°23'42.7''	46°31'47.2''	428937
BAT	Cabuçu	CB3	23°24'0.6''	46°31'56.6''	428938, 428923
BAT	Cachoeira da Graça	CG1	23°39'46.35''	46°57'47.79''	427583
BAT	Cachoeira da Graça	CG2	23°39'17.68''	46°57'57.75''	427591, 469558, 427584
BAT	Guarapiranga	GUA3	23°44'31.32''	46°46'8.16''	428509
BAT	Guarapiranga	GUA4	23°44'26.76''	46°45'15.48''	428510

Bacia hidrográfica	Represas	Estação amostral	Latitude (S)	Longitude (W)	Número de herbário (SP)
BAT	Guarapiranga	GUA5	23°44'34.5''	46°44'14.52''	428511
BAT	Guarapiranga	GUA7	23°43'38.82''	46°43'25.38''	428513
BAT	Guarapiranga	GUA8	23°42'58.14''	46°43'36.72''	428514
BAT	Guarapiranga	GUA9	23°43'2.76''	46°43'20.4''	428515
BAT	Guarapiranga	GUA12	23°41'53.1''	46°44'40.38''	428518
BAT	Guarapiranga	GUA14	23°40'46.92''	46°43'33.54''	428520
BAT	Jundiaí	JU1	23°38'50.2''	46°09'48.1''	468830, 427989
BAT	Jundiaí	JU2	23°39'07.2''	46°11'34.3''	468831, 468850
BAT	Jundiaí	JU3	23°37'33.7''	46°11'13.4''	468832, 427988, 468856
BAT	Lago das Garças	LG1	23°38'44.4''	46°37'29.9''	469484, 469483, 469485, 469486
BAT	Lago das Garças	LG2	23°38'54.3''	46°37'21.6''	469487
BAT	Paiva Castro	PC1	23°19'39''	46°36'42''	469303, 469281, 469379, 469369, 469259
BAT	Paiva Castro	PC2	23°19'43''	46°38'11''	469260, 469304, 469380, 469282, 469370
BAT	Paiva Castro	PC3	23°20'15''	46°39'41''	469261, 469305, 469176, 469283, 469371
BAT	Paiva Castro	PC4	23°19'49''	46°40'37''	469262, 469306, 469284, 469551, 469552
BAT	Paraitinga	PA1	23°31'22.0''	45°54'17.8''	427994, 427985, 427984, 468847
BAT	Pedro Beicth	PB1	23°44'44.27''	46°57'38.58''	427585, 427578
BAT	Pedro Beicth	PB2	23°44'58.07''	46°57'22.06''	427593, 427579
BAT	Pedro Beicth	PB3	23°42'58.07''	46°57'46.16''	427580
BAT	Pedro Beicth	PB4	23°43'44.06''	46°58'45.10''	427588, 469559, 427581, 427595
BAT	Pedro Beicth	PB5	23°42'55.07''	46°58'19.28''	427589, 469560, 427582
BAT	Ponte Nova	PN1	23°33'54.9''	45°53'43.14''	427922
BAT	Ponte Nova	PN2	23°36'04.3''	45°55'44.04''	427926, 427923, 427983
BAT	Ponte Nova	PN3	23°34'48.2''	45°57'57.9''	468846
BAT	Ribeirão do Campo	RC1	23°39'31.8''	45°49'23.22''	427919
BAT	Taiaçupeba	TA1	23°36'25.9''	46°15'59.5''	468835, 468833, 427987, 427986, 468857
BAT	Taiaçupeba	TA2	23°34'40.9''	46°16'50.3''	468834, 468858
BAT	Tanque Grande	TG1	23°22'22''	46°27'37.4''	428924, 428933
BAT	Tanque Grande	TG2	23°22'27.1''	46°27'35.9''	428925, 428934
BAT	Tanque Grande	TG3	23°22'29''	46°27'31''	428926, 428935, 428920

Bacia hidrográfica	Represas	Estação amostral	Latitude (S)	Longitude (W)	Número de herbário (SP)
BPCJ	Atibainha	AT1	23°08'50''	46°18'49''	469297, 469275, 469253
BPCJ	Atibainha	AT2	23°09'42''	46°21'44''	469298, 469276, 469254
BPCJ	Atibainha	AT3	23°11'12''	46°22'51''	469299, 469277, 469255
BPCJ	Atibainha	AT4	23°10'31''	46°23'29''	469256, 469300, 469278
BPCJ	Atibainha	AT5	23°12'46''	46°22'45''	469257, 469301, 469279
BPCJ	Atibainha	AT6	23°10'46''	46°21'25''	469258, 469302, 469280
BPCJ	Cachoeira	CA1	23°00'35''	46°16'05''	469248, 469292, 469270
BPCJ	Cachoeira	CA2	23°00'37''	46°17'11''	469293, 469249, 469271
BPCJ	Cachoeira	CA3	23°01'56''	46°17'20''	469294, 469250, 469272
BPCJ	Cachoeira	CA4	23°03'00''	46°19'07''	469251, 469295, 469273
BPCJ	Cachoeira	CA5	23°04'11''	46°18'41''	469252, 469296, 469274
BPCJ	Jacaré	JC1	22°57'04.8''	46°26'19.8''	428841
BPCJ	Jacaré	JC2	22°58'14.76''	46°25'57.79''	428842
BPCJ	Jacaré	JC3	22°59'18.94''	46°24'18.56''	428843, 428852, 428861
BPCJ	Jacaré	JC5	22°57'42.7''	46°21'44.3''	428854
BPCJ	Jacaré	JC6	22°58'33.7''	46°20'39.26''	428846
BPCJ	Jaguari	JA1	22°54'57.18''	46°24'19.76''	428848
BPCJ	Salto Grande	SG1	22°43'43''	47°13'56''	469307, 469285, 469381, 469372, 469263
BPCJ	Salto Grande	SG2	22°42'59''	47°14'21''	469264, 469308, 469382, 469286, 469373
BPCJ	Salto Grande	SG3	22°43'05''	47°16'02''	469265, 469309, 469383, 469287, 469374
BPCJ	Salto Grande	SG4	22°41'59''	47°16'33''	469310, 469384, 469266, 469288, 469375
BPCJ	Tatu	TU1	22°38'42''	47°17'10''	469311, 469385, 469267, 469289, 469376
BPCJ	Tatu	TU2	22°39'12''	47°16'59''	469268, 469312, 469386, 469290, 469377
BPCJ	Tatu	TU3	22°39'35''	47°16'47''	469269, 469313, 469387, 469291, 469378

3. Preparação do Material e Análises Taxonômica e Ecológica

As amostras oxidadas foram lavadas com água deionizada e analisadas em microscopia de luz em aumento de 1000x e, quando possível, em MEV. As lâminas permanentes foram observadas por meio de microscópio óptico binocular Zeiss, Axio Imager A2, equipado com contraste-de-fase, ocular micrometrada digital, luz polarizada circular em contraste (DIC) e sistema de captura de imagem com câmara acoplada (MRc5). A análise das características ultraestruturais foi realizada usando MEV de diferentes instituições com preparo e análises específicos para cada equipamento. No Instituto de Botânica (IBt) foi utilizado o microscópio eletrônico modelo Philips 20XL, na Universidade Federal do Paraná (UFPR) foi utilizado modelo JEOL JSM 6360LV Zeiss e no Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), microscópio Hitachi SU-70.

De forma geral, para análise em MEV, alíquotas do material foram secas em folhas de alumínio e, então, pedaços contendo amostra foram recortados e aderidos ao suporte, *stub*, ou foram depositadas diretamente no *stub* (UFPR) ou ainda foram filtradas e os filtros com diferentes aberturas (3 µm, 5 µm ou 10 µm) foram aderidos ao *stub* (LIST). Para a metalização foi usado metalizador BAL-TEC Med 020 durante 30s a 100 mA. A metalização foi realizada com ouro no UFPR e IBt e com platina no LIST. Sempre que possível as valvas foram fotografadas em vista interna e externa visando registrar a posição e estrutura das aréolas, rimopórtulas e espinhos. As imagens obtidas tanto em microscopia de luz quando em MEV foram montadas usando CorelDraw X8® para confecção e padronização das pranchas.

A identificação baseou-se em análise populacional, que visa abranger as variações existentes no ciclo de vida das diatomáceas, de forma a incluir, sempre que possível, valvas com formas maiores até as formas menores. As características morfológicas foram obtidas a partir da observação de no mínimo dez valvas, exceto para táxons raros. As métricas obtidas foram comprimento, largura (no centro da valva) e densidade de estrias em 10 µm. A delimitação das populações encontradas levou em conta a descrição dos materiais-tipo disponíveis em literatura (*e.g.* Hustedt 1930, Patrick & Reimer 1966, Williams 1986, Williams & Round 1986, 1987, Krammer & Langer-Bertalot 1991, Lange-Bertalot *et al.* 1996, Tuji & Williams 2006a, 2006b, 2007, Lange-Bertalot & Ulrich 2014, Wetzel & Ector 2015, Delgado *et al.* 2015), bem como no reestudo de material-tipo depositado no Alfred-Wegener-Institut für Polar und Meeresforschung (BRM–Alemanha) e de National Botanic Garden of Belgium (BR–Bélgica). Quando novos táxons foram propostos, os holótipos foram depositados no Herbário SP e isótipos enviados para o herbário BR.

Para identificação taxonômica foram usadas referências específicas como Lange-Bertalot (1980), Tuji (2004), Tuji & Williams (2006, 2008a, b), Lange-Bertalot & Ulrich (2014). Para identificação da comunidade de diatomáceas que ocorreram nas amostras foram consultadas obras como: Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991), Simonsen (1987), Metzeltin & Lange-Bertalot (1998, 2007), Rumrich *et al.* (2000), Metzeltin *et al.* (2005), bem como artigos recentes a exemplo de Houk & Klee (2004), Tremarin *et al.* (2012, 2013), Morales *et al.* (2012, 2014). A terminologia morfológica foi baseada em Ross *et al.* (1979), Barber & Haworth (1981), Williams & Round (1986, 1987) e Round *et al.* (1990). As espécies provisoriamente não identificadas foram separadas por numeração unificada e subsequente de sp. para harmonização de suas identificações onde cada táxon ocorreu. O processo de harmonização consiste em reunir todos os registros ocorridos de um determinado táxon e padronizar sua identificação a partir da consulta das obras originais e material-tipo, quando possível, e adotar um único nome ou sigla para sua inserção no banco de dados do projeto AcquaSed, assegurando que haja uma padronização do táxon evitando duplicidade de informações.

Para avaliar a representatividade e a distribuição dos táxons de *Fragilaria*, *Synedra* e *Ulnaria*, os materiais foram quantificados nas lâminas permanentes, em aumento de 1000x, até atingir pelo menos 500 valvas, quando possível, da comunidade em cada amostra. Os resultados foram expressos em abundância relativa (% de dada espécie em relação ao total de valvas presente na amostra).

A análise autoecológica das espécies/variedades baseou-se nas amostras do Projeto AcquaSed. Para essa análise, foram selecionadas as diatomáceas do plâncton e sedimento superficial devido a maior representatividade e uniformidade de distribuição das amostras. Quando as espécies ocorreram nos dois compartimentos (água e sedimento), o ótimo e a tolerância foram calculados para o sedimento superficial devido ao seu caráter integrador uma vez que esse compartimento incorpora os táxons presente em diversas comunidades em diferentes escalas sazonais, bem como por representar o hábitat bentônico, preferencial para o grupo de diatomáceas de interesse.

A terminologia para a autoecologia dos táxons seguiu o proposto por van Dam *et al.* (1994) para as classificações de pH e trofia. O programa Omnidia versão 5.3 foi consultado para avaliar a ecologia dos táxons e padronização dos códigos das espécies encontradas.

O cálculo e a avaliação dos ótimos ecológicos dos táxons foram calculados em função do pH, condutividade, fósforo total e nitrogênio total, essas variáveis limnológicas estão

disponibilizadas no banco de dados do Projeto AcquaSed. Considerando ambientes tropicais os valores de fósforo inferiores a 25 µg. L⁻¹ são considerados baixos, até 52 µg. L⁻¹ são enquadrados como moderados e acima de 52 µg. L⁻¹ enquadrados como elevados. No que se refere aos valores de nitrogênio acima de 2000 µg. L⁻¹ são considerados elevados. O ótimo ecológico foi calculado a partir do valor médio das concentrações da variável limnológicas selecionadas ponderado pela abundância do táxon nas unidades amostrais, conforme ter Braak & van Dam (1989) e aplicado em outros estudos em ambientes subtropicais e tropicais (e.g. Wetzel & Ector 2014, Bicudo *et al.* 2016):

$$u_k = \frac{\sum_{i=1}^n y_{ik} x_i}{\sum_{i=1}^n y_{ik}}$$

Onde:

u_k = ótimo ecológico da espécie k.

y_{ik} = abundância da espécie k na amostra i.

x_i = concentração da variável de interesse na amostra i.

A tolerância ambiental ou desvio padrão ponderado foi calculado conforme Birks *et al.* (1990), utilizando a seguinte fórmula:

$$t_k = (\sum_{i=1}^n y_{ik} (x_i - \hat{u}_k)^2 | \sum_{i=1}^n y_{ik})^{\frac{1}{2}}$$

Onde:

t_k = tolerância da espécie k.

y_{ik} = abundância da espécie k na amostra i.

x_i = concentração da variável de interesse na amostra i.

u_k = ótimo ecológico da espécie k.

Os métodos analíticos para as variáveis ecológicas utilizadas foram obtidos conforme APHA (2005) e a classificação do estado trófico das represas seguiu Lamparelli (2004), nessa classificação os teores de fósforo, clorofila e luz são avaliados para classificar as represas. Essa classificação foi calibrada considerando os ambientes monitorados pela CETESB, que inclui as represas de abastecimento público. O ótimo e a tolerância foram calculados para cada hábitat

separadamente e apenas para as espécies com frequência de ocorrência $\geq 10\%$ nas unidades amostrais do hábitat em questão e para os táxons com abundância $\geq 1\%$.

III. Resultados e Discussão

O total de 33 espécies foram observadas, sendo 25 identificadas em nível específico, uma variedade e outras sete em nível genérico, sendo muito provavelmente novidades para a ciência. Entre as espécies encontradas 23 espécies tiveram seus ótimos ecológicos calculados.

A classificação sistemática dos táxons identificados segue abaixo. Descrição, medidas e comparações morfológicas são apresentados mais detalhadamente em seguida e uma síntese comparativa nas Tabelas 2-8. A classificação seguida foi a de Medlin & Kaczmarska (2004) para os níveis ordinais e Round *et al.* (1990) e Compère (2001) para os demais níveis.

Divisão: Bacillariophyta L.S. Dillon

Subdivisão: Bacillariophytina Medlin & Kaczmarska

Classe: Bacillariophyceae Haeckel

Subclasse: Fragilariophycidae Round

Ordem: Fragilariales P.C. Silva

Família: Fragilariaceae Greville

Gênero *Fragilaria* Lyngbye

F. cf. aquaplus Lange-Bertalot & Ulrich

F. billingsii Wengrat *et al.*

F. capucina Desmazières

F. crotonensis Kitton

F. fragilarioides (Grunow) Chohnoky

F. gracilis Østrup

F. cf. gracilis Østrup

F. grunowii Lange-Bertalot & Ulrich

F. longifusiformis (Hains & Sebring) Siver *et al.*

F. microvaucheriae Wetzel & Ector

F. neotropica Almeida *et al.*

F. parva (Grunow) Tuji & Williams

F. pectinalis (Müller) Lyngbye

F. perminuta (Grunow) Lange-Bertalot
F. recapitellata Lange-Bertalot & Metzeltin
F. rumpens (Kützing) Carlson
F. socia (Wallace) Lange-Bertalot
F. spectra Almeida *et al.*
F. tenera (Smith) Lange-Bertalot
F. vaucheriae (Kützing) Petersen
Fragilaria sp. 1
Fragilaria sp. 2
Fragilaria sp. 3
Fragilaria sp. 4
Fragilaria sp. 5
Fragilaria sp. 6

Gênero *Synedra* Ehrenberg 1830

S. goulardii Brébisson ex Cleve & Grunow

Gênero *Ulnaria* (Kützing) Compère 2001

U. acus (Kützing) Aboal
U. delicatissima (Smith) Aboal & Silva
U. ferefusiformis Kulikovskiy & Lange-Bertalot
U. pilum Kulikovskiy & Lange-Bertalot
U. ulna (Nitzsch) Compère
Ulnaria sp. 1

Fragilaria cf. aquaplus Lange-Bertalot & Ulrich

[Prancha 1, Figs 1-26]

Células de vida livre, 2-3 células agrupadas; valvas lineares densamente estriadas; ápices capitados a subcapitados, algumas vezes deformados; área central linear ou inflada bilateralmente, margeada pelo encurtamento das estrias adjacentes; estrias simples, paralelas; esterno e aréolas arredondadas não visíveis em microscopia de luz; uma rimopórtula por valva. Espinhos ausentes. Bandas conectivas não observadas. **Dimensões:** 35,9-56,1 µm comp.; 1,8-2,7 µm larg.; estrias 19-22 em 10 µm.

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: São Paulo (294904), Guapiara (336387), Itaperá (355391), Cosmorama (355389), Porto Feliz (371182), Capão Bonito (371183) e nas represas Atibainha (469275, 469253, 469298, 469276, 469299, 469256, 469258), Barra Bonita (469514), Billings (401566, 401567, 401579, 427903, 427910, 401560, 401572, 427898, 401561, 427899, 427906, 401585, 401586, 427900, 427907, 401586, 427901, 427908, 401575, 401577, 427909, 401569, 427911, 40158, 427912), Cachoeira do França (469409, 469452), Cachoeira (469270, 469293, 469249, 469251, 469295, 469296) Cabuçu (428938), Cachoeira da Fumaça (469414), Guarapiranga (428509, 428510, 428511, 428513, 428514, 428518, 428520), Hedberg (469535), Ipaneminha (469237, 469238), Itupararanga (469232, 469497, 469492, 469526, 469233, 469498, 469493, 469234, 469235, 469236, 469501, 469496) Jaguari (428840), Jacareí (428842, 428843), Jundiaí (468830, 427989, 468831, 468850, 468832, 427988, 468856), Paraitinga (427994, 427985, 427984), Paiva Castro (469303, 469281, 469379, 469369, 469259, 469380, 469282, 469305, 469176, 469283, 469371, 469306, 469284, 469552), Paineiras (469503, 469406, 469426, 469493, 469494), Ponte Nova (427922, 427926, 427923, 468846), Serraria (469436), Salto Grande (469307, 469285, 469372, 469264, 469308, 469382), Santa Helena (469230, 469490, 468835), Taiaçupeba (427987, 427986, 468857, 468834, 468858), Tanque Grande (428934) e Tatu (469311, 469385, 469267, 469289, 469376, 469268, 469312, 469386, 469269, 469313).

Comentários taxonômicos e ecológicos: *Fragilaria aquaplus* foi descrita a partir da amostra do material-tipo de *Synedra nana* Meister ($\equiv$ *Fragilaria nanana* Lange-Bertalot) coletada nos Alpes suíços, sendo recentemente proposta por Lange-Bertalot & Ulrich (2014). Os autores apontam que a despeito da dominância encontrada na lâmina do holótipo, esta espécie tem sido negligenciada ou erroneamente identificada em muitas amostras de monitoramento de águas lênticas da Europa. Os autores atribuem esse erro à semelhança deste táxon com *S. nana* e *F. gracilis*. Em trabalhos do Estado de São Paulo foi identificada como *F. nanana* e *F. tenera* por Carneiro (2007) as quais foram separadas pela área central retangular e maiores valores de comprimento e largura em *F. tenera*. Contudo, a principal característica que se utilizou para a separação desses táxons foi a morfologia dos ápices que considerou as formas subrostradas como espécimes de *F. tenera* e as formas truncadas, com ápices retos, como *F. nanana*. *Fragilaria* cf. *aquaplus* foi posteriormente identificada como *F. gracilis* por Wengrat (2011) e mais recentemente como *Fragilaria* sp.1 por Faustino *et al.* (2016). A identificação confusa é atribuída principalmente pelos maiores valores no comprimento das valvas ($> 45 \mu\text{m}$), menor

densidade de estrias (19-22 em 10 μm) e área central algumas vezes inflada observados nas amostras do Estado de São Paulo. Essas medidas diferem daquelas apresentadas na descrição original da espécie que reporta comprimento inferior ao medido nas populações estudadas (22-45 μm) e maior densidade de estrias (22-24 em 10 μm). Essas características e a distribuição geográfica distintas apoiam a necessidade de se propor uma nova variedade a partir do material brasileiro. *Fragilaria* cf. *aquaplus* ocorreu em 34,7% das amostras nas comunidades do plâncton, perifíton e sedimento superficial, e em maior abundância em represas meso a eutróficas. O ótimo ecológico calculado para o sedimento superficial mostrou que *F.* cf. *aquaplus* tem preferência por ambientes com pH levemente ácido (6,9), baixa condutividade ($76,0 \mu\text{S cm}^{-1}$) e moderadas concentrações de nutrientes (nitrogênio total $989,4 \mu\text{g L}^{-1}$ e fósforo total $41,3 \mu\text{g L}^{-1}$). A tolerância ambiental mostrou que a *F.* cf. *aquaplus* pode ser encontrada dentro das seguintes variações de pH levemente ácido a neutro (6,4-7,3), baixa a moderada condutividade ($45,9$ - $106 \mu\text{S cm}^{-1}$), moderadas concentrações de nutrientes (nitrogênio total: $486,2$ - $1492,7 \mu\text{g L}^{-1}$ e fósforo total: $17,9$ - $64,7 \mu\text{g L}^{-1}$). Assim, a variedade pode ser classificada como acidófila a levemente circumneutral, ocorrendo em águas oligotróficas a mesotróficas. Apesar da similaridade morfológica com *F. nanana* e *F. tenera*, os dados ecológicos diferem daqueles apresentados em van Dam *et al.* (1994), contribuindo para a separação dos táxons e apoiando os critérios para a proposição da variedade (Tabela 2). Essa é a primeira citação e o primeiro registro com informações autoecológicas desse táxon para o Brasil.

Fragilaria billingsii Wengrat, E. Morales & Wetzl. Phytotaxa 270 (3): p. 196, fig. 22-41, 2016.

[Prancha 2, Figs 1-19]

Células de vida livre, 3-5 células agrupadas; valvas lanceoladas, densamente estriadas; ápices capitados; área central inflada bilateralmente; estrias simples, paralelas ou alternas em direção às extremidades; esterno lanceolado com fásia no centro da valva. Aréolas apicalmente alongadas não visíveis em microscopia de luz; uma rimopórtula por valva. Espinhos agudos interrompendo as estrias e 3-5 nas extremidades apicais. Bandas conectivas abertas.

Dimensões: 54-96 μm comp.; 2,0-2,5 μm larg.; estrias 17-20 em 10 μm .

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: São Pedro (255724), Itu (255725), São Paulo (294905) e nas represas Atibainha (469275, 469276, 469254, 469299, 469277, 469300, 469302, 469280), Barra Bonita

(469515, 469544, 469516, 469556, 469548), Billings (401560, 401572, 427898, 401561, 427906, 401585, 401574, 427907, 427901, 427912), Cabuçu (428942), Cachoeira da Fumaça (469412, 469393), Guarapiranga (428518), Hedberg (469539, 469542), Ipaneminha (469502, 469529), Itupararanga (469232, 469497, 469499, 469500, 469498, 469234, 469236, 469501, 469496) Jaguari (428849), Jacaré (428842, 428843), Jurupará (469422, 469423, 469501), Jundiaí (468830, 427989, 468850, 468832, 468856), Paraitinga (427985), Paiva Castro (469380, 469371, 469284), Ponte Nova (427983), Salto Grande (469285), Santa Helena (469229, 469231, 469490, 469524, 469491), Taiaçupeba (468857, 468834, 468858) e Tatu (469387).

Comentários taxonômicos e ecológicos: *Fragilaria billingsii* foi descrita a partir de amostras planctônicas do reservatório Billings em condições meso-eutróficas, pH levemente ácido, baixa condutividade e águas levemente enriquecidas (Wengrat *et al.* 2016). A população encontrada apresentou área central algumas vezes inflada e ápices subcapitados, também foram encontrados espécimes maiores em comprimento do que o registrado na descrição da espécie. Este táxon é muito similar a *F. fusa* (R.M. Patrick) Wengrat *et al.* descrita para o nordeste do Brasil, contudo diferem pela densidade de estrias e tipo de espinho. *Fragilaria billingsii* também pode ser confundida com *F. tenera* diferenciando desta última pela maior largura na porção média da valva e forma da área central bilateralmente expandida. Alguns espécimes foram encontrados com área central deformada, sobretudo em represas com aplicação de algicidas (Wengrat & Bicudo 2011). Em trabalhos do Estado de São Paulo *F. billingsii* foi identificada como *Fragilaria rumpens* var. ? *scotica* Grunow por Carneiro (2007), que sinalizou a necessidade de descrever formalmente este táxon como uma novidade taxonômica. Este táxon ocorreu em 18% das amostras no plâncton, perifíton e sedimento superficial, com maior abundância em represas meso- a eutróficas. O ótimo ecológico calculado a partir do sedimento superficial mostrou que *F. billingsii* tem preferência por ambientes com pH levemente ácido (6,5), baixos valores de condutividade ($52,2 \mu\text{S cm}^{-1}$) e moderadas concentrações de nutrientes (nitrogênio total: $510,3 \mu\text{g L}^{-1}$ e fósforo total: $39,7 \mu\text{g L}^{-1}$). A tolerância ambiental mostrou que a espécie pode ocorrer nas variações de pH levemente ácido (6,1-6,9), baixa condutividade ($26,6-77,9 \mu\text{S cm}^{-1}$), baixas concentrações de nitrogênio total ($249,0-771,5 \mu\text{g L}^{-1}$) e baixo a elevados teores de fósforo total ($0,2-79,3 \mu\text{g L}^{-1}$). Os dados encontrados concordam com o reportado por Wengrat *et al.* (2016) na proposição da espécie e de acordo com o ótimo ecológico pode ser considerada como acidófila, ocorrendo em águas oligotróficas a mesotróficas (Tabela 3).

Fragilaria capucina Desmazières. Plant. Crypt. Nord. France, 1st ed., Fasc. 10, No. 453. 1825 [Prancha 3, Figs 1-23, Prancha 4, Figs 1-2]

Células de vida livre, colônias de até 4 indivíduos; valvas linear-lanceoladas; ápices rostrados a subcapitados; área central intumescida bilateralmente com estrias-fantasmas; estrias alternas a paralelas em direção aos ápices; esterno linear, estreito. Aréolas pequenas e arredondadas; espinhos marginais irregularmente localizados. Bandas conectivas não observadas.

Dimensões: 21,0-82,5 µm comp.; 3,0-4,2 µm larg.; estrias 13-15 em 10 µm.

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Itaí (255759), Porto Feliz (371182) e nas represas Barra Bonita (469514, 469520, 469515, 469544, 469516, 469546, 469547, 469556, 469548, 469522, 469555, 469517, 469549, 469550, 469553), Billings (427907, 427903, 427912, 427899, 401594), Cabuçu (428942), Cachoeira (469270), Cachoeira do França (469408, 469390), Guarapiranga (428518, 428513, 428514, 428520), Hedberg (469511, 469539, 469533, 469534, 469241, 469512, 469509, 469535, 469242, 469537), Ipaneminha (469502, 469506, 469503, 469504, 469497, 469492, 469526), Jurupará (469499), Jundiaí (468830, 427989, 468850, 468832, 468856), Paraitinga (427984, 427985), Paiva Castro (469303, 469379, 469369, 469371, 469262, 469551), Paineiras (469303, 469379, 469369, 469371, 469262, 469551), Serraria (469454, 469437), Salto Grande (469372, 469382, 469383, 469287, 469288), Salto do Iporanga (469399), Santa Helena (469454, 469231), Taiaçupeba (427986) e Tatu (469289, 469312, 469386, 469290, 469291).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A identificação deste táxon é bastante confusa uma vez que na análise do material-tipo foram encontrados três morfotipos distintos bem ilustrados na literatura (Krammer & Lange-Bertalot 1991, Tuji & Williams 2006a). Conforme estes autores, o primeiro morfotipo é descrito sem espinhos de ligação e valvas lineares, o segundo com valvas linear-lanceoladas ambos com uma rimopórtula e o terceiro morfotipo apresentando espinhos de ligação e duas rimopórtulas. A população observada apresentou espinhos de ligação e apenas uma rimopórtula. A presença de rimopórtula em diatomáceas arráfídeas é descrita como um caráter altamente variável (Tuji & Williams 2006a, Almeida *et al.* 2016) de forma que para a identificação de *F. capucina* a presença de rimopórtula não deve ser a única característica diagnóstica, mas também a forma da valva que pode ser lanceolada, lanceolada-linear ou linear e a presença de espinhos. A população encontrada pode ser enquadrada nos

morfotipos I e III apresentados por Tuji & Williams (2006a). Embora apresente variação morfológica, as formas encontradas foram similares às populações ilustradas na análise do material-tipo. Na mais recente análise do material-tipo, Delgado *et al.* (2015) apresentaram uma população menos diversa com valvas lineares e duas rimopórtulas por valva. Em trabalhos do Estado de São Paulo, esta espécie foi identificada equivocadamente como *F. rumpens* por Carneiro (2007). Tuji & Williams (2006b) apresentam como característica distintiva entre ambas as espécies a forma das colônias, que em *F. rumpens* são mais estreitas e separadas no ápice devido à forma valvar ao contrário do observado para as populações de *F. capucina* onde as valvas se aderem completamente em toda extensão da valva. Fontana & Bicudo (2009) também registraram a presença de *F. capucina* nas represas de Jurumirim. Esta espécie ocorreu em 19,9% das amostras analisadas, com maior abundância no perifíton das represas oligo- a mesotróficas. *Fragilaria capucina* é reportada para ambientes mesotróficos (van Dam *et al.* 1994) ou, ainda, ambientes eutróficos (Hofmann 1994). No recente reexame do material-tipo, este táxon tem ecologia registrada para águas levemente ácidas a alcalinas, baixa condutividade e em ambientes oligo- a mesoeutróficos (Delgado *et al.* 2015). A distribuição cosmopolita é questionada por esses últimos autores dada a grande confusão entre espécies similares. Em ambientes temperados, o ótimo para fósforo total foi de 19,3 µg L⁻¹, sendo classificada como oligotrófica (Miettinen 2003).

Fragilaria crotonensis Kitton. Hardwicke's Science-Gossip 5: 109-110, p. 110, fig. 81, 1869.

[Prancha 5, Figs 1-8]

Células de vida livre, colônias não observadas; valvas lanceoladas; ápices capitados; área central intumescida com presença de fásia; estrias paralelas a alternas, interrompidas por espinhos. Aréolas apequenas. Espinhos visíveis em microscopia de luz apenas na porção central da valva. Colônias e bandas conectivas não observadas. **Dimensões:** 80-100 µm comp.; 3,0-3,5 µm larg.; estrias 16-18 em 10 µm.

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Campos do Jordão (239041), São Paulo (255747), Itapetininga (255751), Santo Antônio do Arancanguá (355386), Itapura, (355388), Cosmorama (355389), Itaberá (355391) e nas represas Atibainha (469275, 469253, 469254, 469277, 469301, 469258, 469280), Barra Bonita (469515, 469545, 469516, 469546, 469548), Billings (427907, 427903, 427912, 401578, 401579, 427910, 401591, 427898, 401585, 401586, 427901, 427908, 401575,

427909, 427911, 427904, 401581), Cabuçu (428942, 428937, 428938, 428923), Guarapiranga (428518), Hedberg (469511, 469539, 469533, 469508, 469542, 469510, 469535, 469242, 469537), Ipaneminha (469502, 469532, 469503, 469504, 469492), Jurupará (469441), Jundiá (427989, 468850, 468832, 468856), Paraitinga (427994, 427985), Ponte Nova (427922, 427983, 468846), Salto Grande (469375), Salto do Iporanga (469399), Santa Helena (469230), Taiaçupeba (427986, 468857, 468834, 468858) e Tanque Grande (428933, 428934, 428935, 428920).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A identificação da espécie seguiu o proposto na análise recente do material-tipo (Lange-Bertalot & Ulrich 2014). Infelizmente, quando os autores observaram as lâminas do holótipo não foi possível encontrar células em vista valvar, apenas em longas colônias. As medidas obtidas na análise do Estado de São Paulo diferem do material-tipo que apresenta menor comprimento valvar (45-68 μm) e a densidade de estrias igual ou menor (15-16 em 10 μm) ao observado no presente estudo. A identificação foi confirmada pela forma valvar lanceolada e extremidades alongadas e presença de espinhos no centro da valva, concordando com o conceito sobre a delimitação da espécie apresentada por Krammer & Lange-Bertalot (1991). Novas subespécies foram propostas para o material da Europa com base na ausência de espinhos de ligação e ausência de colônias nas populações europeias (Lange-Bertalot & Ulrich 2014). Contudo, a ausência de análise em MEV não permitiu verificar se existe dimorfia nos espinhos da espécie. Colônias não foram observadas no material estudado, muito provavelmente devido à forte oxidação, entretanto espinhos, provavelmente de ligação, localizados na porção central da valva foram observados. Neste estudo, a espécie foi encontrada em 18,8% das amostras com maior abundância nas amostras perifíticas e de sedimentos superficiais de represas meso- a eutróficas. O ótimo ecológico calculado para o sedimento superficial mostrou a preferência dessa espécie por águas com pH levemente ácido (6,7), elevada condutividade (113,5 $\mu\text{S cm}^{-1}$) e moderadas concentrações de nitrogênio total (844,8 $\mu\text{g L}^{-1}$) e moderadas concentrações de fósforo total (41,8 $\mu\text{g L}^{-1}$). A tolerância mostrou que a espécie pode ocorrer em ambientes com pH levemente ácido a neutro (6,2-7,2), moderada tolerância a condutividade (111,9 $\mu\text{S cm}^{-1}$) e baixos a elevados valores de nutrientes (nitrogênio total: 169,5-1520,0 $\mu\text{g L}^{-1}$ e fósforo total: 7,2-76,4 $\mu\text{g L}^{-1}$). Com base nos dados obtidos, a espécie pode ser reconhecida como acidófila, ocorrendo em águas oligo a meso-eutróficas (Tabela 3). *Fragilaria crotonensis* é reportada para ambientes meso-eutróficos com preferência por pH alcalinos (van Dam *et al.* 1994), ou ainda descrita como bem tolerante

a diferentes estados tróficos (Hofmann 1994). O ótimo ecológico e a tolerância dessa espécie foram calculados para ambientes temperados por Miettinen (2003).

Fragilaria fragilarioides (Grunow) Cholnoky. Nova Hedwigia 2: 168. 1963.

Basiônimo $\equiv$ *Synedra rumpens* var. ? *fragilarioides* Grunow in van Heurck. Synopsis des Diatomées de Belgique pl, XL, fig. 12. 1881.

[Prancha 6, Figs 1-20]

Células de vida livre, colônias não observadas; valvas linear-lanceoladas a lanceoladas; ápices capitados a subcapitados; área central variável, bilateralmente ou unilateralmente intumescida com estrias fantasmas; estrias unisseriadas alternas; esterno linear. Aréolas apicalmente alongadas; uma rimopórtula por valva; espinhos cônicos. Bandas conectivais e colônias não observadas. **Dimensões:** 32,8-65,7 μm comp.; 2,5-2,7 μm larg.; estrias 14-15 em 10 μm .

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Marília (255753), Eldorado (255765), Guapiara (336387), Itaperá (355391), Itapura, (355388), Pacaembu (370962), Zacarias (370969), Santa Adélia (371179), Porto Feliz (371182) e nas represas Atibainha (469297, 469298, 469256, 469300, 469257), Barra Bonita (469514, 469244, 469520, 469515, 469544, 469545, 469245, 469516, 469546, 469547, 469246, 469555, 469556, 469517, 469548, 469550), Billings (401579, 427903, 427910, 427898, 401574, 427900, 427901, 427905), Cabuçu (428942, 428937, 428938, 428923), Cachoeira (469248, 469270, 469293, 469249, 469271, 469272, 469251, 469252), Cachoeira da Fumaça (469389, 469409, 469390, 469391), Cachoeira do França (469412, 469393, 469394), Guarapiranga (428509, 428510, 428511, 428513, 428514, 428515, 428520), Hedberg (469240, 469511, 469539, 469508, 469533, 469241, 469541, 469542, 469535, 469513, 469510, 469537, 469538), Ipaneminha (469505, 469531, 469502, 469527, 469238, 469503, 469507, 469504, 469529), Itupararanga (469497, 469492, 469526, 469495, 469496), Jaguari (428849, 428858), Jacaré (428842, 428852), Jurupará (469441, 469488, 469422, 469442, 469489, 469403, 469423, 469443, 469490, 469404, 469424, 469444, 468830), Lago das Garças (469484, 469483, 469487), Paraitinga (427985, 427984, 468847), Paiva Castro (469281, 469379, 469369, 469259, 469260, 469304, 469380, 469370, 469176, 469283, 469371, 469306, 469551, 469552), Paineiras (469503, 469425, 469445, 469406, 469446, 469493, 469407, 469447), Ponte Nova (427922, 427926, 427923, 427983, 468846), Serraria (469395, 469435, 469454, 469436), Salto Grande (469307, 469285, 469381, 469372, 469263,

469373, 469374, 469266, 469288, 469375), Santa Helena (469489, 469453, 469230, 469525, 469454), Salto do Iporanga (469398, 469418, 469438, 469419, 469439, 469420), Taiaçupeba (468835, 468833, 427987, 427986, 468857, 468858) e Tatu (469311, 469385, 469267, 469289, 469376, 469268, 469312, 469386, 469290, 469377, 469269, 469313, 469387, 469291, 469378).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A confirmação desta espécie seguiu Patrick & Reimer (1966). Este táxon já foi tratado como sinônimo varietal de *F. capucina* (Lange-Bertalot 1980) e como parte do complexo *F. distans/fragilarioides* (Krammer & Lange-Bertalot 1991). As obras consultadas para sua identificação (Hustedt 1930, Patrick & Reimer 1966) apresentam a área central destacada com intumescimento similar ao encontrado na população estudada. A presença da intumescência na área central é bastante variável, de forma que Ludwig & Flôres (1997) afirmam que a porção mediana é indistintamente intumescida. Assim, a confirmação taxonômica baseou-se principalmente na forma dos ápices e largura da valva. No estudo de Carneiro (2007), *F. fragilarioides* foi dividida em quatro morfotipos distintos e, para tal, a autora considerou as sinonimizacoes e combinações ocorridas neste táxon dentro de *F. capucina*, a forma valvar (linear-lanceolada a lanceolada), forma dos ápices (rostrados a capitados) e área central intumescida a indistintamente intumescida. A partir do reestudo desses materiais, identificou-se apenas os morfotipos III e IV como *F. fragilarioides*, os demais morfotipos foram identificados como pertencentes ao táxon *F. vaucheriae* com base nas medidas de largura e número de estrias. Faustino *et al.* (2016) reportaram ampla distribuição desta espécie em abordagem paleolimnológica (testemunho de 100 anos e sedimento superficial) em represa eutrófica de São Paulo, abrangendo amplo espectro de variação trófica, de mesotrófica a supereutrófica. Nas amostras analisadas, *F. fragilarioides* foi a espécie com maior distribuição, ocorrendo em 49,1% do total das amostras e a maior abundância encontrada nas amostras perifíticas de represas meso- a eutróficas. O ótimo ecológico calculado para o sedimento superficial indicou a preferência da espécie por águas neutras (7,2), condutividade moderada (104,7 $\mu\text{S cm}^{-1}$) e moderadas concentrações de nitrogênio (883,8 $\mu\text{g L}^{-1}$) e fósforo total (42,9 $\mu\text{g L}^{-1}$). A tolerância ambiental mostrou que o táxon pode ser encontrado em águas levemente ácidas a neutra (6,7-7,7), baixa a moderada condutividade (33,5-175,9 $\mu\text{S cm}^{-1}$), moderadas concentrações de nitrogênio total (435,8-1331,7 $\mu\text{g L}^{-1}$) e amplo espectro de variação de fósforo total (0,7-85,2 $\mu\text{g L}^{-1}$). Embora apareça na lista de espécies de diversos trabalhos ecológicos, muitas vezes no complexo *F. distans* (Grunow) Bukhtiyarova dados sobre ecologia dessa espécie não foram encontradas na literatura (van Dam *et al.* 1994). A espécie

pode ser descrita como circumneutral com preferência por ambientes oligo- a mesotróficos (Tabela 5). Este é o primeiro registro da autoecologia desse táxon.

Fragilaria gracilis Østrup. Danske Diat.: 190. pl. 5, fig. 117. 1910

[Prancha 7, Figs 1-9, Prancha 8, Figs 1-3]

Células de vida livre, colônias ausentes; valvas lanceoladas; ápices rostrados algumas vezes subcapitados; área central retangular; estrias alternas, delicadas, unisseriadas; esterno linear estreito; limitado por estrias encurtadas. Aréolas pequenas arredondadas; uma rimopórtula por valva; espinhos ausentes. Bandas conectivais não observadas. **Dimensões:** 22,0-47,7 µm comp.; 2,0-2,5 µm larg.; estrias 20-26 em 10 µm.

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Dracena (239092), Guapiara (336387), Itaperá (355391), Cosmorama, (355389), Porto Feliz (371182) e nas represas Atibainha (469300, 469275, Billings (427903, 427899, 427907, 401585), Cabuçu (428942, 428937, 428923), Cachoeira (469270, 469249, 469272, 469294), Cachoeira da Fumaça (469409), Guarapiranga (428514, 428515, 428518, 428520), Hedberg (469511), Ipaneminha (469238, 469239), Itupararanga (469232, 469492), Jundiaí (4698850, 468856), Paraitinga (427985, 427984), Paiva Castro (469379, 469369, 469380, 469176, 469282, 469283, 469306), Serraria (469396), Salto Grande (469307, 469285, 469309, 469375), Santa Helena (469490), Salto do Iporanga (469439), Taiaçupeba (468835, 468857) e Tatu (469385, 469376, 469312, 469269, 469313, 469378).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A identificação desta espécie concorda com os dados apresentados por Tuji (2007) e por Krammer & Lange-Bertalot (1991). Ambos autores fizeram a lectotipificação desse táxon, sendo que a mais recente realizada por Tuji (2007) apresenta dados de ultraestrutura. Embora haja discrepância entre as medidas apresentadas por Tuji (2007), estas não puderam ser confirmadas pela escala apresentada por esse autor. Lange-Bertalot & Ulrich (2014) também não confirmam as medidas apresentada por Tuji (2007). *Fragilaria gracilis* é reportada como espécie frequentemente bentônica, particularmente abundante em águas levemente ácidas a neutras e condições oligo- a mesotróficas (van Dam *et al.* 1994, Hofmann *et al.* 2011, Lange-Bertalot & Ulrich 2014). Para o Estado de São Paulo, a espécie é citada em trabalhos de cunho ecológico em ambientes mesotróficos (Wengrat 2011, Rocha 2012). No presente estudo, esta espécie ocorreu em 13,3% do total das amostras analisadas e com maior abundância nas amostras perifíticas de reservatórios oligo- a

mesotróficos. O ótimo ecológico calculado para o sedimento superficial indicou sua preferência por águas com pH próximo do neutro (7,7), moderada condutividade ($105,5 \mu\text{S cm}^{-1}$), moderada concentração de nitrogênio total ($1182,1 \mu\text{g L}^{-1}$) e elevada concentração de fósforo total ($68,6 \mu\text{g L}^{-1}$). A tolerância mostrou que a espécie pode ocorrer em águas neutras a alcalinas (7,1-8,2), moderada a alta condutividade ($81,2$ - $129,8 \mu\text{S cm}^{-1}$), moderada a elevada concentração de nitrogênio total ($818,6$ - $1545,5 \mu\text{g L}^{-1}$) e amplo espectro de fósforo total ($14,0$ - $123,2 \mu\text{g L}^{-1}$). A espécie pode ser reportada como circumneutral, ocorrendo preferencialmente em ambientes eutróficos (Tabela 2). Embora os dados obtidos sejam diferentes dos observados por van Dam *et al.* (1994), *F. gracilis* é reportada como tolerante a diferentes estados tróficos por Hofmann (1994). A espécie identificada como *F. capucina* var. *gracilis* teve seu ótimo ecológico calculado por Miettinen (2003) para o fósforo total ($21,3 \mu\text{g L}^{-1}$), caracterizando sua preferência para ambientes oligotróficos. *Fragilaria gracilis* é registrada pela primeira vez em trabalho taxonômico para o Estado de São Paulo.

Fragilaria* cf. *gracilis Østrup. Danske Diat.: 190. pl. 5, fig. 117. 1910

[Prancha 9, Figs 1-5]

Células de vida livre, colônias ausentes; valvas lanceoladas; ápices subcapitados; área central retangular; limitada por estrias encurtadas; estrias alternas, delicadas, unisseriadas; externo linear estreito. Aréolas não observadas; uma rimopórtula por valva; espinhos ausentes. Bandas conectivas não observadas. **Dimensões:** 25,0-52,0 μm comp.; 2,0-2,5 μm larg.; estrias 28-30 em 10 μm .

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Nas represas Atibainha (469301), Barra Bonita (469517, 469550), Billings (427903, 401591), Cabuçu (428942, 428938, 428923), Cachoeira (469292, 469249, 469296), Cachoeira da Fumaça (469412), Cachoeira do França (469429, 469390, 469432, 469411, 469431), Hedberg (469511, 469508, 469533, 469535, 469510), Ipaneminha (469502, 469232, 469503, 469504, 469529), Itupararanga (469492, 469526), Jaguari (428858), Jacareí (428842, 4288543), Jurupará (469441, 469442, 469489, 469423, 469443, 469490, 469444, 469491), Jundiaí (427989, 468850, 468832, 427988, 468856), Lago das Garças (469484, 469485), Paraitinga (427985, 468847), Pedro Beicht (427588), Paiva Castro (469262, 469379, 469303, 469260, 469304, 469381, 469306, 469305), Paineiras (469405, 46944), Ponte Nova (427922, 427926, 427983), Salto Grande (469383), Santa Helena (469525), Salto do Iporanga

(469400), Taiaçupeba (468835, 468833, 427987, 427986, 468857, 468834), Tanque Grande (428920) e Tatu (469268, 469312).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A identificação incerta deste táxon deve-se aos maiores valores de densidade das estrias encontradas em relação ao material-tipo (Østrup 1910) e nas recentes lectotipificações (Krammer & Lange-Bertalot 1991, Tuji 2007) que apresentam densidade de estrias variando de 20 μm na descrição original e 22 μm em 10 μm nas lectotipificações. Desta forma, optamos pela separação das populações. A confirmação do táxon necessita de maior detalhamento em MEV para a observação da ultraestrutura. No presente, estudo este táxon correu em 20,2% do total das amostras analisadas e com maior abundância nas amostras perifíticas de reservatórios oligo- a mesotróficos. O ótimo ecológico calculado para o sedimento superficial mostrou preferência por águas levemente ácidas (6,5), moderada condutividade (94,6 $\mu\text{S cm}^{-1}$) e moderadas concentrações de nutrientes (nitrogênio total: 746,9 $\mu\text{g L}^{-1}$ e fósforo total: 39,6 $\mu\text{g L}^{-1}$). A tolerância ambiental indicou que a espécie pode ser encontrada em águas levemente ácidas (6,3-6,8), baixa a moderada condutividade (15,9-205,2 $\mu\text{S cm}^{-1}$) e amplo espectro de variação de nutrientes (nitrogênio total: 0,7-1568,4 $\mu\text{g L}^{-1}$ e fósforo total: 4,8-74,7 $\mu\text{g L}^{-1}$). A espécie pode ser classificada como acidófila, e ocorrendo em ambientes oligo- a mesotróficos. Os dados da autoecologia dão suporte para a separação entre ambos os táxons de *F. gracilis* (Tabela 2) e concordam com as observações obtidas no estudo morfológico das duas espécies, de forma que, muito provavelmente, se trate de um táxon ainda não descrita. Embora não confirmada a identidade do táxon, nenhum registro com características similares foi encontrado para o Estado de São Paulo.

Fragilaria grunowii Lange-Bertalot & Ulrich. *Lauterbornia* 78: p. 22, fig. 9: 1-12, 10: 1-10, 2014.

[Prancha 9, Figs 6-12]

Células de vida livre, colônias não observadas; valvas lineares, muito estreitas; ápices subcapitados a rostrados variáveis dentro da população; estrias alternas, delicadas, unisseriadas; esterno linear. Aréolas pequenas, arredondadas; área central retangular, com estrias fantasmas; uma rimopórtula por valva; espinhos ausentes. Bandas conectivais não observadas. **Dimensões:** 92,0-320,0 μm comp.; 2,0-3,5 μm larg.; estrias 15-18 em 10 μm .

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Nas represas Atibainha (469275, 469253, 469298, 469276, 469254, 469277, 469255, 469300, 469301, 469279, 469302, 469280), Barra Bonita (469514), Billings (401579, 427903, 401591), Cabuçu (428937, 428923), Cachoeira (469248, 469293, 469249, 469294, 469250, 469272, 469295), Cachoeira da Fumaça (469412, 469433), Cachoeira do França (469429, 469390, 469449, 469452, 469495, 469453, 469450, 469496, 469391, 469411, 469497, 469432, 469195, 469422), Guarapiranga (428518), Itupararanga (469232, 469497, 469233, 469498, 469493, 469234, 469499, 469235, 469500, 469495, 469236, 469501, 469496), Jacaré (428842), Jurupará (469421, 469441, 469488, 469499, 469402, 469422, 469489, 469403, 469423, 469490, 469501, 469404, 469424, 469444, 469502), Jundiá (427989, 468850, 468832, 468831, 468856), Paiva Castro (469303, 469281, 469369, 469304, 469282, 469370, 469305, 469371, 469262, 469306, 469551, 469552), Paineiras (469503, 469445, 469407, 469427), Ponte Nova (427922, 427923), Salto Grande (469385, 469372, 469286, 469384), Santa Helena (469288, 469375, 469453, 469230, 469490, 469525, 469524, 469454, 469231), Salto do Iporanga (469398, 469418, 469399, 469400) e Serraria (469435).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A população identificada apresentou apenas uma rimopórtula por valva, diferindo do apresentado na diagnose de *F. grunowii*, onde os autores identificam a população com duas rimopórtulas por valva (Lange-Bertalot & Ulrich 2014). A presença de rimopórtulas, como já discutido anteriormente, não deve ser considerada um caráter diagnóstico dentro de gêneros de arrafídeas dada sua alta variabilidade dentro de um mesmo táxon. A espécie apresenta similaridade com *F. saxoplanctonica* Lange-Bertalot & Ulrich, contudo a população encontrada não apresentou valvas menores do que 90 µm, como o observado na diagnose de *F. saxoplanctonica* que reporta comprimento de 40-170 µm e difere ainda pela forma do ápice que nessa espécie apresenta-se como rostrado (Lange-Bertalot & Ulrich 2014). Neste estudo, *F. grunowii* ocorreu em 30,8% do total das amostras analisadas e com maior abundância nas amostras planctônicas, perifíticas e de sedimento superficiais de reservatórios oligo- a mesotróficos. O ótimo ecológico calculado a partir do sedimento superficial mostrou preferência por águas com pH levemente ácidos (6,8), baixa condutividade (54,3 µS cm⁻¹) e baixas concentrações de nutrientes (nitrogênio total: 417,7 µg L⁻¹ e fósforo total: 15,0 µg L⁻¹). A tolerância ambiental calculada mostrou que a espécie pode ocorrer em águas ácidas a neutras (6,3-7,2), baixa condutividade (25,4-83,2 µS cm⁻¹), baixas concentrações de nitrogênio total (203,5-632,0 µg L⁻¹) e de fósforo total (7,9-22,0 µg L⁻¹). A espécie pode ser caracterizada como acidófila, com preferência para ambientes oligotróficos (Tabela 6). Dados

sobre a ecologia dessa espécie são inexistentes e dessa forma não foi possível comparar essas informações. Este é o primeiro registro da espécie para o Brasil e primeiro registro da autoecologia desse táxon.

Fragilaria longifusiformis (Hains & Sebring) Siver, E. Morales, Van de Vijver, Smits, Hamilton, Lange-Bertalot et Hains. Phycological Research 54: 185, figs 1-33. 2006.

Basiônimo $\equiv$ *Synedra planktonica* Hains & Sebring. Transactions American Microscope Society 100 (2): 185, figs 2-9. 1981.

[Prancha 10, Figs 1-15, Prancha 11, Figs 1-6]

Células de vida livre, raramente em colônias de 3-5 espécimes; valvas fusiformes; ápices rostrados, extremidades longas e delgadas; estrias curtas, visíveis em contraste de fase; esterno lanceolado. Aréolas pequenas arredondadas; área central inflada; uma rimopórtula por valva; espinhos curtos, localizados entre as estrias, dois espinhos em cada ápice. Campo de poros apical restrito a 3-4 poros. Bandas conectivas não observadas. **Dimensões:** 66,6-123,0 μm comp.; 2,0-2,5 μm larg.; estrias 28-30 em 10 μm .

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: São Pedro (188436), Campos do Jordão (239041, 255736, 255737), Paraguaçu Paulista (239085), Itu (255725), Guareí (371176) e nas represas Atibainha (469276, 469254, 469299, 469277, 469255, 469302, 469280), Barra Bonita (469550), Cachoeira (469270, 469249, 469295, 469273), Cabuçu (428923), Cachoeira do França (469388, 469390), Guarapiranga (428510, 428513, 428515), Hedberg (469537), Itupararanga (469232, 469497, 469492, 469526, 469233, 469498, 469493, 469234, 469499, 469494, 469235, 469500, 469495, 469236, 469501, 469496), Jaguari (428848), Jacareí (428842), Jurupará (469502), Jundiaí (468830, 427989, 468831, 468850, 468832, 427988, 468856), Paraitinga (427994, 427985, 468847), Paiva Castro (469304, 469370, 469305, 469283, 469371, 469306, 469284, 469552), Paineiras (469503, 469405, 469445, 469426, 469493, 469427), Ponte Nova (427922, 427926, 427923, 427983, 468846), Santa Helena (469229, 469489, 469453, 469230, 469490, 469525, 469524, 469231, 469491), Serraria (469399, 469400), Taiaçupeba (468835, 468833, 427986, 468857, 468834, 468858) e Tatu (469386).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A identificação desta espécie concorda com a diagnose apresentada por Siver *et al.* (2006). Recentemente a ocorrência de *F. longifusiformis* em rios e reservatórios subtropicais foi reportada por Ludwig *et al.* (2015), cujos autores

constatarem que exemplares encontrados em águas brasileiras podem apresentar comprimento menor do que o referido na diagnose do táxon. Neste trabalho, as medidas apresentadas por Carneiro (2007) foram reexaminadas, contudo os valores menores do que 30 µm se referem a valvas quebradas e não devem ser considerados para obtenção das métricas. Por ser pouco silicificada e com prolongamentos com largura entre 0,5 a 3,0 µm, as extremidades de *F. longifusiformis* são comumente encontradas fragmentadas e são de difícil visualização em microscopia de luz. Esta espécie possui hábito planctônico e é amplamente distribuída em rios da América do Norte e Europa (Siver *et al.* 2006, Lange-Bertalot & Ulrich 2014). No presente estudo, *F. longifusiformis* ocorreu em 23,3% do total das amostras analisadas e com maior abundância nas amostras planctônicas e de sedimento superficial de reservatórios oligo- a mesotróficos. O ótimo ecológico calculado a partir do sedimento superficial mostrou preferência por águas levemente ácidas (6,6), baixa condutividade (60,1 µS cm⁻¹) e baixas concentrações de nutrientes (nitrogênio total: 523,0 µg L⁻¹ e fósforo total: 28,2 µg L⁻¹). A tolerância ambiental indicou que a espécie pode ocorrer em águas levemente ácidas a neutras (6,1-7,1), baixa condutividade (33,3-86,9 µS cm⁻¹) e baixas concentrações de nutrientes (nitrogênio total 341,4-704,6 µg L⁻¹ e fósforo total: 18,6-37,8 µg L⁻¹). A espécie pode ser classificada como acidófila ocorrendo em ambientes oligotróficos (Tabela 6). Apesar de amplamente reportada em estudos ecológicos, este é o primeiro registro acerca do ótimo e da tolerância ambiental desta espécie.

Fragilaria microvaucheriae Wetzel & Ector. Cryptogamie Algologie 36 (3): p. 282, figs. 23-53, 2015

[Prancha 12, Figs 1-6]

Células de vida livre, colônias ausentes; valvas lanceoladas a rômbico-lanceolada; ápices cuneados a rostrados; estrias bem marcadas paralelas, esterno linear, estreito. Aréolas não observadas; área central unilateralmente inflada; espinhos ausentes; uma rimopórtula por valva. Bandas conectivais não observadas. **Dimensões:** 6,0-21,6 µm comp.; 2,5-4,0 µm larg.; estrias 14-16 em 10 µm.

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Porto Feliz (371182) e nas represas Billings (427903), Cachoeira (469248), Itupararanga (469492), Paraitinga (427985, 468847), Paiva Castro (469379, 469369, 469304, 469380, 469370, 469283, 469371) e Serraria (469436).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A identificação desta espécie concorda com a diagnose apresentada por Wetzel & Ector (2015). Esta espécie foi identificada como *Fragilaria* sp. 2 por Carneiro (2007) que mencionou sua maior proximidade com *F. vaucheriae* e a necessidade de descrevê-la formalmente como uma novidade para a ciência. A espécie foi originalmente reportada para França, ocorrendo em perifíton de rios com moderada condutividade ($170\text{--}230\ \mu\text{S cm}^{-1}$), pH levemente ácido a neutro (6,7–7,4) e baixas concentrações de nutrientes. Neste estudo, *F. microvaucheriae* ocorreu em 3,5% do total das amostras e com baixa abundância. Os espécimes foram encontrados principalmente em amostras perifíticas de reservatórios oligo- a mesotróficos, confirmando a preferência do habitat registrado por Wetzel & Ector (2015). Dada à baixa frequência e abundância do táxon não foi possível calcular suas preferências ecológicas. Este é o primeiro registro do táxon para o Estado de São Paulo.

Fragilaria neotropica Almeida, E. Morales & Wetzel. Phytotaxa 246 (3): p. 171, fig. 23–53, 2016.

[Prancha 12, Figs 7–29]

Células de vida livre, colônias não observadas; valvas linear-lanceoladas, inflada na porção mediana da valva; ápices capitados, algumas vezes defletidos ou estreitos; estrias alternas, curtas e interrompidas por espinhos; esterno linear. Aréolas apicalmente alongadas; área central larga com estrias fantasmas; espinhos piramidais; uma rimopórtula por valva. Bandas conectivas abertas. **Dimensões:** 52,0–72,0 μm comp.; 1,7–2,0 μm larg.; estrias 28–32 em 10 μm .

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Represas Atibainha (469298, 469276, 469254, 469255, 469279), Cabuçú (428923), Cachoeira (469248), Cachoeira da Graça (427583, 427591, 469558, 427584), Cachoeira do França (469389, 469496, 469391, 469411, 469431, 469451, 469394, 469429, 469390), Jurupará (469422, 469489, 469500, 469423, 469443, 469501, 469444, 469502), Paraitinga (427994, 427985), Pedro Beicht (427585, 427578, 427593, 427579, 427580, 427588, 469559, 427581, 427595, 427589, 469560, 427582), Paiva Castro (469370, 469305, 469371, 469306), Paineiras (469446, 469504, 469494), Ponte Nova (427922, 427926, 427923) e Serraria (469439).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A espécie foi originalmente reportada para represas mesotróficas com elevadas concentrações de metais pesados no sedimento (Almeida *et al.*

2016). Possui semelhança com espécies relacionadas com *F. tenera* diferindo desse grupo pela largura mais estreita da área central, estrias curtas, composta por no máximo 5 aréolas. Esse táxon é frequentemente encontrado quebrado devido à sua baixa silicificação e pouca largura da valva, ápices e área central deformadas quase sempre presentes. As teratologias das valvas são atribuídas à presença de metais como chumbo, cobre e níquel na represa. Neste estudo, ocorreu em 34,4% do total das amostras analisadas com maiores abundâncias em represas oligo- a mesotróficas. O ótimo ecológico calculado a partir do sedimento superficial indica que a espécie ocorre, preferencialmente, em águas levemente ácidas (6,4), com baixa condutividade ($19,1 \mu\text{S cm}^{-1}$) e baixas concentrações de nutrientes (nitrogênio total: $251,5 \mu\text{g L}^{-1}$ e fósforo total: $13,6 \mu\text{g L}^{-1}$), indicando sua preferência por ambientes oligotróficos. A tolerância ambiental mostrou que a espécie pode ocorrer em uma faixa de variação de pH levemente ácido (6,1-6,7), com baixa condutividade ($10,5-27,7 \mu\text{S cm}^{-1}$) e baixas concentrações de nutrientes (nitrogênio total: $176,7-326,2 \mu\text{g L}^{-1}$ e fósforo total: $10,5-16,7 \mu\text{g L}^{-1}$). A espécie pode ser caracterizada como acidófila ocorrendo em ambientes oligotróficos (Tabela 6). Este é o primeiro registro da autoecologia desse táxon e a segunda citação da espécie.

Fragilaria parva (Grunow) Tuji & Williams. Diatom. The Japanese Journal of Diatomology 24, p. 29, 2008.

Basiônimo $\equiv$ *Synedra familiaris* f. *parva* Grunow in van Heurck. Synopsis des Diatomées de Belgique pl. 40: fig. 15. 1881.

[Prancha 13, Figs 1-13, Prancha 14, Figs 1-8]

Células de vida livre, com aglomerado de no máximo 2-3 indivíduos; valvas lanceoladas, com intumescência bilateral na região central; ápices rostrados a subcapitados; estrias alternadas a levemente radiadas em direção aos ápices; esterno linear, estreito. Aréolas pequenas, apicalmente alongadas; área central irregular; espinhos dimórficos; uma rimopórtula por valva. Bandas conectivais abertas. **Dimensões:** 48,0-72,0 μm comp.; 2,7-4,0 μm larg.; estrias 16-18 em 10 μm .

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Campos do Jordão (239041, 255736, 255737), São Paulo (255747, 294904, 255751), Avaré (255759), Pitangueiras (336343, 355382), Santa Cruz do Rio Pardo (355367, 355368, 355369), Santo Antônio do Arancanguá (355386), Cosmorama (355389), Itapura (355388), Itaberá (355391), Zacarias (370969), Rifaina (371175), Guareí (371176) e

nas represas Atibainha (469280), Barra Bonita (469515, 469544, 469545, 469516, 469546, 469547, 469555, 469556, 469517, 469548, 469549, 469518, 469550, 469553), Billings (401578, 427903, 427910, 401591, 427898, 427899, 427906, 401574, 427900, 401586, 427908, 427909, 401569, 427911, 401581, 401594), Guarapiranga (428509, 428520), Hedberg (469539, 469508, 469533, 469241, 469541, 469542, 469535, 469510, 469538), Ipaneminha (469502, 469532, 469503, 469504, 469529), Ituparanga (469526), Jacaré (428852, 428861), Jundiaí (468832), Lago das Garças (469485, 469487), Paraitinga (427994, 427985, 427984, 468847), Paiva Castro (469306, 469552), Salto Grande (469381, 469382, 469286, 469373, 469383, 469287, 469374, 469266, 469288, 469375), Taiaçupeba (427987, 427986), Tanque Grande (428934), Tatu (469267, 469289, 469376) e Tatu (469386, 469290, 469291).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A identificação deste táxon foi recentemente esclarecida por Tuji & Williams (2008a), que ao estudar o material-tipo de *S. familiaris* f. *parva* Grunow identificou que os exemplares observados correspondiam ao corrente conceito de *S. rumpens* var. *familiaris* (Kützing) Grunow adotado por Hustedt (1930), Patrick & Reimer (1966) e amplamente seguido em diversos estudos ecológicos. Assim, uma nova combinação e um novo status foram apresentados formalmente para *F. parva*, Ainda, Tuji & Williams (2008) alertam para o problema de deriva taxonômica que *S. familiaris* Kützing passou, de forma que seu nome deve ser aplicado com cautela. Com isso, *F. parva* corresponde ao verdadeiro nome para a espécie amplamente citada em estudos ecológicos. Desta forma, Carneiro (2007) identificou os espécimes do Estado de São Paulo com base na obra de Patrick & Reimer (1966) com a ressalva de que o material-tipo necessitava ser analisado para a correta delimitação do táxon. O táxon ocorreu em 21,3% do total das amostras analisadas com maiores abundâncias em represas meso-eutróficas. O ótimo ecológico calculado a partir do sedimento superficial mostrou que o táxon ocorreu em águas com pH neutro (7,3), moderada condutividade (119,8 $\mu\text{S cm}^{-1}$), moderadas concentrações de nutrientes (nitrogênio total: 886,8 $\mu\text{g L}^{-1}$ e fósforo total: 62,8 $\mu\text{g L}^{-1}$). A tolerância ambiental indicou que a espécie pode ser encontrada em águas com pH levemente ácido a alcalino (6,1-8,5), baixa a moderada condutividade (5,2-234,3 $\mu\text{S cm}^{-1}$), moderadas concentrações de nitrogênio total (173,5-1600,2 $\mu\text{g L}^{-1}$) e amplo espectro de fósforo total (10,7-136,2 $\mu\text{g L}^{-1}$). Os dados encontrados corroboram com a literatura onde é descrita como tolerante à carga de nutrientes sendo observado em águas mesotróficas (Hofmann 1994), ou ainda como circumneutral em relação ao pH e ocorrendo em águas oligo-mesotróficas (van Dam *et al.* 1994). Segundo os dados calculados, a espécie pode ser classificada como circumneutral, ocorrendo em ambientes eutróficos (Tabela 5).

Fragilaria pectinalis (Müller) Lyngbye. Tent. Hydrophytol. Dan.: 184–185. 1819

Basiônimo $\equiv$ *Conferva pectinalis* O. F. Müll. Nov. Acta Acad. Sci. Imp. Petropol. 3: 91. f. 4–7. 1788.

[Prancha 15, Figs 1-23]

Células de vida livre, colônias ausentes; valvas linear-lanceoladas; ápices rostrados a subcapitados; estrias simples alternas que se estendem até o manto; esterno linear. Aréolas pequenas, apicalmente alongadas; área central irregular, unilateral a bilateral nas formas maiores; campo de poros apical com diversos poróides tipo *ocellolimbus*; uma rimopórtula por valva. Bandas conectivais abertas. **Dimensões:** 14,9-28,5 μm comp.; 2,6-4,0 μm larg.; estrias 14-18 em 10 μm .

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Dracena (239092), Zacarias (370969) e nas represas Atibainha (469275, 469253, 469254, 469255, 469278, 469279, 469280), Cachoeira (469248, 469292, 469270, 469293, 469249, 469272, 469273, 469252, 469296) Billings (401567, 427903, 427910, 401591, 401560, 427898, 427899, 401585, 427900, 427907, 401586, 427901, 401569, 427911, 401581, 427905, 427912), Cabuçu (428938, 428923), Cachoeira do França (469409, 469434), Guarapiranga (428509, 428511, 428518, 428520), Hedberg (469539, 469241, 469512, 469535, 469537), Ipaneminha (469506, 469504), Itupararanga (469497, 469492, 469526, 469493, 469235, 469495, 469236, 469496), Jaguari (428840), Jacareí (428842, 428852, 428846), Jundiaí (468830, 427988, 468856), Lago da Garças (469485), Paraitinga (427994, 427985, 468847), Paiva Castro (469379, 469369, 469304, 469380, 469282, 469370, 469261, 469305, 469176, 469283, 469371, 469262, 469306, 469284, 469552), Paineiras (469425, 469446, 469493), Ponte Nova (427983, 468846), Serraria (469436, 469397, 469437), Salto Grande (469307, 469309), Santa Helena (469229, 469489, 469453, 469230, 469525, 469454, 469488), Salto do Iporanga (469399, 469439, 469440), Taiaçupeba (468835, 427987, 427986, 468857, 468834, 468858), Tanque Grande (428924, 428933, 428934, 428926, 428935) e Tatu (469267, 469312, 469377, 469269, 469313).

Comentários taxonômicos e ecológicos: *Fragilaria pectinalis* é a espécie-tipo do gênero *Fragilaria* (Round *et al.* 1990) e foi recentemente analisada por Tuji & Williams (2006a). Esta espécie foi considerada como sinônimo de *F. capucina* (Williams & Round 1987) até sua recente tipificação e posterior análise detalhada acerca de sua história nomenclatural (Tuji &

Williams 2008). O histórico de sinominizações desta espécie é apontado como o principal motivo para sua ausência em guias de identificações e/ou listas de registros (Wetzel & Ector 2015). Ainda, no trabalho de Krammer & Lange-Bertalot (2004), *F. pectinalis* foi incluída no complexo *F. capucina/capitellata*. Nas amostras do Estado de São Paulo a espécie foi identificada como *F. vaucheriae* var. *capitellata* (Grunow) R. Ross (Carneiro 2007). Sobre a ecologia dessa espécie, Wetzel & Ector (2015) registraram sua ocorrência em águas com boa qualidade ecológica, com moderada condutividade, pH alcalino, altas concentrações de nitrato e elevadas concentrações de oxigênio dissolvido. Neste trabalho, *F. pectinalis* ocorreu em 32,2% do total das amostras analisadas, no plâncton, perifíton e sedimento superficial, com maiores abundâncias em represas mesotróficas. O ótimo ambiental calculado a partir do sedimento superficial indicou que a espécie ocorreu preferencialmente em águas com pH levemente ácido (6,7), baixa condutividade (55,2 $\mu\text{S cm}^{-1}$), baixas concentrações de nitrogênio total (421,6 $\mu\text{g L}^{-1}$) e de fósforo total (17,0 $\mu\text{g L}^{-1}$), indicando sua preferência por ambientes de boa qualidade ecológica. A tolerância ambiental demonstrou que a espécie pode ser encontrada em pH levemente ácido a neutro (6,3-7,1), baixa condutividade (27,3-83 $\mu\text{S cm}^{-1}$) e baixas concentrações de nutrientes (nitrogênio total: 267,6-575,4 $\mu\text{g L}^{-1}$ e fósforo total: 7,1-26,9 $\mu\text{g L}^{-1}$). A espécie pode ser caracterizada como acidófila, ocorrendo em ambientes oligotróficos (Tabela 7). Os dados concordam com as informações ecológicas presente em Wetzel & Ector (2015). Este é o primeiro registro do táxon para o Estado de São Paulo.

Fragilaria perminuta (Grunow) Lange-Bertalot. Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2, p. 581, figs 76-107, 2000

Basiônimo $\equiv$ *Synedra perminuta* Grunow in van Heurck. Synopsis des Diatomées de Belgique pl. 40: fig. 23. 1881.

[Prancha 16, Figs 1-12]

Células de vida livre, colônias ausentes; valvas lanceoladas; ápices rostrados; estrias simples, alternas a paralelas em direção aos ápices; esterno linear, conspicuo. Aréolas pequenas, apicalmente alongadas; área central unilateral; campo de poro apicais com diversos poróides tipo *ocellolimbus* presente em ambos os ápices; uma rimopórtula por valva. Bandas conectivas abertas. **Dimensões:** 10,0-18,5 μm comp.; 2,6-3,7 μm larg.; estrias 18 em 10 μm .

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Nas represas Atibainha (469253, 469276), Cachoeira (469270, 469250), Billings (427903, 427910, 401586, 427911, 401581, 427905, 401594), Cachoeira da Fumaça (469433), Guarapiranga (428518, 428520), Paraitinga (427985), Paiva Castro (469380, 469176), Serraria (469396, 469436, 469437), Salto Grande (469263, 469374, 469375) e Tatu (469312).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A identificação desta espécie baseou-se na circunscrição apresentada por Tuji & Williams (2008) que examinaram o material-tipo, bem como no recente reexame realizado por Delgado *et al.* (2015). Neste último trabalho, os autores fornecem a ilustração do holótipo e a distribuição geográfica da espécie, reportando sua ocorrência em ambientes lênticos na Europa, Ásia e África do Sul. A espécie foi registrada em águas com amplo gradiente trófico, meso-eutróficas (Hofmann *et al.* 2011) e oligo-mesotróficas (Krammer & Lange-Bertalot 1991). Neste trabalho, *F. perminuta* ocorreu em apenas 6,5% do total das amostras analisadas, no plâncton, perifíton e sedimento superficial de represas meso-eutróficas. Devido à baixa abundâncias desta espécie, as preferências ecológicas não foram calculadas. Este é o primeiro registro do táxon para o Brasil.

Fragilaria recapitellata Lange-Bertalot & Metzeltin. Iconographia Diatomologica 20, p. 48, figs 40–75, 2009.

Basiônimo ≡ *Synedra capitellata* Grunow in van Heurck. Synopsis des Diatomées de Belgique pl. 40: fig. 26. 1881.

[Prancha 17, Figs 1-14]

Células de vida livre, raramente agrupadas em 2-3 indivíduos; valvas lanceoladas; ápices fortemente rostrados; estrias simples, alternas; esterno linear; conspícuo. Aréolas pequenas, apicalmente alongadas; área central unilateral, podendo se expandir até as margens; uma rimopórtula por valva. Bandas conectivais não observadas. **Dimensões:** 15,0-22,5 µm comp.; 2,4-3,8 µm larg.; estrias 17-20 em 10 µm.

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Nas represas Atibainha Billings (401585), Ipaneminha (469503), Paraitinga (427985) e Salto Grande (469374).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A identificação desta espécie baseou-se no recente reexame do material-tipo realizado por Delgado *et al.* (2015). *Fragilaria recapitellata* foi

recentemente renomeada por Metzeltin *et al.* (2009), respeitando o princípio da prioridade para o táxon *F. capitellata* Lauby (Lauby 1910). Entretanto, o táxon apresentado por esses autores difere quanto às medidas e forma valvar em relação ao material original designado por Grunow (van Heurck 1881). No presente, a identificação da espécie seguiu a recente análise do material-tipo realizada por Delgado *et al.* (2015). Segundo a literatura, *F. recapitellata* tem distribuição cosmopolita, com registro dos polos aos trópicos, sendo encontrada no perifíton de ambientes lênticos e lóticos e com preferência por águas eutróficas (van Dam *et al.* 1994). *Fragilaria recapitellata* ocorreu em apenas 1% do total das amostras analisadas, no perifíton e sedimento superficial de represas meso- a eutróficas. A preferência ecológica da espécie não foi calculada devido à baixa abundância e frequência nas amostras. Este é o primeiro registro da espécie para o Estado de São Paulo.

Fragilaria rumpens (Kützing) Carlson. Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Südpolar-Expedition 1901-1903, 4 (14): 29, 1913.

Basiônimo $\equiv$ *Synedra rumpens* Kützing. Bacillarien: 69, pl. 16: fig. VI. 4, 5. 1844.

[Prancha 18, Figs 1-11]

Células frequentemente em colônias de 5-8 indivíduos; valvas linear-lanceoladas, ápices subcapitados a rostrados; estrias simples, alternas; esterno linear. Aréolas pequenas, arredondadas; área central unilateral ou bilateralmente expandida bem delimitada, podendo alcançar as margens; espinhos presentes; uma rimopórtula por valva. Bandas conectivas não observadas. **Dimensões:** 24,0-42,5 μm comp.; 2,4-3,5 μm larg.; estrias 18-20 em 10 μm .

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Dracena (239092), Avaré (255759), Itapeva (371180), Porto Feliz (371182) e nas represas Barra Bonita (469553), Billings (401578, 427898), Cachoeira do França (469448, 469495, 469496), Ipaneminha (469237, 469504), Jaguari (428840, 428849), Jacaré (428842, 428843, 428852, 428854) e Salto Grande (469373, 469374, 469375).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A identificação desta espécie baseou-se no reexame do material-tipo realizada por Tuji & Williams (2006a). Esta espécie é comumente confundida com *F. capucina* e *F. vaucheriae* e, segundo Tuji & Williams (2006b), podem ser separadas pela forma das colônias. *Fragilaria rumpens* apresenta as extremidades separadas e em *F. capucina* a adesão nas colônias é dada por toda a face valvar. A separação apical das colônias de *F. rumpens* é atribuída aos ápices mais estreitos que possibilitam a separação nas

extremidades. Entretanto, ao analisarmos o holótipo de *S. rumpens* (amostra 194 da Coleção de Kützing), depositada no herbário de Meise (BR), encontrou-se valvas com ápices rostrados e valvas unidas ao longo de todo comprimento da valva, de forma que a separação das espécies *F. rumpens*, *F. capucina* e *F. vaucheriae* não pode ser baseada apenas na forma da colônia como apontando por Tuji & Williams (2006a). Sugere-se, assim, que para a separação dessas espécies sejam também consideradas as estrias que em *F. rumpens* são mais delicadas e com maior densidade em relação às demais espécies citadas *F. vaucheriae* (11-14 estrias em 10 µm) e *F. capucina* (13-17 estrias em 10 µm) (Wetzel & Ector 2015, Delgado *et al.* 2015). Esta espécie é reportada como tolerante à concentração de nutrientes por van Dam *et al.* (1994) a pouco tolerante por Lobo *et al.* (2004), essa diferença quanto ao grau de tolerância ecológica da espécie pode ser atribuída às distintas condições ambientais onde foram amostradas, uma vez que van Dam *et al.* (1994) reporta espécies encontradas em ambientes temperados e Lobo *et al.* (2004) em ambientes subtropicais. O ótimo ecológico calculado para ambientes temperados indicou que *F. rumpens* apresenta ótimo em baixa concentração de fósforo total (23,7 µg L⁻¹), ocorrendo em ambientes oligotróficos (Miettinen 2003). No presente, a espécie ocorreu em 4,6% do total das amostras analisadas, no plâncton e sedimento superficial de represas ultraoligotróficas a mesotróficas. Devido à baixa abundância e frequência de ocorrência não foi possível avaliar sua preferência ecológica, de qualquer forma a mesma não foi reportada em ambientes eutróficos. Este é o primeiro registro do táxon para o Estado de São Paulo.

Fragilaria socia (Wallace) Lange-Bertalot. Nova Hedwigia, 1980.

Basiônimo ≡ *Synedra socia* Wallace. Not. Nat. Acad. Nat. Sc. Philad. 331: 1, pl. 1: fig. 1. p.5. 1955.

[Prancha 19, Figs 1-6]

Células de vida livre; valvas linear-lanceoladas; ápices rostrados; estrias simples, alternas, tornando-se levemente radiadas em direção aos ápices; esterno linear, inconspícuo. Aréolas pequenas, arredondadas; área central com duas contrações, com intumescimento bilateral, formando fásia; campo de poros formados por poróides, tipo *ocellolimbus*; espinhos presentes interrompendo as estrias; uma rimopórtula por valva. Bandas conectivais abertas. **Dimensões:** 16,5-32,8 µm compr.; 3,5-4,0 µm larg.; 16-17 estrias em 10 µm.

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Nas represas Atibainha (469275, 469253, 469255, 469300, 469279, 469280), Barra Bonita (469243, 469516, 469546, 469547, 469246, 469555, 469556, 469549, 469550, 469553), Cachoeira (469248, 469270, 469272, 469273), Billings (427903, 401591, 427898, 427899, 427907, 401575), Cachoeira do França (469432), Guarapiranga (428518, 428520), Hedberg (469240, 469539, 469508, 469533, 469534, 469241, 469541, 469542, 469509, 469535, 469242, 469510, 469537, 469538), Ipaneminha (469502, 469529), Itupararanga (469526), Jundiaí (468830, 427989, 427988), Paraitinga (427985), Paiva Castro (469369, 469259, 469371, 469551, 469552), Paineiras (469503), Ponte Nova (427983), Salto Grande (469381, 469372, 469263, 469382, 469286, 469383, 469287, 469374, 469266, 469288, 469375), Salto do Iporanga (469399, 469440), Taiaçupeba (427987, 427986, 468857, 468834, 468858) e Tatu (469267, 469289, 469376, 469312, 469386, 469290, 469291).

Comentários taxonômicos e ecológicos: Esta espécie tem sido confundida com *S. familiaris* ($\equiv$ *Fragilaria parva*) devido à contração na área central. A identificação baseou-se nas medidas apresentadas na obra de descrição do material-tipo, na qual foi originalmente descrita para ambientes lóticos eutróficos (Wallace 1955). Neste estudo, *F. socia* ocorreu em 22,3% do total das amostras analisadas, sendo encontrada em maiores abundâncias no sedimento superficial de represas oligo- a mesotróficas. O ótimo ecológico da espécie calculado a partir do sedimento superficial indica preferência por águas neutras (7,4), elevada condutividade ($116,2 \mu\text{S cm}^{-1}$), moderadas concentrações de nitrogênio total ($1367,9 \mu\text{g L}^{-1}$) e elevado fósforo total ($74,6 \mu\text{g L}^{-1}$). A tolerância ambiental indicou que a espécie ocorre em águas levemente ácidas a alcalinas (6,7-8,1), baixa a elevada condutividade ($14,7$ - $217,5 \mu\text{S cm}^{-1}$) e amplo espectro de nutrientes (nitrogênio total: $74,7$ - $2661,0 \mu\text{g L}^{-1}$) e tolerância de fósforo total de $82,6 \mu\text{g L}^{-1}$, entretanto com preferência por águas enriquecidas. A espécie pode ser caracterizada como circumneutral, ocorrendo preferencialmente em ambientes eutróficos (Tabela 5). Embora incluída no programa Omnidia 5.3, nenhum dado acerca da ecologia está registrado. Este é a primeira citação da espécie no Estado de São Paulo e o primeiro registro de sua autoecologia.

Fragilaria spectra Almeida, E. Morales & Wetzel. Phytotaxa 246 (3): p. 174, fig. 54-84, 2016 [Prancha 20, Figs 1-19]

Células de vida livre, colônias ausentes; valvas linear-lanceoladas estreitando gradualmente em direção aos ápices; ápices acuneado-arredondados; estrias alternas, tamanho variável; esterno lanceolado. Aréolas arredondadas, indistintas em microscopia de luz; área central retangular,

limitada por estrias adjacentes encurtadas; campo de poros apicais do tipo *ocellulimbus* com 2-3 linhas de poróides. Duas rimopórtulas por valva. Bandas conectivas abertas. **Dimensões:** 40,5-73,0 µm comp.; 1,5-2,5 µm larg.; estrias 24-25 em 10 µm.

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Nas represas Atibainha (469254, 469300, 469279), Cachoeira (469248, 469294, 469296), Billings (401567, 427903, 427901, 427908, 427909, 401569, 428937, 428938), Cachoeira da Fumaça (469412), Hedberg (469533, 469513), Ipaneminha (469237, 469238), Itupararanga (469232, 469497, 469526, 469498, 469234, 469499, 469235, 469500, 469495, 469236, 469501, 469496), Jundiá (468830, 427989, 468850, 468832, 468856), Lago da Garças (469487), Paraitinga (427994, 427985, 427984, 468847), Paiva Castro (469379, 469369, 469304, 469370, 469305, 469176, 469283, 469306, 469284, 469551, 469552), Paineiras (469503, 469405, 469425, 469445, 469406, 469426, 469493, 469407, 469447, 469494), Ponte Nova (427922, 427926, 427923, 427983, 468846), Serraria (469395), Salto Grande (469372, 469287, 469384), Santa Helena (469229, 469489, 469524, 469454, 469491, 469488), Salto do Iporanga (469399), Taiaçupeba (468835, 468833, 427987, 427986, 468857, 468858), Tanque Grande (428934, 428935) e Tatu (469311, 469385, 469267, 469312, 469386, 469269, 469387).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A espécie foi originalmente reportada para reservatórios mesotróficos do Estado de São Paulo. É de difícil visualização em microscopia de luz, sendo necessário o uso de contraste de fase para reconhecer a presença dessa espécie, pois suas valvas são pouco silicificadas e com estrias delicadas (Almeida *et al.* 2016). Devido a estas características muito provavelmente vem sendo negligenciada nas amostras de cunho ecológico e mesmo taxonômico. A única ocorrência da espécie foi em represas da Bacia do Alto Tietê, que apresentam um amplo espectro de variação trófica e são conectados para melhor rendimento do sistema de abastecimento. Esta espécie apresenta duas rimopórtulas por valva, confirmando a alta variabilidade desta característica no gênero *Fragilaria*. Neste estudo, ocorreu em 25,4% do total das amostras analisadas com maiores abundâncias no perifíton e fitoplâncton de represas mesotróficas. O ótimo ecológico calculado a partir do sedimento superficial mostrou que *F. spectra* ocorreu preferencialmente em águas levemente ácidas (6,6), com moderada condutividade (60,0 µS cm⁻¹) e baixas concentrações de nutrientes (nitrogênio total: 531,4 µg L⁻¹ e fósforo total: 31,2 µg L⁻¹). A tolerância ambiental indicou que a espécie pode ser encontrada em pH levemente ácidos (6,1-6,9), baixa a moderada condutividade (11,4-

108,6 $\mu\text{S cm}^{-1}$) e baixa a moderadas concentrações de nutrientes (nitrogênio total: 244,7-818 $\mu\text{g L}^{-1}$ e fósforo total: 17,6-44,6 $\mu\text{g L}^{-1}$). A espécie pode ser caracterizada como acidófila, ocorrendo preferencialmente em ambientes oligotróficos (Tabela 6). As informações autoecológicas apresentadas são pioneiras para a espécie.

Fragilaria tenera (Smith) Lange-Bertalot Nova Hedwigia 33, p. 748, 1980.

Basiônimo $\equiv$ *Synedra tenera* Smith. Syn. Brit. Diat. II: 98, 1856.

[Prancha 21, Figs 1-14]

Células de vida livre, colônias não observadas; valva linear-lanceolada; ápices subcapitados; estrias alternas; esterno linear. Aréolas pequenas arredondadas; área central irregular, fásia algumas vezes presente; espinhos presentes na margem valvar; uma rimopórtula por valva. Bandas conectivas abertas. **Dimensões:** 45,0-72,0 μm comp.; 2,5-3,5 μm larg.; estrias 18-22 em 10 μm .

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Nas represas Atibainha (469297, 469253, 469298, 469254, 469277, 469255, 469257, 469302, 469280), Barra Bonita (469514, 469245, 469546), Cachoeira (469292, 469270, 469293, 469249, 469272, 469252), Cabuçu (428938, 428923), Cachoeira do França (469448, 469429, 469495, 469430, 469453, 469496, 469451, 469497), Cachoeira da Fumaça (469412, 469393, 469433, 469434), Hedberg (469511, 469241, 469535, 469537, 469538), Ipaneminha (469237, 469505, 469531, 469502, 469527, 469238, 469506, 469532, 469503, 469528, 469239, 469507, 469504, 469529, 469530), Itupararanga (469232, 469492, 469526, 469233, 469493, 469234, 469494, 469496), Jurupará (469421, 469499, 469443, 469501, 469444, 469502), Paiva Castro (469303, 469282, 469305, 469371, 469306), Paineiras (469405, 469445, 469406, 469426, 469493, 469427, 469494, 469505), Salto Grande (469307, 469372, 469286, 469309), Santa Helena (469489, 469453, 469230, 469488), Salto do Iporanga (469418, 469439), Tanque Grande (428924, 428925) e Tatu (469385).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A identificação desta espécie baseou-se no reexame do material-tipo realizado recentemente por Almeida *et al.* (2016). A espécie foi tratada como um complexo por Lange-Bertalot & Ulrich (2014) que inclui três variedades, *F. tenera* var. *tenera*, *F. tenera* var. *nanana* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot & Ulrich e *F. tenera* var. *lemanensis* J.C.Druart, S.Lavigne & M.Robert. Para estes autores, as variedades diferem entre si pela forma valvar variando de linear a lanceolada e pela habilidade de agrupamentos dos

indivíduos que pode apresentar apenas células agregadas como em *F. tenera* var. *tenera*, células de vida livre como em *F. tenera* var. *nanana*, ou ainda formar colônias estreladas como em *F. tenera* var. *lemanensis*. Quanto à forma valvar a variedade *tenera* possui valva linear, a variedade *nanana* apresenta forma lanceolada e, finalmente, a variedade *lemanensis* linear-lanceolada. Lange-Bertalot & Ulrich (2014) reportam, ainda, que a população encontrada nos ambientes da Alemanha poderia constituir uma quarta variedade. Diante da subjetividade e da sobreposição de características propostas para separar as variedades, e da ausência de análises de amostras não oxidadas, uma vez que neste trabalho a análise constituiu principalmente de lâminas permanentes de amostras oxidadas, optou-se por manter as populações encontradas em um único táxon. *Fragilaria tenera* foi reportada em ambientes ácidos, com altas concentrações de oxigênio, baixas concentrações de matéria orgânica e em ambientes oligo- a mesotróficos (van Dam *et al.* 1994). No presente, ocorreu em 25,1% do total das amostras analisadas e com maiores abundâncias no perifíton e fitoplâncton e em menor abundância no sedimento superficial de represas mesotróficas. O ótimo ecológico calculado a partir do sedimento superficial mostrou que *F. tenera* ocorre preferencialmente em águas levemente ácidas a neutras (7,1), com baixa condutividade (80,8 $\mu\text{S cm}^{-1}$), e baixas concentrações de nitrogênio total (620,8 $\mu\text{g L}^{-1}$) e fósforo total (26,1 $\mu\text{g L}^{-1}$). A tolerância ambiental mostrou que a espécie pode ocorrer em águas levemente ácidas a neutras (6,6-7,5), baixa a alta condutividade (30,9-130,7 $\mu\text{S cm}^{-1}$), moderadas concentrações de nitrogênio total (284,1-957,6 $\mu\text{g L}^{-1}$) e baixas a moderadas concentrações de fósforo total (0,1-52,7 $\mu\text{g L}^{-1}$), indicando sua preferência por ambientes oligo- a mesotróficos e estando de acordo com a literatura (van Dam *et al.* 1994). O ótimo ambiental reportado para ambientes temperados mostrou que a espécie é oligotrófica com ótimo de fósforo total de 22,6 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Miettinen 2003), muito próximo do presentemente encontrado. A espécie pode ser classificada como circumneutral, ocorrendo preferencialmente em ambientes oligotróficos (Tabela 2). Este é o primeiro registro do táxon para o Estado de São Paulo.

***Fragilaria vaucheriae* (Kützinger) Petersen Botaniska Notiser (1-3): 167. 1938.**

Basiônimo $\equiv$ *Exilaria vaucheriae* Kützinger Algarum aquae dulcis germanicarum Decas I. pp. [1-24]. Halis Saxonum [Halle]: in commissis C.A. Schwetschkii et fil. 1834.

[Prancha 21, Figs 15-22]

Células de vida livre, colônias não observadas; valvas lanceoladas; ápices rostrados; estrias alternas tornando-se paralelas em direção aos ápices; esterno linear. Aréolas pequenas,

arredondadas; área central com intumescimento unilateral; espinhos presentes na margem valvar; uma rimopórtula por valva. Bandas conectivas não observadas. **Dimensões:** 16,5-22,8 µm compr.; 3,0-4,0 µm larg.; 13-15 estrias em 10 µm.

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Guapiara (336387), Itaperá (355391), Itapura (355388), Zacarias (370969) e nas represas Paiva Castro (469370, 469552), Serraria (469396, 469436, 469397, 469437) e Salto Grande (469307, 469286).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A identificação desta espécie baseou-se no reexame do material-tipo realizado recentemente por Wetzel & Ector (2015). Os autores realizaram um exame detalhado em microscopia eletrônica de varredura, ampliando o conhecimento acerca dos espinhos cônicos irregularmente distribuídos ao longo da valva e da área central unilateral com aspecto retangular, contribuindo para a correta circunscrição desse táxon. Estudos anteriores do material-tipo também foi realizado por Tuji & Williams (2006b), porém sem ilustrações em MEV. As medidas e as características diacríticas das populações observadas no presente concordam com o material-tipo. Esta espécie foi reportada em ambientes alcalinos, com concentrações moderadas de oxigênio e eutróficos, sendo tolerante à poluição (van Dam *et al.* 1994). Neste estudo, *F. vaucheriae* ocorreu em 2,1% das amostras analisadas no fitoplâncton e sedimento superficial de represas oligo- a mesotróficas. Por sua baixa frequência e abundância as preferências ambientais não puderam ser calculadas. Este é o primeiro registro do táxon para o Estado de São Paulo.

***Fragilaria* sp. 1**

[Prancha 21, Figs 23-30]

Células de vida livre, colônias não observadas; valvas lanceoladas; ápices rostrados a capitados; estrias alternas fortemente marcadas tornando-se paralelas em direção aos ápices; esterno estreito, linear. Aréolas pequenas, arredondadas; área central destacada com duas contrações, intumescimento bilateral ou unilateral, variável dentro da mesma população; espinhos localizados na margem valvar; uma rimopórtula por valva. Bandas conectivas não observadas.

Dimensões: 14,9-40,8 µm compr.; 3,7-4,5 µm larg.; 16-18 estrias em 10 µm.

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Nas represas Atibainha (469253, 469279), Barra Bonita (469514, 469545, 469553), Cachoeira (469270, 469272, 469274), Billings (401560), Cabuçu (428938), Cachoeira do França (469497), Guarapiranga (428518), Jaguari (428840), Jundiaí (468856), Paraitinga (427985, 468847), Paiva Castro (469281, 469369, 469371, 469552), Ponte Nova (427922, 427923), Salto Grande (469307), Tanque Grande (428934) e Tatu (469311, 469376, 469268, 469377, 469269).

Comentários taxonômicos e ecológicos: Embora muito similar às variedades de *F. capucina*, sobretudo na forma valvar, optou-se pela identificação deste táxon em nível genérico devido à discrepância em relação aos parâmetros métricos. Na população analisada a densidade de estrias foi maior do que o registrado para *Fragilaria capucina* var. *meneghiniana* (Grunow) Ludwig & Flôres (Ludwig & Flores 1997), além de intumescência central variável, porém nunca assumindo forma retangular característico da variedade *meneghiniana*. A espécie *Fragilaria* sp. 1 apresenta ainda semelhança com *F. socia*, contudo pelas diferenças observadas na largura da valva e pelos ápices capitados decidiu-se pela separação das populações. Análises em MEV devem ser realizadas para a confirmação dessa espécie, entretanto pelas características como densidade de estrias, intumescimento central variável e não retangular, bem como forma dos ápices trata-se, muito provavelmente, de uma novidade taxonômica. *Fragilaria* sp. 1 ocorreu em 7,9% do total das amostras considerando os três compartimentos, sendo encontrada principalmente em maiores abundâncias no sedimento superficial de represas mesotróficas. O ótimo ecológico demonstrou a preferência deste táxon por águas levemente ácidas (6,4), com baixa condutividade (37,9 $\mu\text{S cm}^{-1}$) e baixas concentrações de nutrientes (nitrogênio total: 267,5 $\mu\text{g L}^{-1}$ e fósforo total: 10,7 $\mu\text{g L}^{-1}$). A tolerância ambiental indica que esse táxon pode ser encontrado em águas levemente ácidas (6,2-6,6), com baixa condutividade (32,7-43,2 $\mu\text{S cm}^{-1}$) e baixas concentrações de nutrientes (nitrogênio total: 188,4-346,6 $\mu\text{g L}^{-1}$ e fósforo total: 8,8-12,5 $\mu\text{g L}^{-1}$), indicando sua preferência por águas oligotróficas. A espécie pode ser caracterizada como acidófila, ocorrendo em ambientes oligotróficos (Tabela 4).

***Fragilaria* sp. 2**

[Prancha 22, Figs 1-13]

Células de vida livre, colônias não observadas; valvas linear-lanceoladas; ápices rostrados a subcapitados; estrias alternas, tornando-se paralela em direção aos ápices; esterno linear. Aréolas pequenas, apicalmente alongadas; área central com intumescimento unilateral;

espinhos não observados; uma rimopórtula por valva. Bandas conectivas não observadas.
Dimensões: 15,7-27,9 µm compr.; 1,3-3,9 µm larg.; 18 estrias em 10 µm.

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Nas represas Atibainha (469275, 469276, 469256, 469300, 469301), Barra Bonita (469514, 469515, 469544, 469546, 469556, 469550), Cachoeira (469248, 469270), Billings (401585, 401574, 401586), Cabuçu (428942, 428937, 428938), Cachoeira do França (469410, 469453, 469432), Guarapiranga (428511), Hedberg (469539, 469535, 469536, 469537), Ipaneminha (469237, 469505), Itupararanga (469526, 469496), Jacaré (428842), Jundiaí (468830, 427989, 468850), Paraitinga (427984), Paiva Castro (469281, 469304, 469306), Paineiras (469503, 469406), Ponte Nova (427926, 427923, 427983), Salto Grande (469285, 469381, 469308, 469382, 469286, 469309, 469383, 469287, 469374, 469266, 469288, 469375), Salto do Iporanga (469419) e Tatu (469385, 469267, 469312, 469290, 469313, 469291).

Comentários taxonômicos e ecológicos: *Fragilaria* sp. 2 é bastante similar a *F. vaucheriae* e *F. pectinalis* das quais se separa pela presença de área axial mais larga. Este táxon também apresenta semelhança com *F. uliginosa* Kulikovskiy *et al.* (Kulikovskiy *et al.* 2010), espécie recentemente descrita para a região da Mongólia. O material-tipo desta espécie foi recentemente examinado por Wetzel & Ector (2015) e, com base neste estudo, foi possível verificar que a população encontrada no Estado de São Paulo difere de *F. uliginosa* quanto à forma valvar linear, ápices rostrados e maior densidade de estrias. Segundo Wetzel & Ector (2015), a principal diferença entre *F. vaucheriae*, *F. pectinalis* e *F. uliginosa* é a distribuição e a posição dos espinhos. Considerando que o material do Estado de São Paulo não foi examinado ao MEV, optou-se pela sua identificação em nível genérico. Neste estudo, *Fragilaria* sp. 2 ocorreu em 17,2% das amostras analisadas, sendo encontrada principalmente em maiores abundâncias no perifíton e plâncton de represas meso- a eutróficas. O ótimo ecológico calculado para o sedimento superficial indica que este táxon ocorre em águas levemente ácidas (6,5), com baixa condutividade (41,9 µS cm⁻¹) e baixas concentrações de nutrientes (nitrogênio total: 369,2 µg L⁻¹ e fósforo total: 13,6 µg L⁻¹). A tolerância ambiental indica que a espécie pode ocorrer em pH levemente ácido a neutro (5,9-7), com baixa condutividade (40,7-43,0 µS cm⁻¹) e baixas concentrações de nutrientes (nitrogênio total: 368,4-370,0 µg L⁻¹ e fósforo total: 11,9-15,2 µg L⁻¹). Assim sendo, a espécie pode ser caracterizada como acidófila e de ambientes oligotróficos (Tabela 7).

***Fragilaria* sp. 3**

[Prancha 22, Figs 14-25, Prancha 23, Figs 1-2]

Células de vida livre, colônias não observadas; valvas lineares; ápices capitados a subcapitados; estrias alternas; esterno linear, estreito. Aréolas pequenas, apicalmente alongadas; área central variável, com presença de estrias fantasmas; espinhos piramidais interrompendo as estrias; uma rimopórtula por valva. Bandas conectivais abertas. **Dimensões:** 23,7-49,2 µm compr.; 3,3-3,6 µm larg.; 14-15 estrias em 10 µm.

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Nas represas Atibainha (469275, 469253, 469276, 469254, 469255, 469300, 469279, 469258, 469280), Barra Bonita (469514, 469515, 469544, 469516, 469546, 469555, 469548, 469518, 469550), Cachoeira (469248, 469292, 469270, 469293, 469249, 469250, 469295, 469273, 469252, 469296), Billings (401567, 427903, 427906, 427907, 401591, 401560, 427898, 427899, 401586, 427901, 401581, 401594), Cabuçu (428937), Cachoeira do França (469390, 469422), Hedberg (469240, 469511, 469539, 469508, 469533, 469534, 469241, 469541, 469542, 469509, 469535, 469536, 469242, 469513, 469537, 469538), Ipaneminha (469505, 469531, 469502, 469238, 469506, 469532, 469503, 469507, 469504, 469529), Itupararanga (469492), Jaguari (428858), Jacaré (428852, 428854), Jundiá (468830, 427989, 468850, 427988, 468856), Jurupará (469422), Lago da Garças (469484, 469483, 469485, 469487), Paiva Castro (469303, 469281, 469379, 469369, 469304, 469380, 469282, 469261, 469305, 469176, 469283, 469306, 469284, 469551), Paineiras (469503, 469445, 469406, 469446, 469447, 469494), Paraitinga (427985, 427984), Ponte Nova (427922, 427923, 427983), Serraria (469395, 469415, 469435, 469416, 469436, 469437), Salto Grande (469381, 469372, 469308, 469382, 469286, 469309, 469383, 469287, 469266, 469288), Santa Helena (469230, 469490, 469491), Salto do Iporanga (469418, 469438, 469399, 469419, 469439, 469440), Taiaçupeba (468835, 427987, 427986, 468857, 468834, 468833), Tanque Grande (428924, 428933, 428934, 428935) e Tatu (469311, 469385, 469267, 469289, 469376, 469268, 469312, 469386, 469290, 469377, 469269, 469313, 469387, 469291, 469378).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A população encontrada apresenta similaridade com *F. fragilarioides*, diferindo desta pela largura da valva e área central com alto polimorfismo, variando entre inconspícua a unilateralmente destacada. O material-tipo de *S. rumpens* var. *fragilarioides* f. *constricta* Hustedt (depositado no BRM, AS315 Coleção de Hustedt) foi

presentemente analisado em microscopia de luz e em MEV, e, embora poucos espécimes tenham sido encontrados, foi possível comparar *F. rumpens* var. *fragilarioides* f. *constricta* com a população encontrada no Estado de São Paulo. Ambos os táxons possuem medidas que se sobrepõem. A área central intumescida foi variável tanto na população do Estado de São Paulo quanto no material-tipo de *F. rumpens* var. *fragilarioides* f. *constricta*. A partir dos dados obtidos com o reestudo do material-tipo é necessária uma nova combinação taxonômica, bem como um novo status para a sistemática desse táxon. A população paulista se enquadra nas características apresentadas pelo material-tipo analisado e será taxonomicamente categorizada na proposição do novo status para o táxon. *Fragilaria* sp. 3 ocorreu em 37 % das amostras analisadas, sendo encontrada com abundância acima de 1% no perifíton, plâncton e sedimento superficial de represas mesotróficas. Este táxon apresentou ótimo ecológico calculado a partir da comunidade planctônica com preferência por águas levemente ácidas a neutras pH (6,8), com valores baixos de condutividade ($68,9 \mu\text{S cm}^{-1}$) e baixas concentrações de nitrogênio total ($821,5 \mu\text{g L}^{-1}$) e moderada de fósforo total ($34,4 \mu\text{g L}^{-1}$). A tolerância ambiental mostrou que a espécie pode ocorrer em águas levemente ácidas a neutras (6,1-7,4), baixa a elevada condutividade ($3,5$ - $134,3 \mu\text{S cm}^{-1}$) e moderadas a elevadas concentrações de nitrogênio total ($288,7$ - $1931,8 \mu\text{g L}^{-1}$) e amplo espectro de variação de fósforo total ($0,1$ - $72,7 \mu\text{g L}^{-1}$). Em função do ótimo ecológico, a espécie pode ser caracterizada como acidófila, ocorrendo preferencialmente em ambientes mesotróficos (Tabela 5).

***Fragilaria* sp. 4**

[Prancha 24, Figs 1-10]

Células de vida livre, colônias não observadas; valvas lineares; ápices arredondados a rostrados; estrias alternas tornando-se paralelas em direção aos ápices; esterno linear, estreito. Aréolas pequenas, arredondadas; área central intumescida de difícil visualização, presença de estrias fantasmas. Espinhos presentes na margem valvar; rimopórtulas e bandas conectivas não observadas. **Dimensões:** 25,2-41,0 μm compr.; 2,0-3,5 μm larg.; 13-14 estrias em 10 μm .

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Nas represas Atibainha (469253, 469298, 469276, 469254, 469277, 469256, 469300, 469301, 469279, 469258, 469302, 469280), Barra Bonita (469514, 469515, 469544, 469545, 469516, 469546, 469522, 469548, 469549, 469550), Cachoeira (469248, 469292, 469270, 469249, 469271, 469250, 469272, 469295, 469252, 469296), Billings

(427898, 427899), Cabuçu (428942, 428937, 428938, 428923), Cachoeira do França (469448, 469409, 469429, 469449, 469390, 469410, 469430, 469453, 469450, 469391, 469431, 469497, 469432), Cachoeira da Fumaça (469393, 469433, 469394), Hedberg (469511, 469534), Ipaneminha (469237, 469505, 469503, 469239), Itupararanga (469232, 469497, 469233), Jurupará (469421, 469441, 469442, 469489, 469403, 469423, 469490, 469501, 469424, 469502), Jundiaí (427989), Paraitinga (427984), Paiva Castro (469281, 469379, 469380, 469282, 469370, 469305, 469176, 469283, 469371, 469262, 469306, 469284, 469551, 469552), Paineiras (469425, 469445, 469406, 469493, 469504, 469447), Ponte Nova (427922, 427926), Serraria (469437), Salto Grande (469372, 469308, 469382, 469383, 469287, 469384), Santa Helena (469490), Salto do Iporanga (469438, 469439), Taiaçupeba (427987, 427986, 468857, 468834, 468858) e Tatu (469267, 469312, 469386, 469313, 469387).

Comentários taxonômicos e ecológicos: Esta espécie difere de *F. parva* pelos menores valores de largura da valva, área central com intumescência pouco evidente nos espécimes maiores, maior densidade de estrias e forma dos ápices. Em *Fragilaria* sp. 4 os ápices são pouco destacados. A espécie ocorreu em 31,9% das amostras analisadas, sendo encontrada com abundância acima de 1% no perifíton e fitoplâncton. O táxon apresentou ótimo ecológico em águas levemente ácidas (pH 6,6), com altos valores de condutividade ($247,2 \mu\text{S cm}^{-1}$), moderadas concentrações de nitrogênio total ($1571,4 \mu\text{g L}^{-1}$) e elevados teores de fósforo total ($85,2 \mu\text{g L}^{-1}$). A tolerância ambiental mostrou que a espécie pode ocorrer em águas levemente ácidas (6,3-6,9), alta condutividade ($102,9\text{-}391,5 \mu\text{S cm}^{-1}$) e moderada a elevadas concentrações de nutrientes (nitrogênio total: $760,2\text{-}2382,6 \mu\text{g L}^{-1}$ e fósforo total: $45,9\text{-}124,4 \mu\text{g L}^{-1}$). Segundo esses valores, pode ser caracterizada como acidófila, ocorrendo preferencialmente em ambientes eutróficos (Tabela 5).

***Fragilaria* sp. 5**

[Prancha 24, Figs 11-23]

Células de vida livre, colônias não observadas; valvas lineares; ápices subcapitados; estrias alternas tornando-se paralelas em direção aos ápices; esterno linear, estreito. Aréolas pequenas arredondadas; área central bilateralmente expandida com constrição mediana com formato circular. Espinhos presente no centro da valva; rimopórtulas e bandas conectivas não observadas. **Dimensões:** $52,2\text{-}74,1 \mu\text{m}$ compr.; $3,5\text{-}4,0 \mu\text{m}$ larg.; 11-12 estrias em $10 \mu\text{m}$.

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Nas represas Barra Bonita (469514, 469244, 469515, 469544, 469545, 469245, 469516, 469546, 469246, 469522, 469555, 469556, 469517, 469550, 469553), Billings (427903, 401586), Cachoeira do França (469452), Guarapiranga (428514, 428515, 428518, 428520), Hedberg (469240, 469511, 469539, 469508, 469533, 469534, 469241, 469541, 469542, 469509, 469535, 469242), Ipaneminha (469506, 469239), Itupararanga (469492, 469526), Jurupará (469441, 469500, 469404), Lago das Garças (469485), Paraitinga (427985, 427984), Paiva Castro (469303, 469281, 469304, 469261, 469305, 469306), Paineiras (469503, 469405, 469445, 469446, 469504, 469427), Salto Grande (469308, 469309), Salto do Iporanga (469398, 469439, 469440), Taiaçupeba (427986) e Tatu (469311, 469385, 469376, 469268, 469312, 469269, 469313).

Comentários taxonômicos e ecológicos: Esta espécie é bastante similar a *Fragilaria crotonensis* var. *oregona* H.E.Sovereign (Sovereign 1958), contudo a população encontrada no Estado de São Paulo difere pelas menores medidas de comprimento do eixo apical e área central menos desenvolvida. É importante frisar que *F. crotonensis* var. *oregona* é descrita para ambientes com pH alcalino (8,1-8,8). Para a identificação específica é necessário um exame detalhado da população encontrada em MEV para analisar as características de espinhos, rimopórtulas e bandas conectivas. Muito provavelmente trata-se de uma novidade para a ciência. A espécie ocorreu em 18,8% das amostras analisadas, sendo encontrada com abundância acima de 1% no perifíton, fitoplâncton e sedimento superficial de represas meso a eutróficas. O táxon apresentou ótimo ecológico em águas levemente ácidas (6,6), baixos valores de condutividade ($34,8 \mu\text{S cm}^{-1}$) e baixas concentrações de nutrientes (nitrogênio total: $1367,8 \mu\text{g L}^{-1}$ e fósforo total: $11,8 \mu\text{g L}^{-1}$). A tolerância ambiental mostrou que a espécie pode ser encontrada em águas levemente ácidas a neutras (6,1-7,1), baixa condutividade ($3,1-66,4 \mu\text{S cm}^{-1}$) e baixos valores de nutrientes (nitrogênio total: $0,1-483,8 \mu\text{g L}^{-1}$ e fósforo total: $6,3-17,3 \mu\text{g L}^{-1}$). Segundo os valores calculados a espécie pode ser caracterizada como acidófila e oligotrófica (Tabela 3).

***Fragilaria* sp. 6**

[Prancha 25, Figs 1-20, Prancha 26, Figs 1-10]

Células agrupadas em colônias em forma de fita de 5-8 indivíduos, unidos na parte central e soltas nos ápices; valvas rômbo-lanceoladas; ápices capitados; estrias alternas, interrompidas por espinhos; esterno linear, conspícuo. Aréolas pequenas, arredondadas; área central intumescida; margens muitas vezes onduladas ou deformadas; espinhos dimórficos,

espatulados na área central e agudos em direção aos ápices; uma rimopórtula presente em cada valva. Cíngulo formado por oito bandas, ornamentado por uma fileira de poróides. Bandas conectivais abertas. **Dimensões:** 22,8-52,7 µm comp.; 2,0-3,7 µm larg.; estrias 16-20 em 10 µm.

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Nas represas Billings (427912, 401594, 401578, 401579, 427910, 427898, 427904, 401581, 427912, 401594), Cabuçu (428942, 428923), Guarapiranga (428518, 428513, 428514, 428520, 428509, 428510, 428511, 428515), Jaguari (428848), Jacareí (428840, 428841, 428842, 428843, 428852, 428846), Jundiaí (468850), Lago das Garças (469484, 469483) e Paiva Castro (469371).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A identidade desse táxon continua em estudo, uma vez que o conceito adotado para identificação de *F. crotonensis sensu lato* (Krammer & Lange-Bertalot 1991, Lange-Bertalot & Ulrich 2014) não inclui formas menores do que 40 µm, como observado nas amostras estudadas. Recentemente, subespécies de *F. crotonensis* foram propostas com base nos estudos das amostras da Alemanha (Lange-Bertalot & Ulrich 2014). Entretanto, os espécimes encontrados nas amostras de São Paulo apresentam espinhos dimórficos, espatulados no centro da valva e piramidais nas porções distais valvar característicos da variedade típica. Uma característica ultraestrutural observada é a abertura lateral do cíngulo, diferindo do observado nas populações de *F. crotonensis* var. *crotonensis* e *F. crotonensis* var. *lacus-vulcani* Lange-Bertalot & Ulrich (Lange-Bertalot & Ulrich 2014). Até o presente, a característica ultraestrutural do cíngulo é fundamental para a identificação dos gêneros *Fragilaria* e *Ulnaria*, de forma que bandas conectivais abertas é característica diagnóstica de *Fragilaria*. Assim, nesse gênero, até o presente, essa abertura está posicionada no centro da região apical. A abertura lateral é pioneiramente observada. No trabalho florístico desenvolvido por Faustino *et al.* (2016) em região de São Paulo, o táxon foi identificado como *F. crotonensis*, entretanto a identificação da espécie baseou-se no trabalho de Crawford *et al.* (1985) considerando, sobretudo, a forma da colônia para a identificação. Contudo, a forma da colônia onde os indivíduos estão unidos principalmente pela região central da frústula é também conhecido em diversos táxons e mesmo nas atuais variedades da espécie *F. crotonensis*. No reestudo do material apresentado por Faustino *et al.* (2016) medidas similares às aquelas apresentadas pelas autoras não foram encontradas e além disso, a forma valvar rombico-lanceolada e extremidades curtas difere do apresentado. Com base nas características

encontradas o táxon representa uma novidade para a ciência. *Fragilaria* sp. 6 ocorreu em 7,9% do total das amostras analisadas considerando os três compartimentos analisados. Ocorreu em maior abundância nas amostras de sedimento superficial de represa meso- a eutrófica. O ótimo ecológico calculado para o sedimento superficial mostrou preferência por águas com pH neutro (7,7), moderada condutividade (107,5 $\mu\text{S cm}^{-1}$), moderadas concentrações de nitrogênio total (1274,9 $\mu\text{g L}^{-1}$) e elevadas concentrações de fósforo total (74,7 $\mu\text{g L}^{-1}$). A tolerância ambiental mostrou que a espécie pode ocorrer em águas com pH neutro a levemente alcalinas (7,3-7,9), moderada a elevada condutividade (90,7-124,2 $\mu\text{S cm}^{-1}$), moderadas concentrações de nitrogênio total (1050,9-1498,9 $\mu\text{g L}^{-1}$) e amplo espectro de variação do fósforo total (16,1-133,3 $\mu\text{g L}^{-1}$). A espécie, embora identificada como *F. crotonensis*, possui autoecologia distinta desta com preferência circumneutral, eutrófica (Tabela 3) e a delimitação taxonômica e ecológica apoiam a proposição do táxon como uma nova espécie.

Synedra goulardii Brébisson ex Cleve & Grunow Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar. Ser. 4 17 (2), p. 107, pl. VI: fig. 119, 1880.

[Prancha 27, Figs 1-5, Prancha 28, Figs 1-2]

Células de vida livre, colônias ausentes; valvas lanceoladas, com forte constrição mediana; ápices rostrados a subcapitados; estrias paralelas, multisseriadas; esterno linear. Aréolas pequenas, arredondadas; área central ampla, circular, assimétrica com estrias fantasmas; duas rimopórtulas por valva. Espinhos ausentes. Bandas conectivais não observadas. **Dimensões:** 60,0-110,0 μm comp.; 6,0-7,5 μm larg.; estrias 9-11 em 10 μm .

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Nas represas Barra Bonita (255742), Avaré (255759), Miracatu (255763), Piedade (255767), Santo André (365544) e nas represas Barra Bonita (469545, 469245, 469547, 469555, 469556), Cachoeira (469270), Paiva Castro (469303, 469259) e Salto Grande (469285, 469381, 469372, 469308, 469382, 469286, 469287, 469374, 469384, 469288, 469375).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A população encontrada foi identificada segundo as características apresentadas por Williams (1986) no trabalho de definição do gênero *Synedra*. Este autor também reporta o amplo espectro de variação de formas no ciclo de vida deste táxon. Muito provavelmente a variedade de formas existente deu origem a diversas sinominizações. Williams (1986) menciona que a espécie é encontrada nas Américas do Norte, Central e do Sul

e África tropical. Lange-Bertalot (1980) realizou a lectotipificação *S. goulardii* com base em amostras de Porto Rico, respeitando a distribuição geográfica da espécie. O material-tipo desta espécie necessita ser analisado em MEV para avaliar a formação do cingulo fechado, caráter diagnóstico do gênero *Ulnaria* e, muito provavelmente, sua posterior transferência de gênero. Desta forma, até a elucidação desta característica considerou-se o nome original da descrição da espécie a despeito das propostas realizadas até o momento (Patrick & Reimer 1966, Lange-Bertalot 1980). A espécie ocorreu em 5,1% das amostras analisadas, sendo encontrada no perifíton, fitoplâncton e sedimento superficial de represas meso- a eutróficas. Por sua baixa frequência de ocorrência e abundância as preferências ecológicas de *S. goulardii* não foram calculadas.

Ulnaria acus (Kützing) Aboal Diatom Monographs 4, p. 105, 2003.

Basiônimo $\equiv$ *Synedra acus* Kützing. Die Kieselalgen Bacillarien oder Diatomeen. pp. [i-vii], [1]-152, pls 1-30. Nordhausen: zu finden bei W. Köhne. 1844.

[Prancha 29, Figs 1-8, Prancha 30, Figs 1-4]

Células de vida livre, colônias ausentes; valvas linear-lanceoladas; ápices rostrados a subcapitados; estrias paralelas, multisseriadas; esterno linear. Aréolas pequenas, arredondadas; área central ampla, circular, assimétrica com estrias fantasmas; duas rimopórtulas por valva. Espinhos ausentes. **Dimensões:** 85,0-130,0 μm comp.; 4,0-4,5 μm larg.; estrias 8-12 em 10 μm .

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Piraju (239140), Paranapanema (239141), Jaú-Bariri (239142), Marília (239086), Batatais (239096, 255761), Brodowski (239098, 255762), Itu (255725), Dracena (255758), Avaré (255759), Itaí (255760), Piedade (255766), São Paulo (294900, 294902, 294904), Santa Rita do Oeste (336388, 336395, 355394), Santa Cruz do Rio Pardo (355367, 355368, 355369, 355370), Salesópolis (355371, 355372, 355373), Santa Albertina (355385), Itapura (355388), Capão Bonito (365693), Itapeva (371180), Porto Feliz (371182) e nas represas Atibainha (469275, 469253, 469298, 469276, 469254, 469277, 469255, 469300, 469257, 469301, 469279, 469258, 469302), Barra Bonita (469514, 469544, 469546, 469547), Cachoeira (469248, 469292, 469270, 469293, 469294, 469250, 469295), Billings (401566, 401578, 401567, 401579, 427903, 427910, 401591, 401560, 401572, 427898, 401561, 427899, 401585, 427901, 401569, 427911, 401581, 427905, 427912), Cabuçu (428942, 428938, 428923), Cachoeira do Franca (469388, 469409, 469451, 469195), Guarapiranga (428510,

428511, 428513, 428515, 428518, 428520), Hedberg (469240, 469539, 469508, 469533, 469534, 469241, 469542, 469509, 469535, 469242, 469537), Ipaneminha (469505, 469502, 469238, 469506, 469532, 469504), Itupararanga (469492, 469526, 469498, 469494, 469495, 469496), Jaguari (428848, 428840), Jacareí (428842, 428843, 428846), Jurupará (469500), Jundiaí (468830, 427989, 468831, 468850, 468832, 427988, 468856), Lago das Garças (469484, 469483, 469485, 469486, 469487), Paraitinga (427985, 427984), Paiva Castro (469304, 469282, 469305, 469371, 469262, 469306, 469284, 469551, 469552), Paineiras (469503, 469425, 469445, 469406, 469446, 469407, 469447), Ponte Nova (427983, 468846), Ribeirão do Campo (427919), Salto Grande (469382, 469383, 469287, 469288), Santa Helena (469453, 469230, 469454), Salto do Iporanga (469438, 469399, 469439), Taiaçupeba (427987, 427986, 468857, 468834, 468858), Tanque Grande (428926, 428920) e Tatu (469311, 469267, 469289, 469376, 469386, 469290, 469377, 469269, 469387, 469378).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A população examinada foi identificada segundo as características apresentadas na recente neotipificação realizada por Lange-Bertalot & Ulrich (2014). As medidas da população encontrada no Estado de São Paulo concordam com o reportado na obra original (Kützing 1844). Apesar dos esforços recentes para esclarecer a identidade desse táxon, diversos morfotipos foram encontrados na amostra selecionada como neótipo, o que torna imprecisa a correta delimitação do táxon. A identificação de *U. acus* é bastante controversa, especialmente pela diagnose limitada e iconotipos apresentados na obra original. Dessa forma, mesmo em obras clássicas (*e.g.* Ehrenberg 1854, van Heurck 1880-1885) e até em obras mais recentes (*e.g.* Krammer & Lange-Bertalot 1991, Hofmann *et al.* 2011), existe uma expansão do conceito de *U. acus* que leva à deriva taxonômica com importantes implicações em estudos ecológicos, uma vez que o nome pode ser aplicado a diferentes táxons. Mesmo a recente neotipificação, como tentativa de esclarecer a identidade dessa espécie, foi ilustrada com diferentes morfotipos e, diante disso, Lange-Bertalot & Ulrich (2014) optaram por incluir todas as variações até que uma nova revisão seja realizada. É importante frisar que na descrição da espécie-tipo do gênero *Ulnaria ulna*, Nitzsch (1817) descreve as espécies com tamanhos variáveis, mas sempre mantendo o contorno e largura consistente. Dessa forma, é esperado que frústulas com morfologia distintas sejam separadas conforme descrito e que estudos populacionais sejam realizados para a identificação dos táxons. De acordo com o trabalho de neotipificação, a espécie foi reportada em águas alcalinas, com moderada a alta condutividade, em ambientes com pouca contaminação orgânica e águas eutróficas (Lange-Bertalot & Ulrich 2014). A espécie também foi encontrada em ambientes com alta concentração

de oxigênio e meso- a eutróficas, sendo descrita como tolerante à poluição (Hofmann 1994, van Dam *et al.* 1994). No presente, ocorreu em 39,6% das amostras, sendo encontrada no perifíton, fitoplâncton e sedimento superficial de represas meso- a eutróficas, corroborando o descrito na literatura. O ótimo ecológico calculado a partir do sedimento superficial indicou que as preferências desse táxon são por águas com pH levemente ácido (6,9), condutividade moderada ($116,8 \mu\text{S cm}^{-1}$), moderada concentração de nitrogênio total ($902,1 \mu\text{g L}^{-1}$) e de fósforo total ($41,2 \mu\text{g L}^{-1}$). A tolerância ambiental indica que a espécie pode ocorrer em águas levemente ácidas a neutras (6,4-7,3), baixa a elevada condutividade ($5,8$ - $227,7 \mu\text{S cm}^{-1}$), baixa a moderada concentração de nitrogênio total ($178,1$ - $1626,0 \mu\text{g L}^{-1}$) e amplo espectro de variação de fósforo total ($8,5$ - $73,9 \mu\text{g L}^{-1}$). A espécie pode ser classificada como circumneutral com preferência para ambientes mesotróficos (Tabela 8). Em ambientes temperados o ótimo para fósforo total foi $28,4 \mu\text{g L}^{-1}$ (Miettinen 2003).

Ulnaria delicatissima (W. Smith) Aboal & Silva *Diatom Research* 19, p. 361, 2004.

Basiônimo $\equiv$ *Synedra delicatissima* W.Smith A synopsis of the British Diatomaceae; with remarks on their structure, function and distribution; and instructions for collecting and preserving specimens. The plates by Tuffen West. In two volumes. Vol. 1. pp. [i]-xxxiii, 1-89, pls I-XXXI. London: John van Voorst, Paternoster Row. 1853: 72, pl. 12, fig. 94.

[Prancha 31, Figs 1-13, Prancha 32, Figs 1-3]

Células de vida livre, colônias ausentes; valvas linear-lanceoladas, levemente inflada na região mediana; ápices subcapitados; estrias paralelas, multisseriadas; externo linear. Aréolas indistintas; área central assimétrica com estrias fantasmas; duas rimopórtulas por valva. Espinhos ausentes. **Dimensões:** $150,0$ - $200,0 \mu\text{m}$ comp.; $2,0$ - $3,0 \mu\text{m}$ larg.; estrias 13-14 em $10 \mu\text{m}$.

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Piraju (239140), São Paulo (255751), Itaí (255759, 255760), Olímpia (371177), Porto Feliz (371182) e nas represas Barra Bonita (469514, 469544, 469556), Billings (401566, 401578, 401579, 427903, 427898, 401574, 427901, 401575, 401569, 401581), Cabuçu (428923), Hedberg (469240, 469241, 469242), Ipaneminha (469237), Itupararanga (469232, 469497, 469492, 469233, 469498, 469499, 469500, 469501), Jacareí (428841), Paiva Castro (469379, 469260, 469282, 469283), Paineiras (469503, 469406, 469407), Salto Grande

(469309, 469374), Santa Helena (469489, 469230, 469525, 469524, 469231), Taiaçupeba (468833, 427987, 468858) e Tatu (469267, 469289, 469268, 469269, 469387).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A identificação desta espécie foi recentemente clarificada por Lange-Bertalot & Ulrich (2014). Estes autores consideram que as populações do gênero *Ulnaria* possuem alta variabilidade morfológica em nível populacional, ou seja, um mesmo táxon pode variar quanto ao seu tamanho e forma, especialmente ápices e densidade de estrias. Apesar da ampla variabilidade citada em *Ulnaria*, como por exemplo em *U. ulna* tipo do gênero, a delimitação de *U. delicatissima* está bem estabelecida devido a sua forma valvar, que se afilam gradualmente em direção às extremidades e ápices subcapitados. As medidas da população presentemente examinada concordam com as apresentadas em Patrick & Reimer (1966). No trabalho de Carneiro (2007) com material paulista, *U. delicatissima* foi identificada inicialmente como *Synedra japonica* Meister, contudo no trabalho da combinação do táxon em *U. japonica* (Meister) Tuji, foram observadas diferenças na densidade de estrias (Tuji 2009). Dessa forma, optou-se por identificar a população seguindo o trabalho de Tuji & Williams (2007) onde *S. delicatissima* e algumas de suas variedades são ilustradas. A espécie ocorreu em 13,3% das amostras analisadas, sendo encontrada no perifíton, fitoplâncton e sedimento superficial de represas meso- a eutróficas. O ótimo ambiental calculado para a comunidade planctônica indicou a preferência desta espécie por águas neutras (pH 7,1), com moderada condutividade (88,5 $\mu\text{S cm}^{-1}$), moderada concentração de nutrientes (nitrogênio total: 1052,2 $\mu\text{g L}^{-1}$ e fósforo total: 58,2 $\mu\text{g L}^{-1}$). A tolerância ambiental indica que essa espécie pode ocorrer em águas levemente ácidas a neutras (6,4-7,3), com baixa a moderada condutividade (36,4-140,7 $\mu\text{S cm}^{-1}$) e moderadas concentrações de nitrogênio total (554,4-1550,1 $\mu\text{g L}^{-1}$) e amplo espectro de fósforo total (13,9-102,5 $\mu\text{g L}^{-1}$). A espécie pode ser caracterizada como circumneutral, com preferência para ambientes meso-eutróficos (Tabela 8). Esta é a primeira ocorrência do táxon para o Estado de São Paulo e o primeiro registro da autoecologia do táxon.

Ulnaria ferefusiformis Kulikovskiy & Lange-Bertalot Fottea, Olomouc, 16 (1), p. 36, figs 1-13, 2016.

[Prancha 33, Figs 1-8, Prancha 34, Figs 1-4]

Células de vida livre, aglomerados de 2 indivíduos observados; valvas lanceoladas, infladas na região mediana; ápices subcapitados; esterno linear. Aréolas pequenas arredondadas; estrias paralelas, multisseriadas; área central não definida, presença de estrias fantasmas; duas rimopórtulas por valva. Espinhos restritos aos ápices variando de 2-4 por ápice; bandas

conectivais não observadas. **Dimensões:** 75,0-150,0 µm comp.; 3,0-4,0 µm larg.; estrias 13-14 em 10 µm.

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Itapura (355388), Olímpia (371177) e nas represas Barra Bonita (469544, 469550), Billings (401567, 427910, 427898), Cabuçu (428937, 428923), Ipaneminha (469529), Itupararanga (469526, 469493), Paraitinga (427984), Paineiras (469503, 469406, 469446, 469447), Ponte Nova (427983), Salto Grande (469307, 469381, 469372, 469382, 469383, 469287, 469266, 469288) e Taiaçupeba (427986).

Comentários taxonômicos e ecológicos: Esta espécie foi recentemente proposta com base em estudos filogenéticos e taxonômicos (Kulikovskiy *et al.* 2016). Segundo estes autores, as espécies mais próximas quanto à morfologia são *U. acus* e *F. grunowii*. *Ulnaria ferefusiformis* difere de *U. acus* pela forma da valva que apresenta estreitamento gradual em direção aos ápices. Difere de *F. grunowii* por esta apresentar maior densidade de estrias (14-16 em 10 µm). Embora tratada como *U. grunowii* (Kulikovskiy *et al.* 2016), é necessário ressaltar que esta espécie ainda não foi formalmente combinada em *Ulnaria* uma vez que não há trabalho que mostre o cingulo fechado que é característica que separa este gênero de *Fragilaria*. Em estudo anterior com materiais do Estado de São Paulo, esta espécie foi identificada equivocadamente como *Synedra radians* Kützing por Carneiro (2007). A espécie ocorreu em 6,8% das amostras analisadas, sendo encontrada no perifíton, fitoplâncton e sedimento superficial de represas meso- a eutróficas. Por sua baixa frequência de ocorrência e abundância as preferências ecológicas não foram calculadas. Este é o primeiro registro do táxon para o Brasil.

Ulnaria pilum Kulikovskiy & Lange-Bertalot Fottea, Olomouc, 16 (1), p. 36, figs 14-30, 2016. [Prancha 35, Figs 1-6, Prancha 36, Figs 1-2]

Células de vida livre, colônias ausentes; valvas lineares, levemente infladas na região mediana; ápices subcapitados; esterno linear. Aréolas pequenas, arredondadas; estrias paralelas, multisseriadas; área central retangular; duas rimopórtulas por valva. Espinhos ausentes; bandas conectivais não observadas. **Dimensões:** 215,0-300,0 µm comp.; 2,0-4,0 µm larg.; estrias 10-12 em 10 µm.

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Nas represas Barra Bonita (469544, 469550), Cachoeira (469270), Billings (427903, 427898, 427899), Hedberg (469539, 469533, 469541, 469542, 469537), Ipaneminha (469502), Paraitinga (427985), Paiva Castro (469303), Serraria (469454, 469436), Salto Grande (469381, 469372, 469266), Taiaçupeba (427986) e Tatu (469385).

Comentários taxonômicos e ecológicos: Esta espécie foi recentemente proposta com base em estudos filogenéticos e taxonômicos (Kulikovskiy *et al.* 2016). Os táxons mais próximos que apresentam valvas longas e estreitas são *S. ulna* var. *danica* (Kützinger) Hustedt e *S. acus* var. *radians* (Kützinger) Hustedt, ambas tratadas como subespécies por estes autores. Embora similares, as diferenças métricas de largura das valvas e do número de estrias apoiaram os estudos moleculares para a separação da espécie. Do ponto de vista morfológico é possível separar as espécies pela forma do ápice que é espatulado nos táxons próximos e subcapitados em *U. pilum*. A espécie ocorreu em 5,3% das amostras analisadas, sendo encontrada no perifíton, fitoplâncton e sedimento superficial de represas oligo- a eutróficas. Por sua baixa frequência de ocorrência e abundância as preferências ecológicas não foram calculadas. Este é o primeiro registro dessa espécie para o Brasil.

Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère Lange-Bertalot Festschrift. Studies on diatoms dedicated to Prof. Dr. Dr. h.c. Horst Lange-Bertalot on the occasion of his 65th birthday, p. 100, 2001.

Basiônimo ≡ *Bacillaria ulna* Nitzsch 1817: 99, pl.5, figs 1-10.

[Prancha 37, Figs 1-10, Prancha 38, Figs 1-4]

Células de vida livre, colônias ausentes; valvas lineares; ápices subcapitados ou espatulados; esterno linear. Aréolas pequenas, arredondadas; estrias paralelas, multisseriadas; área central variável; duas rimopórtulas por valva. Espinhos ausentes; bandas conectivais fechadas.

Dimensões: 215,0-290,0 µm comp.; 3,5-4,0 µm larg.; estrias 10-11 em 10 µm.

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Barra Bonita (255742), Pitangueiras (355382, 336343), Itapura (355388), Matão (188433, 255722), Itapetininga (239042), Ribeirão das Ostras (239137), Vargem Grande Paulista (239138), Piraju (239140), Rio Claro (255726), Guará (255739), São Paulo (255751, 255752), Marília (255753), Barretos (255772), Pitangueiras (336343, 355382), Lins (355376, 355377) e nas represas Atibainha (469300, 469275, 469298, 469277, 469256, 469258), Barra Bonita (469543, 469515, 469544, 469245, 469516, 469546, 469547, 469555, 469556, 469517, 469550, 469553), Cachoeira (469248, 469292, 469270, 469249, 469251,

469296), Billings (401578, 401567, 427903, 427910, 427898, 427899, 427906, 401585, 401574, 427900, 427907, 401569, 427905), Cabuçu (428942, 428937, 428938, 428923), Cachoeira do França (469390, 469453), Cachoeira da Fumaça (469393), Guarapiranga (428509, 428510, 428511, 428513, 428514, 428515, 428518, 428520), Hedberg (469240, 469511, 469539, 469508, 469533, 469534, 469537, 469241, 469512, 469505, 469531, 469502, 469532, 469503, 469507, 469504, 469529), Itupararanga (469492, 469235, 469495, 469501), Jaguari (428848, 428840, 428849), Jacareí (428861), Jurupará (469441, 469499, 469500, 469501), Jundiaí (427989, 468850, 427988, 468856), Lago das Garças (469483, 469486, 469487), Paraitinga (427994, 427985, 427984), Paiva Castro (469303, 469379, 469369, 469380, 469282, 469370, 469283, 469371, 469306, 469284, 469551), Paineiras (469425, 469445, 469446, 469493, 469504, 469407, 469447), Ponte Nova (427983), Serraria (469435, 469396, 469436, 469397, 469417, 469437, 469454), Salto do Iporanga (469439), Salto Grande (469307, 469285, 469381, 469382, 469286, 469373, 469383, 469287, 469374, 469384, 469266, 469288, 469375), Santa Helena (469229, 469230, 469490, 469525, 469231, 469491), Serraria (469438, 469399, 469419, 469439, 469400, 469440), Taiaçupeba (427987, 427986, 468857, 468834, 468858), Tanque Grande (428933, 428934, 428926, 428935, 428920) e Tatu (469311, 469385, 469267, 469289, 469376, 469268, 469386, 469312, 469290, 469269, 469313, 469387, 469291, 469378).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A identificação desta espécie é bastante controversa e mesmo na ilustração original de Nitzsch (1817, como *Bacillaria ulna*) os espécimes ilustrados apresentam diferenças entre si. Muito possivelmente o atual conceito de *U. ulna* seja o mesmo adotado por Kützinger quando na descrição de *U. acus*, que levou a uma grande confusão na literatura. Da mesma maneira, a expansão do conceito leva a erros em cascata quando considera-se os trabalhos ecológicos uma vez que, estes seguem principalmente Ehrenberg (1836), Kützinger (1844), Grunow in van Heurck (1880-1885) ou Hustedt (1930) e mesmo nessas obras há uma deriva no conceito taxonômico de *U. ulna*. Lange-Bertalot & Ulrich (2014) acreditam que nem nas obras mais recentes como Krammer & Lange-Bertalot (1991), Hofmann *et al.* (2011), ou mesmo nos volumes florísticos regionais de Iconographia Diatomologica, o conceito *sensu stricto* esteja sendo seguido.

Assim, embora *U. ulna* seja um nome taxonomicamente correto e aceito, estudos quanto ao tipo se faziam necessários. Nesse sentido, Lange-Bertalot & Ulrich (2014) realizaram a lectotipificação e a epitificação para esclarecer os diversos complexos que este táxon é frequentemente agrupado. No presente trabalho, preferiu-se agrupar as diferentes populações

em *U. ulna sensu lato*, até que uma revisão taxonômica seja realizada. Desta forma, separou-se os morfotipos em duas formas principais, morfotipo I (Figs 1-4) e morfotipo II (Figs 5-10). Observou-se diferença na largura das valvas da população paulistana (3,5-4,0 μm) e as medidas obtidas a partir dos iconotipos de Kützing (1844) (8 μm) e do epítipo apresentado por Lange-Bertalot & Ulrich (2014) (6,3-7,7 μm). A densidade de estrias também foi menor do que a apresentada nestas obras. Quanto ao hábito, *U. ulna* foi descrita a partir de material bentônico distribuído em todas as estações do ano. No que tange a ecologia, o material designado como epítipo foi encontrado em águas fortemente poluídas, mesosapróbias. *Ulnaria ulna* foi reportada para ambientes com moderada concentração de oxigênio e como indiferente ao estado trófico das águas (van Dam *et al.* 1994). No presente, foi a mais representada nas amostras ocorrendo em 53,5% do total das amostras analisadas, sendo encontrada no perifíton, fitoplâncton e sedimento superficial de represas oligo- a eutróficas. O ótimo ecológico calculado para o sedimento superficial indicou a preferência deste táxon por águas neutras (7,2), moderada condutividade (103,4 $\mu\text{S cm}^{-1}$), moderadas concentrações de nutrientes (nitrogênio total: 907,7 $\mu\text{g L}^{-1}$ e fósforo total: 52,9 $\mu\text{g L}^{-1}$). A tolerância ambiental indica que a espécie pode ocorrer em águas levemente ácidas a neutras (6,6-7,9), baixa a elevada condutividade (19,1-187,6 $\mu\text{S cm}^{-1}$), moderadas concentrações de nitrogênio total (308,1-1507,2 $\mu\text{g L}^{-1}$) e amplo espectro de variação de fósforo total (2,5-103,4 $\mu\text{g L}^{-1}$). A espécie pode ser caracterizada como circumneutral e mesotrófica (Tabela 8).

***Ulnaria* sp. 1**

[Prancha 39, Figs 1-4, Prancha 40, Figs 1-3]

Células de vida livre, colônias ausentes; valvas lineares; ápices subcapitados a espatulados; estrias paralelas, multisseriadas; esterno linear. Aréolas pequenas arredondadas; área central retangular com estrias fantasmas; duas rimopórtulas por valva. Espinhos restritos aos ápices; bandas conectivais fechadas. **Dimensões:** 120,0-180,0 μm comp.; 4,0-5,0 μm larg.; estrias 8-10 em 10 μm .

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo:

Material encontrado: Moji das Cruzes (188211), Marília (239086), Miracatu (255763), Piedade (255767) e nas represas Atibainha (469275), Barra Bonita (469543, 469544, 469546, 469556, 469517, 469550, 469553), Billings (427903, 427910, 427899), Cabuçu (428923), Guarapiranga (428518), Hedberg (469508, 469533, 469534, 469541, 469542, 469509, 469535,

469510, 469537), Ipaneminha (469502, 469529), Paraitinga (427985), Paineiras (469503), Salto Grande (469285, 469381, 469308, 469382, 469286, 469383, 469287, 469266, 469288), Salto do Iporanga (469439, 469440) e Taiaçupeba (468858).

Comentários taxonômicos e ecológicos: A população encontrada apresentou similaridade com *U. danica* ilustrada em Krammer & Lange-Bertalot (1991). Apesar da semelhança com as valvas lineares e ápices rostrados a capitados característicos de *U. danica* a confirmação não pode ser confirmada dado a variabilidade morfológica registrada na população encontrada no Estado de São Paulo. Em trabalho anterior para a área de estudada, esse táxon foi identificado como *Synedra amphirhynchus* Ehrenberg (Carneiro 2007). Entretanto, a partir do reexame do material, valvas com área central retangular foram encontradas e o contorno valvar apresentou largura e densidade de estrias menores do que o reportado para *S. amphirhynchus*. No presente, *Ulnaria* sp. 1 ocorreu em 10,3% do total de amostras analisadas, sendo encontrada no perifíton, fitoplâncton e sedimento superficial de represas oligo- a eutróficas. Por sua baixa frequência de ocorrência em cada compartimento e baixa abundância, as preferências ecológicas não foram calculadas.

Tabela 2. Comparação das características morfológicas e preferências ecológicas de *F. cf. aquaplus*, *F. gracilis*, *F. cf. gracilis* e *F. tenera*

	<i>F. cf. aquaplus</i>	<i>F. gracilis</i>	<i>F. cf. gracilis</i>	<i>F. tenera</i>
Comp. (µm)	35,9-56,1	22,0-47,7	25-52	45,0-72,0
Larg. (µm)	1,8-2,7	2,0-2,5	2,0-2,5	2,5-3,5
Estrias em 10 µm	19-22	20-26	28-30	18-22
Forma da valva	Linear	Lanceolada	Lanceolada	Linear-lanceolada
Aréolas	Arredondada, pequenas	Arredondada, pequenas	Não observadas	Arredondadas
Ápices	Capitados	Rostrados a subcapitados	Subcapitados	Subcapitados
Área central	Linear ou inflada bilateralmente	Retangular	Retangular	Irregular, fásia algumas vezes presente
Esterno	Lanceolado	Linear, inconspícuo	Linear, inconspícuo	Linear Formado por diversos poróides, presente nos dois lados da valva
Campo de poros apical	4-5 linhas de poróides	4-5 linhas de poróides	Não observados	Presentes
Espinhos	Ausentes	Ausentes	Não observados	Presentes
Estriação	Paralelas	Paralelas a alternas em direção às extremidades	Alternas	Alternas
Colônias	Vida livre, 2-3 células agrupadas	Ausentes, célula de vida livre	Ausentes, células de vida livre	Ausentes, células de vida livre
Rimopórtulas	1 por valva	1 por valva	1 por valva	1 por valva
Bandas conectivas	Não observadas	Não observadas	Não observadas	Abertas
Preferência ecológica	Acidófila, oligo- a mesotrófica	Circumneutral, eutrófica	Acidófila, oligo- a mesotrófica	Circumneutral, oligotrófica

Tabela 3. Comparação das características morfológicas e preferências ecológicas de *F. billingsii*, *F. crotonensis*, *Fragilaria* sp. 5 e *Fragilaria* sp. 6.

	<i>F. billingsii</i>	<i>F. crotonensis</i>	<i>Fragilaria</i> sp. 5	<i>Fragilaria</i> sp. 6
Comp. (µm)	54-96	80-100	52,2-74,1	22,8-52,7
Larg. (µm)	2,0-2,5	3,0-3,5	3,5-4,0	2,0-3,7
Estrias em 10 µm	17-20	16-18	11-12	16-20
Forma da valva	Lanceolada	Lanceolada	Linear	Rômbo-lanceoladas
Aréolas	Apicalmente alongadas	Arredondada, pequenas	Arredondadas, pequenas	Arredondadas, pequenas
Ápices	Subcapitados	Capitados	Subcapitados	Capitados
Área central	Bilateralmente inflada, com fásia	Bilateralmente inflada, com fásia	Bilateralmente expandida com constrição mediana em formato circular.	Intumescida; margens muitas vezes onduladas ou deformada
Esterno	Lanceolado	Linear, inconspícuo	Linear	Linear
Campo de poros apical	4-5 linhas de poróides	Não observados	Formado por diversos poróides, presente nos dois lados da valva	Presente nos dois lados da valva
Espinhos	Agudos, interrompendo as estrias	Espinhos visíveis em microscopia de luz apenas na porção central da valva	Presentes	Dimórficos, espatulados na área central e agudos em direção aos ápices
Estriação	Paralelas a alternas em direção às extremidades	Paralelas a alternas em direção às extremidades	Alternas tornando-se paralelas em direção aos ápices	Alternas, interrompidas por espinhos
Colônias	Vida livre, 3-5 células agrupadas	Ausentes, células de vida livre	Ausentes, células de vida livre	5-8 indivíduos, tipo fita
Rimopórtulas	1 por valva	Não observadas	Não observadas	1 por valva
Bandas conectivas	Abertas	Não observadas	Não observadas	Abertas
Preferência ecológica	Acidófila, oligo- a mesotrófica	Acidófila, oligo- a meso-eutrófica	Acidófila, oligotrófica	Circumneutral, eutrófica

Tabela 4. Comparação das características morfológicas e preferências ecológicas de *F. capucina*, *F. microvaucheriae*, *F. rumpens*, *F. vaucheriae* e *Fragilaria* sp. 1.

	<i>F. capucina</i>	<i>F. microvaucheriae</i>	<i>F. rumpens</i>	<i>F. vaucheriae</i>	<i>Fragilaria</i> sp. 1
Comp. (µm)	21,0-82,5	6,0-21,6	24,0-42,5	16,5-22,8	14,9-40,8
Larg. (µm)	3,0-4,2	2,5-4,0	2,4-3,5	3-4	3,7-4,5
Estrias em 10 µm	13-15	14-16	18-20	13-15	16-18
Forma da valva	Linear-lanceolada	Lanceoladas a rômbo-lanceolada	Linear-lanceolada	Lanceolada	Lanceolada
Aréolas	Arredondada, pequenas	Não observadas	Arredondadas, pequenas	Arredondadas, pequenas	Arredondadas, pequenas
Ápices	Rostrados a subcapitados	Cuneados a rostrados	Subcapitados a rostrados	Rostrados	Rostrados a capitados
Área central	Bilateralmente inflada, com estrias fantasmas	Unilateralmente inflada	Unilateral ou bilateralmente expandida	Unilateral expandida	Com duas constrições e intumescimento bilateral ou unilateral
Esterno	Linear	Linear, conspícuo	Linear	Linear	Linear
Campo de poros apical	Presente nos dois lados da valva	Não observados	Não observados	Presente nos dois lados da valva	Formado por diversos poróides, presente nos dois lados da valva
Espinhas	Agudos, irregularmente localizados na margem valvar	Ausentes	Presentes	Presentes	Presentes
Estriação	Alternas a retas em direção às extremidades	Paralelas	Alternas	Alternas tronando-se paralelas em direção aos ápices	Alternas tornando-se paralelas em direção aos ápices
Colônias	Ausentes, células de vida livre	Ausentes, células de vida livre	5-8 indivíduos, tipo fita	Ausentes, células de vida livre	Ausentes, células de vida livre
Rimopórtulas	1 por valva	1 por valva	1 por valva	1 por valva	1 por valva
Bandas conectivas	Abertas	Não observadas	Não observadas	Não observadas	Não observadas
Preferência ecológica	Não obtida	Não obtida	Não obtida	Não obtida	Acidófila, oligotrófica

Tabela 5. Comparação das características morfológicas e preferências ecológicas de *F. fragilarioides*, *F. parva*, *F. socia*, *Fragilaria* sp. 3 e *Fragilaria* sp. 4.

	<i>F. fragilarioides</i>	<i>F. parva</i>	<i>F. socia</i>	<i>Fragilaria</i> sp. 3	<i>Fragilaria</i> sp. 4
Comp. (µm)	32,8-65,7	48,0-72,0	16,5-32,8	23,7-49,2	25,2-41,0
Larg. (µm)	2,5-2,7	2,7-4,0	3,5-4	3,3-3,6	2,0-3,5
Estrias em 10 µm	14-15	16-18	16-17	14-15	13-14
Forma da valva	Linear-lanceolada	Lanceoladas	Linear-lanceolada	Linear	Linear
Aréolas	Apicalmente alongadas	Pequenas, apicalmente alongadas	Arredondadas, pequenas	Apicalmente alongada	Arredondadas, pequenas
Ápices	Capitados a subcapitados	Rostrados a subcapitados	Rostrados	Capitados a subcapitados	Arredondados a rostrados
Área central	Bilateralmente ou unilateralmente intumescida com estrias fantasmas	Bilateralmente infladas	Com duas constrictões e intumescimento bilateral, presença de fásia	Difícil visualização, com presença de estrias fantasmas	Difícil visualização, com presença de estrias fantasmas
Esterno	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Campo de poros apical	6-8 linhas de poróides	6-8 fileiras de poróides	Formado por diversos poróides, presente nos dois lados da valva	Formado por diversos poróides, presente nos dois lados da valva	Formado por diversos poróides, presente nos dois lados da valva
Espinhos	Cônicos, interrompendo as estrias	Dimórficos, de ligação na área central e de conexão em direção às extremidades	Presentes, localizado interrompendo as estrias	Piramidais interrompendo as estrias	Presentes
Estriação	Alternas	Alternas a levemente radiadas em direção às extremidades	Alternas a levemente radiadas em direção as extremidades	Alternas	Alternas tornando-se paralelas em direção aos ápices
Colônias	Ausentes, células de vida livre	Vida livre 2-3 indivíduos agregados	Não observadas	Ausentes, células de vida livre	Ausentes, células de vida livre
Rimopórtulas	1 por valva	1 por valva	1 por valva	1 por valva	Não observadas
Bandas conectivas	Não observadas	Abertas	Abertas	Abertas	Não observadas
Preferência ecológica	Circumneutral, oligo- a mesotrófica	Circumneutral, eutrófica	Circumneutral, eutrófica	Acidófila, mesotrófica	Acidófila, eutrófica

Tabela 6. Comparação das características morfológicas e preferências ecológicas de *F. neotropica*, *F. grunowii*, *F. longifusiformis* e *F. spectra*.

	<i>F. neotropica</i>	<i>F. grunowii</i>	<i>F. longifusiformis</i>	<i>F. spectra</i>
Comp. (µm)	52,0-72,0	92,0-320,0	66,6-123,0	40,5-73,0
Larg. (µm)	1,7-2,0	2,0-3,5	2,0-2,5	1,5-2,5
Estrias em 10 µm	28-32	15-18	28-30	24-25
Forma da valva	Linear-lanceolada	Linear, muito estreita	Fusiformes	Linear-lanceolada
Aréolas	Pequenas, apicalmente alongadas	Arredondada, pequenas	Arredondada, pequenas	Arredondadas
Ápices	Capitados	Subcapitados a rostrados	Rostrados	Acuneado-arredondados
Área central	Inflada	Retangular, algumas vezes infladas	Bilateralmente inflada	Retangular, limitada por estrias adjacentes encurtadas
Esterno	Linear	Linear, conspícuo	Lanceolado	Lanceolado
Campo de poros apical	2-3 fileiras de poróides	4-5 linhas de poróides	1-3 linhas de poróides	2-3 linhas de poróides, presente nos dois lados da valva
Espinhos	Piramidais	Ausentes	Agudos localizado entre as estrias e 2 em cada ápice	Ausentes
Estriação Colônias	Alternas Ausentes, células de vida livre	Alternas Ausentes, células de vida livre	Alternas, curtas Vida livre, raramente em colônias de 3-5 espécimes	Alternas Ausentes, células de vida livre
Rimopórtulas	1 por valva	1 por valva	1 por valva	2 por valva
Bandas conectivas	Abertas	Não observadas	Não observadas	Abertas
Preferência ecológica	Acidófila, oligotrófica	Acidófila, oligotrófica	Acidófila, oligotrófica	Acidófila, oligotrófica

Tabela 7. Comparação das características morfológicas e preferências ecológicas de *F. pectinalis*, *F. perminuta*, *F. recapitellata* e *Fragilaria* sp. 2.

	<i>F. pectinalis</i>	<i>F. perminuta</i>	<i>F. recapitellata</i>	<i>Fragilaria</i> sp. 2
Comp. (µm)	14,9-28,5	10,0-18,5	15,0-22,5	15,7-27,9
Larg. (µm)	2,6-4,0	2,6-3,7	2,4-3,8	1,3-3,9
Estrias em 10 µm	14-18	18	17-20	18
Forma da valva	Linear-lanceolada	Lanceoladas	Lanceoladas	Linear-lanceolada
Aréolas	Pequenas, apicalmente alongadas	Pequenas, apicalmente alongadas	Pequenas, apicalmente alongadas	Apicalmente alongada
Ápices	Rostrados a subcapitados	Rostrados	Rostrados	Rostrados a subcapitados
Área central	Irregular, unilateral a bilateral	Unilateral	Unilateral	Unilateral expandida
Esterno	Linear	Linear	Linear	Linear
Campo de poros apical	Presente nos dois lados da valva	Diversas fileiras de poróides presentes nos dois lados da valva	Presente nos dois lados da valva	Formado por diversos poróides, presente nos dois lados da valva
Espinhos	Ausentes	Ausentes	Não observados	Não observados
Estriação	Alternas	Alternas a levemente radiadas em direção às extremidades	Alternas	Alternas tornando-se paralelas em direção aos ápices
Colônias	Ausentes, células de vida livre	Ausentes, células de vida livre	Vida livre 2-3 indivíduos agregados	Não observadas
Rimopórtulas	1 por valva	1 por valva	1 por valva	1 por valva
Bandas conectivas	Abertas	Abertas	Não observadas	Não observadas
Preferência ecológica	Acidófila, oligotrófica	Não obtida	Não obtida	Acidófila, oligotrófica

Tabela 8. Comparação das características morfológicas e preferências ecológicas de *S. goulardii* e táxons de *Ulnaria*.

	<i>S. goulardii</i>	<i>U. acus</i>	<i>U. delicatissima</i>	<i>U. ferefusiformis</i>	<i>U. pilum</i>	<i>U. ulna</i>	<i>Ulnaria</i> sp. 1
Comp. (µm)	60,0-110,0	85,0-130,0	150,0-200,0	75,0-150,0	215,0-300,0	215,0-290,0	120,0-180,0
Larg. (µm)	6,0-7,5	4,0-4,5	1,0-2,0	3,0-4,0	2,0-4,0	3,5-4,0	4,0-5,0
Estrias em 10 µm	9-11	8-12	13-14	13-14	10-12	10-11	8-10
Forma da valva	Lanceolada	Linear-lanceolada	Linear-lanceolada	Lanceolada	Linear	Linear	Linear
Aréolas	Arredondadas, pequenas	Arredondadas, pequenas	Indistintas	Arredondadas, pequenas	Arredondadas, pequenas	Arredondadas, pequenas	Arredondadas, pequenas
Ápices	Rostrados a subcapitados	Rostrados a subcapitados	Subcapitados	Subcapitados	Subcapitados	Subcapitados ou espatulados	Subcapitados a espatulados
Área central	Ampla, circular, assimétrica com estrias fantasmas	Assimétrica com estrias fantasmas	Indistinta com estrias fantasmas	Indistinta com estrias fantasmas	Retangular	Irregular, geralmente retangular	Retangular com estrias fantasmas
Esterno	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Campo de poros apical	Presente nos dois lados da valva	Presente nos dois lados da valva	Presente nos dois lados da valva	Presente nos dois lados da valva	Presente nos dois lados da valva	Presente nos dois lados da valva	Presente nos dois lados da valva
Espinhas	Ausentes	Ausentes	Ausentes	2-4 por ápice; Paralelas, multisseriadas	Ausentes	Ausentes	2 por ápice; Paralelas, multisseriadas
Estriação	Paralelas, multisseriadas	Paralelas, multisseriadas	Paralelas, multisseriadas	Paralelas, multisseriadas	Paralelas, multisseriadas	Paralelas, multisseriadas	Paralelas, multisseriadas
Colônias	Ausentes, células de vida livre	Ausentes, células de vida livre	Ausentes, células de vida livre	Vida livre, até 2 indivíduos agregados	Ausentes, células de vida livre	Ausentes, células de vida livre	Ausentes, células de vida livre
Rimopórtulas	2 por valva	2 por valva	2 por valva	2 por valva	2 por valva	2 por valva	2 por valva
Bandas conectivas	Não observadas	Fechadas	Fechadas	Não observadas	Não observadas	Fechadas	Fechadas
Preferência ecológica	Não obtida	Circumneutral, mesotrófica	Circumneutral, meso-eutrófica	Não obtida	Não obtida	Circumneutral, mesotrófica	Não obtida

IV. Considerações finais

Os gêneros de diatomáceas arrafídeas penadas inventariados totalizaram 33 táxons, os quais foram distribuídos em *Fragilaria* (26), *Ulnaria* (7) e *Synedra* (1), sendo 25 identificados em nível específico, um em nível infraespecífico e sete em nível genérico.

Cinco táxons específicos e um infraespecífico foram reportados pioneiramente para o Brasil, quais sejam: *Fragilaria* cf. *aquaplus*, *F. grunowii*, *F. perminuta*, *F. recapitellata*, *Ulnaria ferefusiformis* e *U. pilum*. Adicionalmente, os táxons identificados em nível genérico necessitam de maior detalhamento ultraestrutural para a confirmação de sua identificação, e desses pelo menos três táxons devem ser descritos como novidades para a ciência. Em âmbito do Estado de São Paulo somam mais 10 novas ocorrências (*F. gracilis*, *F. cf. gracilis*, *F. microvaucheriae*, *F. parva*, *F. pectinalis*, *F. rumpens*, *F. socia*, *F. tenera*, *F. vaucheriae* e *U. delicatissima*).

Considerando as comunidades avaliadas, os gêneros fragilarióides foram mais bem representados no perifíton (23 táxons), sedimento superficial (19 táxons) seguido do fitoplâncton (18 táxons). Ainda, considerando o número de amostras analisadas para cada comunidade, os gêneros foram mais bem representados no sedimento e perifíton. Em relação aos táxons exclusivos, o sedimento superficial e o perifíton apresentaram quatro táxons exclusivos cada um e o plâncton não contribuiu com táxons de ocorrência exclusiva.

Em termos de frequência de ocorrência nas estações de amostragem, os seguintes quatro táxons destacaram-se: *F. fragilarioides* (49%), *U. ulna* (46%), *Fragilaria* sp. 3 (37%) e *F. cf. aquaplus* (35%). E em relação à abundância relativa, três espécies foram mais importantes: *U. ulna* (34%), *F. tenera* (31,6%) e *F. spectra* (28%).

A preferência ecológica de 23 espécies foi calculada conforme o critério de corte estabelecido no estudo. Embora existam informações sobre as variáveis ambientais e a qualidade da água em que diversas espécies ocorrem, este é o primeiro registro da autoecologia dessas espécies em região tropical. A despeito da alta frequência de ocorrência, para as onze espécies seguintes nenhuma informação sobre a ecologia, ou sobre suas preferências ambientais foi encontrada na literatura: *F. cf. aquaplus*, *F. billingsii*, *F. fragilarioides*, *F. cf. gracilis*, *F. grunowii*, *F. longifusiformis*, *F. neotropica*, *F. pectinalis*, *F. socia*, *F. spectra* e *U. delicatissima*.

Este estudo demonstrou que a maioria dos táxons apresentou seus ótimos ecológicos em ambientes levemente ácidos, oligotróficos (8 táxons), oligo-mesotróficos (4 táxons) ou eutróficos (3 táxons). Desta forma, considerando apenas as espécies identificadas em nível

específico, seis espécies foram associadas a ambientes oligotróficos: *F. grunowii*, *F. longifusiformis*, *F. neotropica*, *F. pectinales*, *F. spectra* e *F. tenera*. E, em contraste, as seguintes três espécies apresentaram preferência por águas neutras (ótimo pH: 7,1-7,2) e ambientes eutróficos: *F. gracilis*, *F. parva* e *F. socia*. Assim, o conjunto dos resultados indica a preferência das espécies dos gêneros *Fragilaria* e *Ulnaria* por águas mais limpas, variando de oligotróficas a mesotróficas (15 táxons) e apenas a minoria (5) para ambientes degradados, eutróficos.

Para quatro táxons os ótimos calculados em função do fósforo total foram comparados com informações de regiões temperadas (*F. crotonensis*, *F. gracilis*, *F. tenera* e *U. acus*) e, em ambas regiões, as espécies indicaram preferência por ambientes oligo a mesotróficos, exceto *F. gracilis* que, neste estudo, indicou preferência por águas eutróficas. A não concordância da preferência ecológica entre mesmas espécies de regiões climáticas diferentes pode ocorrer e indica a necessidade de avançar os estudos autoecológicos e de distribuição de espécies tropicais/subtropicais para o sucesso de seu uso em estudos de avaliação da qualidade da água e reconstrução ambiental.

Em síntese, do ponto de vista taxonômico a utilização de microscopia eletrônica de varredura foi imprescindível para a identificação das diatomáceas fragilarióides e proposição de novos táxons. Todavia, algumas espécies estão bem estabelecidas com bastante informação disponível acerca das características estruturais e permitem sua identificação utilizando apenas microscopia de luz como, por exemplo, *F. tenera*, *F. gracilis*, *F. longifusiformis* entre outras. Ainda, a separação atual dos gêneros *Fragilaria* e *Ulnaria* está baseada na estrutura do cingulo, uma característica de difícil visualização e que requer alta expertise para relacionar bandas conectivas e respectivas valvas. Assim, novas características devem ser incorporadas para melhor circunscrição desses gêneros tais como tipo de estrias (simples vs. multiseriada), hábito (vida simples vs. colônias), presença e tipos espinhos. Ainda, outras características como tipo de rimopórtula, tipo e posição do espinho e tipos de cloroplastos podem agregar caracteres importantes para a identificação taxonômica dos táxons.

Os resultados apresentados destacam a importância de se avaliar diferentes habitats, principalmente perifíton e sedimento superficial, bem como ambientes mais conservados para ampliar e aprofundar o conhecimento da biodiversidade das diatomáceas fragilarióides. Neste sentido, a despeito do estudo estar concentrado no Estado de São Paulo, a amostragem foi muito diversificada, abrangendo vários tipos de habitats, tipos de ecossistemas aquáticos e com amplo gradiente de qualidade da água. Desta forma, a contribuição para o conhecimento da

biodiversidade de arrafídeas foi ampliado e aprofundado com a revisão de material tipo, registros em MEV, proposição de novas espécies, espécies potencialmente novas, bem como com a adição de novas ocorrências para o Brasil e o Estado de São Paulo.

Finalmente, a partir da integração de informações taxonômicas e ecológicas das espécies, este estudo contribui com bases mais consistentes para o conhecimento da biodiversidade das populações tropicais e de seu uso em estudos de conservação, bioindicação e reconstrução paleoambiental.

V. Referências bibliográficas

- Aboal, M. & Silva, P.C. (2004) Validation of new combinations. *Diatom Research* 19: 361.
- Aboal, M., Alvarez Cobelas, M., Cambra, J. & Ector, L. (2003) Floristic list of non-marine diatoms (Bacillariophyceae) of Iberian Peninsula, Balearic Islands and Canary Islands. Updated taxonomy and bibliography. *Diatom Monographs* 4: 1–639.
- Almeida, P.D. & Bicudo, D.C. (2014) Plankton and surface sediment diatoms in water supply reservoirs from the Metropolitan Region of São Paulo, São Paulo State, Southeastern Brazil. *Hoehnea* 41: 187–207.
- Almeida, P.D., Morales, E.A., Wetzel, C.E., Ector, L. & Bicudo, D.C. (2016) Two new diatoms in the genus *Fragilaria* Lyngbye (Fragilariophyceae) from tropical reservoirs in Brazil and comparison with type material of *F. tenera*. *Phytotaxa* 246: 163–183.
- APHA – American Publication Health Association (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Greenberg, A. E.; Clesceri, L. S.; Eaton, A. D. (Eds.). 21º Ed. USA: Washington.
- Barber, H.G. & Haworth, E.Y. (1981) A guide to the morphology of the diatom frustules with a key to the British freshwater genera. Freshwater Biological Association, Ambleside, 112 pp.
- Batley G. E., Gardner D. (1977) Sampling and storage of natural waters for trace metal analysis. *Water Research* 11, 745–756.
- Battarbee, R.W., Jones, V., Flower, R.J., Cameron, N., Bennion, H., Carvalho, L. & Juggins, S. (2001) Diatoms. In: Smol, J.P., Birks, H.J.B. & Last, W.M. (Eds.) Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Kluwer Academic Publishers, London 3: 155–203.
- Beauger, A., Serieyssol, K. & Schoefs, B. (2015) “Recent progress in diatom’s taxonomy and freshwater ecology.” *Cryptogamie Algologie* 36: 241–244.

- 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: 93–125.
- Bicudo, C.E.M. & Menezes, M. (2006) Gêneros de algas continentais do Brasil. Chave para identificação e descrições. São Carlos: Editora RIMA. 2º ed. 489 p.
- Bicudo, C.E.M., Morandi, L.L., Araujo, A., Carneiro, L.A. & Bicudo, D.C. (2009) Algas. In: M.I.M.S. Lopes, M. Kirisaura, M.M.R.F. Melo (eds.). Patrimônio da Reserva Biológica do Alto da Serra de Paranapiacaba: a Antiga Estação Biológica do Alto da Serra. Instituto de Botânica, São Paulo, p. 187–212.
- Bicudo D.C., Tremarin P.I., Almeida P.D., Almeida-Zorzal S., Wengrat S., Faustino S.B., S.B.; Costa, L.F.; Bartozek, E.C.R.; Rocha, A.C.R.; Bicudo, C.E.M. & Morales, E.A. (2016) Taxonomy and ecology of *Aulacoseira* species (Bacillariophyta) from tropical reservoirs in Brazil. *Diatom Research* 31: 199–215.
- Bicudo, D.C., Bicudo, C.E.M., Castro, A.A.J. & Picelli-Vicentim, M.M. (1993) Diatomáceas (Bacillariophyceae) do trecho a represar do Rio Paranapanema (Usina Hidrelétrica de Rosana), estado de São Paulo, Brasil. *Hoehnea* 20: 47–68.
- Birks, H. J. B., Line, J. M., Juggins, S., Stevenson, A. C. & ter Braak, C.J.F. (1990) Diatoms and pH reconstruction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B* 327: 263–78.
- Bortolus, A. (2008) Error cascades in the biological sciences: the unwanted consequences of using bad taxonomy in ecology. *Ambio* 37: 114–118.
- Carlson, G.W.F. (1913) Süßwasser-Algen aus der Antarktis, Süd-Georgien und den Falkland Inseln. Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Südpolar-Expedition 1901-1903, unter leitung von Dr. Otto Nordenskjöld. Stockholm, *Lithographisches Institut des Generalstabs* 4: 1–94.
- Carneiro, L.A. (2007) Fragilariophyceae (Bacillariophyta) de águas doces do estado de São Paulo: levantamento florístico. Tese de Doutorado. São Paulo: Instituto de Botânica. 187 p.
- Cetesb – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2011. Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2010. 289 p.
- Cholnoky, B.J. (1963) Ein Beitrag zur Kenntnis der Diatomeenflora von Holländisch-Neuguinea. *Nova Hedwigia* 5: 157–198.
- Cleve, P.T. & Grunow, A. (1880) Beiträge zur Kenntniss der arctischen Diatomeen. *Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar*. Ser. 4 17(2): 1–121, pls I-VII.

- Compère, P. (2001) *Ulnaria* (Kützing) Compère, a new genus name for *Fragilaria* subgen. *Alterasynedra* Lange-Bertalot with comments on the typification of *Synedra* Ehrenberg. In: Jahn R., Kociolek, J. P., Witkowski, A. & Compère, P. (Eds.). Lange-Bertalot-Festschrift, Studies on Diatoms. A.R.G. Gantner Verlag K.G. Ruggell, p. 97–101.
- Crawford, R.M., Canter, H.M., & Jaworski, G.H.M. (1985) A study of two morphological variants of the diatom *Fragilaria crotonensis* Kitton using electron microscopy. *Annals of botany* 55: 473–485.
- SpeciesLink (2017) Centro de Referência em Informação Ambiental–CRIA, Campinas. Electronic Database. (<http://www.splink.org.br/index>). Acesso: 24.2.2017.
- Delgado, C., Novais, M.H., Blanco, S. & S.F.P. Almeida (2015) Examination and comparison of *Fragilaria candidagilae* sp. nov. with type material of *Fragilaria recapitellata*, *F. capucina*, *F. perminuta*, *F. intermedia* and *F. neointermedia* (Fragilariales, Bacillariophyceae). *Phytotaxa* 231: 1–18.
- Desmazières, J.B.H.J. (1830) *Plantes Cryptogames du nord de la France*. pp. nos 451-500.
- ECS - European Committee for Standardization. (2003) ECS. Water quality - Guidance standard for the routine sampling and pretreatment of benthic diatoms from rivers. EN 13946. Geneva. 14p. Disponível em: http://www.safrass.com/partners_area/BSI%20Benthic%20diatoms.pdf
- Ehrenberg, C.G. (1830) Beiträge zur Kenntniss der Organisation der Infusorien und ihrer geographischen Verbreitung, besonders in Sibirien. Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1830: 1–88.
- Ehrenberg, C.G. (1836) Zusätze zur Erkenntniss grosser organischer Ausbildung in den kleinsten thierischen Organismen. Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1835: 150–181.
- Ehrenberg, C.G. (1854) Mikrogeologie. Einundvierzig Tafeln mit überviertausend grossentheils colorirten Figuren, Gezeichnet vom Verfasser [Atlas]. Leopold Voss, Leipzig, 40 pls.
- Faria, D.M., Tremarin, P.I., Ludwig, T.A.V. (2010) Diatomáceas perifíticas da represa Itaquí, São José dos Pinhais, Paraná: Fragilariales, Eunotiales, Achnanthales e *Gomphonema* Ehrenberg. *Biota Neotropica* 10: 415–427.
- Faustino, S.B., Fontana, L., Bartozek, E.C.R., Bicudo, C.E.M. & Bicudo, D.C. (2016) Composition and distribution of diatom assemblages from core and surface sediments of a water supply reservoir in Southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 16: 1–23.

- 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 Brasilica* 21: 421–441.
- Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>. Acesso em: 07 Mar. 2017,
- Fontana, L. & Bicudo, D.C. (2009) Diatomáceas (Bacillariophyceae) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR, Brasil): Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae. *Hoehnea* 36: 375–386.
- Garcia, M. (2004) Morphology and taxonomy of *Neohuttonia reichardtii* (Grunow) O. Kuntze (Bacillariophyta) from southern Brazil. *Iheringia, Série Botânica* 59: 179–182.
- Hains, J.J. & Sebring, M.M. (1981) Description and distribution of *Synedra planktonica* n. sp. (Bacillariophyceae). *Transactions of the American Microscopical Society*. 100: 159–64.
- Hofmann, G. (1994) Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. *Bibliotheca Diatomologica* 30: 1–241.
- Hofmann, G.; Werum, M. & Lange-Bertalot, H. (2011) Diatomeen im Süßwasser–Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflora Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie. 908 pp., A.R.G. Gantner Verlag K.G., Ruggell.
- Houk, V. & Klee, R. (2004) The stelligeroid taxa of the genus *Cyclotella* (Kützinger) Brébisson (Bacillariophyceae) and their transfer into the new genus *Discostella* gen. nov. *Diatom Research* 19: 203–228.
- Hustedt F. (1930) Die Süsswasser–Flora Mitteleuropas. Otto Koeltz Science Publishers: Germany, p. 1–466.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2015) Estados. São Paulo. Disponível em <http://ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=sp> (acesso em 12-12-2016).
- Kitton, F. (1869) Notes on New York Diatoms with description of a new species *Fragilaria crotonensis*. *Hardwicke's Science-Gossip* 5: 109–110.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1986) Bacillariophyceae.1. Teil: Naviculaceae. In: Ettl, H., Gärtner, G., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (Eds.) Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/1. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, pp. 1–876.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1988) Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (Eds.) Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/2. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, pp. 1–596.

- Krammer K. & Lange-Bertalot H. (2004) Bacillariophyceae 3. Teil, Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D. (eds), Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/3. Heidelberg and Berlin, Spektrum Verlag, 598 p.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1991) Bacillariophyceae 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: G. Fischer 2/3, 576 p.
- Kulikovskiy, M.S., Lange-Bertalot, H., Witkowski, A., Dorofeyuk, N.I. & Genkal, S.I. (2010) Diatoms from *Sphagnum* bogs of the world I. Nur bog in northern Mongolia. *Bibliotheca diatomologica* 55: 1–326.
- Kulikovskiy, M., Gusev, E., Lange-Bertalot, H., Annenkova, N. & Kociolek, J.P. (2016) Morphological and molecular evidence support description of two new diatom species from the genus *Ulnaria* in Lake Baikal. *Fottea* 16: 34–42.
- Kützing, F.T. (1834) Synopsis diatomearum oder Versuch einer systematischen Zusammenstellung der Diatomeen. *Linnaea*, 8, 529–629.
- Kützing, F.T. (1844) Die kieselchaligen Bacillarien oder Diatomeen. 152 pp. Nordhausen
- Lange-Bertalot, H. & Ulrich, S. (2014) Contributions to the taxonomy of needle-shaped *Fragilaria* and *Ulnaria* species. *Lauterbornia* 78: 1–73.
- Lamparelli M.C. (2004) Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil, 235 pp.
- Lange-Bertalot, H. (1980) Zur systematischen Bewertung der bandförmigen Kolonien bei *Navicula* und *Fragilaria*. Kriterien für die Vereinigung von *Synedra* (subgen. *Synedra*) Ehrenberg mit *Fragilaria* Lyngbye. *Nova Hedwigia* 33: 723–787.
- Lange-Bertalot, H., Külbs, K., Lauser, T., Nörpel-Scheemp, M. & Willmann, M. (1996) Dokumentation und Revision der von Georg Krasske beschriebenen Diatomeen-Taxa. In: Lange-Bertalot, H. (ed.). *Iconographia Diatomologica*. Annotated Diatom Micrographs. Vol. 3. Taxonomy. Königstein, Germany, Koeltz Scientific Books. Vol. 3. 358 pp.
- Lauby, A. (1910) Recherches paléophytologiques dans le Massif Central. *Bull. Serv. Carte Géologique France*, Mém. 125, tome 20: 1–398, Paris.
- Lobo, E.A., Callegaro V.L.M., Hermans, G., Bes, D., Wetzel, C.E. & Oliveira, M.A. (2004) Use of epilithic diatoms as bioindicators from lotic systems in southern Brazil, with special emphasis on eutrophication. *Acta Limnologica Brasiliensia*. 16: 25–40.

- Ludwig, T.A.V. & Flôres, T.L. (1997) Diatomoflórula dos rios da região a ser inundada para a construção da Usina Hidrelétrica de Segredo, PR. *Fragilariophyceae (Fragilaria e Synedra). Hoehnea* 24: 55–65.
- Ludwig, T.A.V., Tremarin, P.I., Laux, M., Padial, A.A. & Torgan, L.C. (2015) *Fragilaria longifusiformis* (Hains & Sebring) Siver et al. (Diatomeae) em rios e reservatórios subtropicais. *Iheringia. Série Botânica* 70: 587–591.
- Lyngbye, H.C. (1819) *Tentamen Hydrophytologiae Danicae Continens omnia Hydrophyta Cryptogama Daniae, Holsatiae, Faeroae, Islandiae, Groenlandiae hucusque cognita, Systematice Disposita, Descripta et iconibus illustrata, Adjectis Simul Speciebus Norvegicis. Hafniae, Typis Schultzianis, in commissis Librariae Gyldeendaliae*, Copenhagen, 248 pp., 70 pls. <http://dx.doi.org/10.5962/bhl.title.6079>
- Magrin, A.G.E. & Senna, P.A.C. (2000) Diatomáceas (Bacillariophyta) da Lagoa de Diogo e seus trechos fluviais: córrego Cafundó e rio Moji Guaçu, 1: classes Coscinodiscophyceae e Fragillariophyceae. In: Santos, J.E. & Pires, J.S.R. (eds.). *Estação Ecológica de Jataí: estudos integrados em ecossistemas*. São Carlos: Rima Editora. Vol. 2: 415–430.
- Medlin, L.K. & Kaczamarska, I. (2004) Evolution of the diatoms, 5: morphological and cytological support for the major clades and taxonomic revision. *Phycologia* 43: 245–270.
- Metzeltin, D. & García-Rodríguez, F. (2003) *Las Diatomeas Uruguayas*. D.I.R.A.C, Montevideo. 207 p.
- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H. (1998) Tropical Diatoms of South America: About 700 predominantly rarely known or new taxa representative of the Neotropical flora. In: Lange-Bertalot, H. (ed.) *Iconografia Diatomologica*, annotated diatom micrographs Vol. 5: 1–695. Koeltz Scientific Books, Stuttgart.
- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H. (2007) Tropical Diatoms of South America II: Special Remarks on Biogeographic Disjunction. Pp. 877. In: Lange-Bertalot, H. (Ed.). *Iconographia Diatomologica*. Vol. 18. Stuttgart, Koeltz Scientific Books.
- Metzeltin, D.; Lange-Bertalot, H. & García-Rodríguez, F. (2005) Diatoms of Uruguay. Pp. 736. In: Lange-Bertalot, H. (Ed.). *Iconographia Diatomologica*. v.15. Königstein, Koeltz Scientific Books.
- Metzeltin D., Lange-Bertalot, H. & Nergui, S. (2009). Diatoms in Mongolia. *Iconographia Diatomologica* 20: 3–686.

- Miettinen, J.O. (2003) A diatom-total phosphorus transfer function for freshwater lakes in southeastern Finland, including cross-validation with independent test lakes. *Boreal Environmental Research* 8: 215–228
- Morales, E.A. (2001) Morphological studies in selected fragilarioid diatoms (Bacillariophyceae) from Connecticut waters (U.S.A.). *Proceedings of the academy of Natural Sciences of Philadelphia* 151: 105–120.
- Morales, E.A. & Edlund, M.B. (2003) Studies in selected fragilarioid diatoms (Bacillariophyceae) from Lake Hovsgol, Mongolia. *Phycological Research* 51: 225–239.
- Morales, E.A., Novais, M.H., Chávez, G., Hoffmann, L. & Ector, L. (2012) Diatoms (Bacillariophyceae) from the Bolivian Altiplano: three new araphid species from the Desaguadero River draining Lake Titicaca. *Fottea* 12: 41–58.
- Morales, E.A., Rivera, S.F., Wetzel, C.E., Novais, M. H., Hamilton, P.B., Hoffmann, L., & Ector, L. (2014) New epiphytic araphid diatoms in the genus *Ulnaria* (Bacillariophyta) from Lake Titicaca, Bolivia. *Diatom Research* 29: 41–54.
- Moreira-Filho, H. & Valente-Moreira, I. (1981) Avaliação taxonômica e ecológica das diatomáceas (Bacillariophyceae) epífitas em algas pluricelulares obtidas nos litorais do Paraná, Santa Catarina e São Paulo. *Boletim do Museu Botânico Municipal* 47: 1–17.
- Müller, O.F. (1788) De Confervis palustribus oculo nudo invisibilibus. *Nova Acta Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae* 3: 89–98.
- Nitzsch, C.L. (1817) Beitrag zur Infusorienkunde oder Naturbeschreibung der Zerkarien und Bazillarien. Neue Schriften der Naturforschenden Gesellschaft zu Halle 3: 1–128.
- Oliveira, M.A., Torgan, L.C., Lobo, E.A. & Schwarzbald, A. (2001) Association of periphytic diatom species of artificial substrate in lotic environments in the arroyo Sampaio basin, RS, Brazil: relationships with abiotic variables. *Brazilian Journal of Biology* 61: 523–540.
- Oliveira, M. A., Torgan, L. C. & Rodrigues, S. C. (2002) Diatomáceas perifíticas dos arroios Sampaio e Sampainho, Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 16: 151–160.
- Østrup, E. (1910) Danske Diatoméer med 5 tavler et Engelsk résumé. Udgivet paa Carlsbergfondets bekostning. pp. [i]–xi, 1–323, pls 1–5. Kjøbenhavn [Copenhagen]: C.A. Reitzel Boghandel Bianco Lunos Bogtrykkeri.
- Patrick, R. & Reimer, C.W. (1966) The diatoms of the United States Exclusive of Alaska and Hawaii. Vol 1: Fragilariaceae, Eunotiaceae, Achnanthaceae. N° 13, 699 pp. *Philadelphia. Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*.

- Petersen, J.B. (1938). *Fragilaria intermedia*-*Synedra vaucheriae*. *Botaniska Notiser* 1938 (1–3): 164–170
- Rocha, A.C.R. (2012) Influência do hábitat e do estado trófico na biodiversidade e distribuição das diatomáceas (Bacillariophyta) em reservatórios da sub-bacia do Alto Rio Tietê, São Paulo. Tese de doutorado. Rio Claro, Universidade Estadual Paulista. 316 p.
- Ross, R., Cox, E.J., Karayeva, N.I., Mann, D.G., Paddock, T.B.B., Simonsen, R. & Sims, P.A. (1979) An amended terminology for the siliceous components of the diatom cell. *Nova Hedwigia, Beiheft* 64: 513–533.
- Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G. (1990) The diatoms: biology and morphology of the genera. Cambridge: Cambridge University Press. 747p.
- Rumrich, U., Lange-Bertalot, H. & Rumrich, M. (2000) Diatomeen der Anden. Von Venezuela bis Patagonien/Feuerland. *Iconographia Diatomologica* 9: 1–649.
- Sant’Anna, C.L., Azevedo, M.T.P. & Sormus, L. (1989) Fitoplâncton do Lago das Garças, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, SP, Brasil: estudo taxonômico e aspectos ecológicos. *Hoehnea* 16: 89–131.
- Sato, S., Mann, D.G., Matsumoto, S. & Medlin, L.K. (2008) *Pseudostriatella* (Bacillariophyta): a description of a new araphid diatom genus based on observations of frustule and auxospore structure and 18S rDNA phylogeny. *Phycologia* 47: 371–391.
- Simonsen, R. (1974) The diatom plankton of the Indian Ocean Expedition of R/V "Meteor", 1964-65 Meteor *Forschungsergebnisse Reihe D-Biologie* 19: 1–66.
- Simonsen, R. (1987) Atlas and catalogue of the diatom types of Friedrich Hustedt. Vol. 1. Catalogue. J. Cramer, Berlin, Stuttgart, pp. 1–525.
- Siver, P.A., Morales, E.A., Van de Vijver, B., Smits, M., Hamilton, P.B., Lange-Bertalot, H. & Hains, J.J. (2006) Observations on *Fragilaria longifusiformis* comb. nov. et nom. nov. (Bacillariophyceae), a widespread planktic diatom documented from North America and Europe. *Phycological Research* 54: 183–192.
- Smith, W. (1853) A synopsis of the British Diatomaceae; with remarks on their structure, function and distribution; and instructions for collecting and preserving specimens. The plates by Tuffen West. In two volumes. Vol. 1. pp. [i] –xxxiii, 1–89, pls I–XXXI. London: John van Voorst, Paternoster Row.
- Smith, W. (1856) A synopsis of the British Diatomaceae; with remarks on their structure, functions and distribution; and instructions for collecting and preserving specimens. Vol. 2 pp. [i–vi] - xxix, 1–107, pls 32–60, 61–62, A–E. London: John van Voorst.

- Smol, J.P. (2008) Pollution of Lakes and Rivers: A paleoenvironmental Perspective. 2^o ed. Oxford. Wiley-Blackwell Publishing. 383 p.
- Smol, J.P. & Stoermer, E.F. (2010) The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences. 2nd edition. 667 p. Cambridge. Cambridge University Press.
- Sovereign, H.E. (1958) The diatoms of Crater Lake, Oregon. *Transactions of the American Microscopical Society* 77: 96–134.
- ter Braak, D.J.F. & van Dame, H. (1989) Inferring pH from diatoms: a comparison of old and new calibration methods. *Hydrobiologia* 178: 209–223.
- Torgan, L.C. & Santos, C.B. (2006) *Thalassiosira weissflogii* (Coscinodiscophyceae - Bacillariophyta) em ambientes lacustres na Planície Costeira do sul do Brasil. *Iheringia* 61: 135–138.
- Tremarin, P.I., Ludwig, T.A.V. & Torgan, L.C. (2012) Ultrastructure of *Aulacoseira brasiliensis* sp. nov. (Coscinodiscophyceae) and comparison with related species. *Fottea* 12: 171–188.
- Tremarin, P.I., Paiva, R.S., Ludwig, T.V. & Torgan, L.C. (2013) *Aulacoseira calypsi* sp. nov. (Coscinodiscophyceae) from an Amazonian lake, northern Brazil. *Phycological Research* 61: 292–298.
- Tucci, A., Sant’Anna, C.L., Gentil, R.C. & Azevedo, M.T.P. (2006) Fitoplâncton do Lago das Garças, São Paulo, Brasil: um reservatório urbano eutrófico. *Hoehnea* 33: 147–175.
- Tuji, A. (2004) Type examination of the ribbon-forming *Fragilaria capucina* complex described by Christian Gottfried Ehrenberg. In: Poulin, M. (Ed.) *Proceedings of the Seventeenth International Diatom Symposium*. Ottawa, Canada, 25th– 31st August 2002. Biopress Limited, Bristol, pp. 411–422.
- Tuji, A. (2007) Type examination of *Fragilaria gracilis* Østrup (Bacillariophyceae). *Bulletin of National Museum of the Natural Sciences, Series B* 33: 9–12.
- Tuji, A. (2009) The transfer of two Japanese *Synedra* species (Bacillariophyceae) to the genus *Ulnaria*. *Bulletin of the National Science Museum, Series B (Botany)* 35: 11–16.
- Tuji, A. & Williams, D. M. (2006a) Typification of *Conferna pectinalis* O. F. Müll. (Bacillariophyceae) and the identity of the type of an alleged synonym, *Fragilaria capucina* Desm. *Taxon* 55: 193–199.
- Tuji, A. & Williams, D.M. (2006b) Examination of the type material of *Synedra rumpens* = *Fragilaria rumpens*, Bacillariophyceae. *Phycological Research* 54: 99–103.

- Tuji, A. & Williams, D.M. (2007) Type examination of Japanese diatoms described by Friedrich Meister (1913) from Lake Suwa. *Bulletin of the National Museum of Nature and Science, series B (Botany)* 33: 69–79.
- Tuji, A. & Williams, D.M. (2008a) Examination of types in the *Fragilaria pectinalis-capitellata* species complex. In: Likhoshway, Y. (Ed.) *Proceedings of the Nineteenth International Diatom Symposium*. Listvyanka, Irkutsk, Russia, 28th August–3rd September 2006. Biopress Limited, Bristol, pp. 125–139.
- Tuji, A. & Williams, D.M. (2008b) Typification and type examination of *Synedra familiaris* Kütz. and related taxa. *Diatom* 24: 25–29.
- van Dam, H., Mertens, A. & Sinkeldam, J. (1994) A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28: 117–133.
- van Heurck, H. (1880–1885) Synopsis des Diatomées de Belgique Atlas. Ducaju & Cie, Anvers.
- van Heurck, H. (1881) Synopsis des Diatomées de Belgique Atlas. pls XXXI–LXXVII. Anvers: Ducaju et Cie. Texte. Martin Brouwers & Co., Anvers, 235 pp.
- Wallace, N.M. (1955) The effect of temperature on the growth of some fresh-water diatoms. *Notula Naturae (Academy of Natural Sciences of Philadelphia)* (280): 11.
- Wengrat, S. (2011) Biodiversidade e distribuição das diatomáceas no Complexo Billings, São Paulo: influência da compartimentalização espacial e do estado trófico. Dissertação de Mestrado, Instituto de Botânica de São Paulo, 126p.
- Wengrat, S., Morales, E.A., Wetzel, C.E., Almeida, P.D., Ector, L. & D.C. Bicudo (2016) Taxonomy and ecology of *Fragilaria billingsii* sp. nov. and analysis of type material of *Synedra rumpens* var. *fusa* (Fragilariaceae, Bacillariophyta) from Brazil. *Phytotaxa* 270: 191–202.
- Wetzel, C.E. & Ector, L. (2015) Taxonomy and ecology of *Fragilaria microvaucheriae* sp. nov. and comparison with the type materials of *F. uliginosa* and *F. vaucheriae*. *Cryptogamie Algologie* 36: 271–289.
- Wetzel, C.E. & Ector, L. (2014) Taxonomy, distribution and autoecology of *Planothidium bagualensis* sp. nov. (Bacillariophyta) a common monoraphid species from southern Brazilian rivers. *Phytotaxa* 156: 201–210.
- Williams, D. M. (1986) Comparative morphology of some species of *Synedra* Ehrenb. with a new definition of the genus. *Diatom Research* 1: 131–152.

- Williams, D.M. (2009) 'Araphid' diatom classification and the 'absolute standard'. *Acta Botanica Croatica* 68: 455–463.
- Williams, D.M. (2011) *Synedra*, *Ulnaria*: definitions and descriptions – a partial resolution. *Diatom Research* 26: 149–153.
- Williams, D.M. & Round, F.E. (1986) Revision of the genus *Synedra* Ehrenb. *Diatom Research* 1: 331–339.
- Williams, D.M. & Round, F.E. (1987) Revision of the genus *Fragilaria*. *Diatom Research* 2: 267–288.

ANEXO 1

LISTAGEM DOS TÁXONS COM SUAS RESPECTIVAS AUTORIAS E CÓDIGOS

Anexo 1. Códigos dos táxons de *Fragilaria*, *Synedra* e *Ulnaria* conforme o programa OMNIDIA e workshop de harmonização do Projeto AcquaSed e suas respectivas autorias.

Código	Táxon
FAQU	<i>Fragilaria</i> cf. <i>aquaplus</i>
FBIL	<i>Fragilaria billingsii</i> Wengrat, Wetzel & Morales
FCAP	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières Desm.
FCRO	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton
FFRA	<i>Fragilaria fragilarioides</i> (Grunow) Cholnoky
FGRA	<i>Fragilaria gracilis</i> Østrup Danske
FGR2	<i>Fragilaria</i> cf. <i>gracilis</i> Østrup Danske
FGRU	<i>Fragilaria grunowii</i> Lange-Bertalot & Ulrich
FLFU	<i>Fragilaria longifusiformis</i> (Hains & Sebring) Siver <i>et al</i>
FMVA	<i>Fragilaria microvaucheriae</i> C.E.Wetzel & Ector
FNEO	<i>Fragilaria neotropica</i> P.D.Almeida, E. Morales & C.E. Wetzel
SRFA	<i>Fragilaria parva</i> (Grunow) Tuji & Williams
FPEC	<i>Fragilaria pectinalis</i> (Müller) Lyngbye
FPEM	<i>Fragilaria perminuta</i> (Grunow) Lange-Bertalot
FREC	<i>Fragilaria recapitellata</i> (Grunow) J. Petersen
FRUM	<i>Fragilaria rumpens</i> (Kützing) Carlson
FSOC	<i>Fragilaria socia</i> (Wallace) Lange-Bertalot
FSPE	<i>Fragilaria spectra</i> Almeida, E. Morales & C.E. Wetzel
FTEN	<i>Fragilaria tenera</i> (Smith) Lange-Bertalot
FVAU	<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) J. Petersen
FSP.1	<i>Fragilaria</i> sp. 1
FSP.2	<i>Fragilaria</i> sp. 2
FSP.3	<i>Fragilaria</i> sp. 3
FSP.4	<i>Fragilaria</i> sp. 4
FSP.5	<i>Fragilaria</i> sp. 5
FSP.6	<i>Fragilaria</i> sp. 6
SGOU	<i>Synedra goulardii</i> Brébisson ex Cleve & Grunow
UACU	<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal
UDEL	<i>Ulnaria delicatissima</i> (Smith) Aboal & Silva
UFER	<i>Ulnaria ferefusiformis</i> Kulikovskiy & Lange-Bertalot
UPIL	<i>Ulnaria pilum</i> Kulikovskiy & Lange-Bertalot
UULN	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère Lange-Bertalot
USP.1	<i>Ulnaria</i> sp. 1

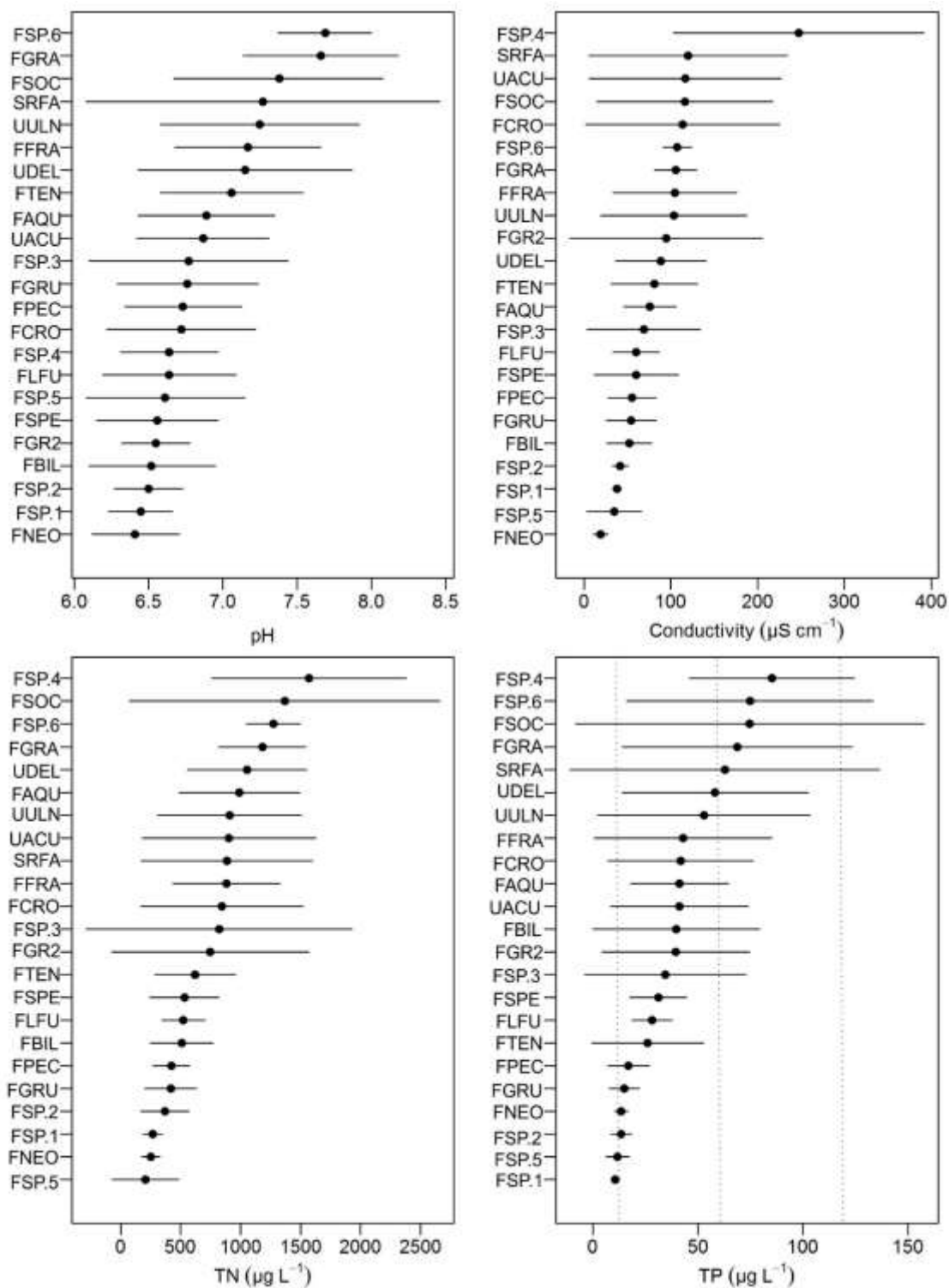
ANEXO 2

ÓTIMO ECOLÓGICO E TOLERÂNCIA
AMBIENTAL DAS ESPÉCIES QUE
OCORRERAM COM ABUNDÂNCIA $\geq 1\%$ E
FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA $\geq 10\%$

Anexo 2. Ótimo ecológico e tolerância ambiental das espécies de diatomáceas fragilarióides presentes no sedimento superficial em função do pH, condutividade (Cond. $\mu\text{S cm}^{-1}$), nitrogênio total (NT $\mu\text{g L}^{-1}$) e fósforo total (PT $\mu\text{g L}^{-1}$). * Ótimo calculado a partir da comunidade fitoplanctônica.

Código	Ótimo ambiental				Tolerância Ambiental			
	pH	Cond.	NT	PT	pH	Cond.	NT	PT
FAQU	6,9	76,0	989,5	41,3	0,5	30,0	503,2	23,4
FBIL	6,5	52,2	510,3	39,7	0,4	25,7	261,3	39,6
FCRO	6,7	113,5	844,8	41,8	0,5	111,9	675,2	34,6
FFRA	7,2	104,7	883,8	42,9	0,5	71,2	448,0	42,3
FGRA	7,7	105,6	1182,1	68,6	0,5	24,3	363,5	54,6
FGR2	6,5	94,6	746,9	39,6	0,2	110,6	821,6	35,1
FGRU	6,8	54,3	417,7	15,0	0,5	28,9	214,3	7,1
FLFU	6,6	60,1	523,0	28,2	0,4	26,8	181,6	9,6
FNEO	6,4	19,1	251,5	13,6	0,3	8,6	74,8	3,1
SRFA	7,3	119,8	886,8	62,8	1,2	114,6	713,4	73,5
FPEC	6,7	55,2	421,6	17,0	0,4	27,9	153,9	9,9
FSOC	7,4	116,2	1367,9	74,6	0,7	101,4	1293,1	82,8
FSPE	6,6	60,1	531,4	31,2	0,4	48,6	286,6	13,5
FTEN	7,1	80,8	620,8	26,1	0,5	49,9	336,7	26,6
FSP.1	6,4	37,9	267,5	10,7	0,2	5,3	79,1	1,8
FSP.2	6,5	41,9	369,2	13,6	0,2	9,1	202,3	4,9
FSP.3*	6,8	68,9	821,5	34,4	0,7	65,4	1110,3	38,3
FSP.4	6,6	247,3	1571,4	85,2	0,3	144,3	811,2	39,2
FSP.5	6,6	34,8	206,5	11,8	0,5	31,6	277,3	5,5
FSP.6	7,7	107,5	1275,0	74,7	0,3	16,8	224,0	58,6
UACU	6,9	116,8	902,1	41,2	0,4	111,0	723,9	32,7
UDEL*	7,1	88,6	1052,2	58,2	0,7	52,1	497,8	44,3
UULN	7,2	103,4	907,7	53,0	0,7	84,2	599,5	50,4

Anexo 2. Distribuição do ótimo ecológico e das tolerâncias ambientais das espécies de diatomáceas fragilarióides presentes em função do pH, condutividade (Conductivity $\mu\text{S cm}^{-1}$), nitrogênio total (TN $\mu\text{g L}^{-1}$) e fósforo total (TP $\mu\text{g L}^{-1}$). As linhas verticais para o gradiente de fósforo delimitam ambientes oligotróficos (até 19), mesotróficos (> 19 até 52), eutróficos (> 52 até 120) e supereutróficos ($\geq 120 \mu\text{g L}^{-1}$).



ANEXO 3

PRANCHAS DAS ESPÉCIES DE *FRAGILARIA*,
SYNEDRA E *ULNARIA* QUE OCORRERAM NAS
AMOSTRAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

PRANCHA 1

Figuras 1-28. *Fragilaria* cf. *aquapilus*

1-13. ML: População obtida a partir de amostras de sedimento superficial.

14-20. ML: População obtida a partir de amostras perifíticas.

21. ML: Células agrupadas com 3 indivíduos obtidas a partir em amostras perifíticas.

22. MEV: Valvas em vista externa e interna obtidas a partir de amostras de sedimento superficial.

23. MEV: Vista externa do ápice sem rimopórtula.

24. MEV: Vista externa da área central limitada por estrias encurtadas.

25. MEV: Vista externa do ápice com rimopórtula.

26. MEV: Vista interna do ápice com rimopórtula.

27. MEV: Vista interna da área central.

28. MEV: Vista interna do ápice sem rimopórtula.

25, 26. MEV: Campo de poros apical formado por diversos poróides (setas).

Escala: 10 μ m (exceto quando indicado)

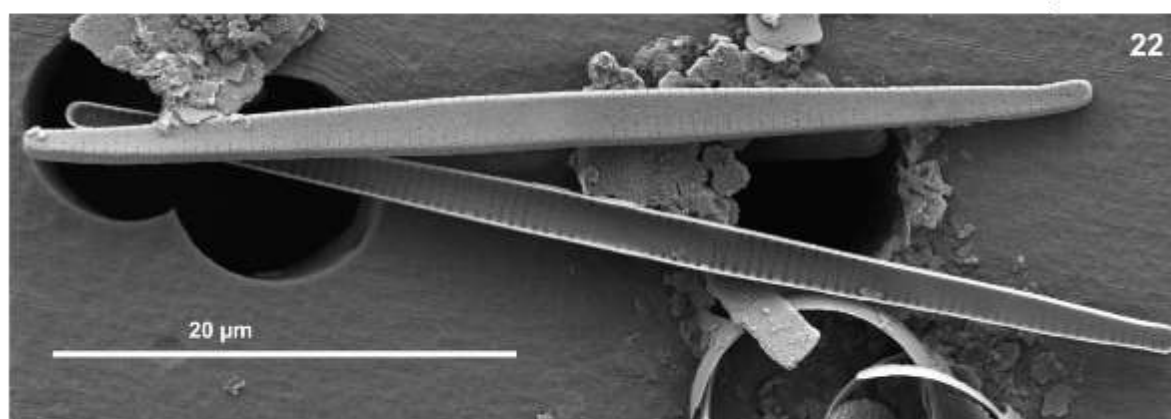
PRANCHA 1



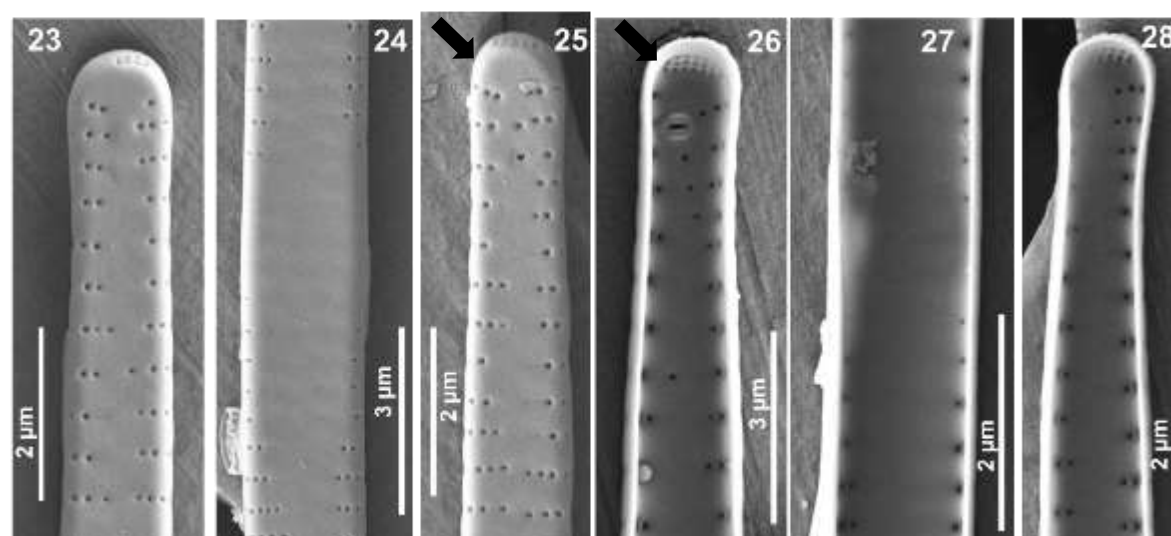
1-13

14-20

21



22



23

24

25

26

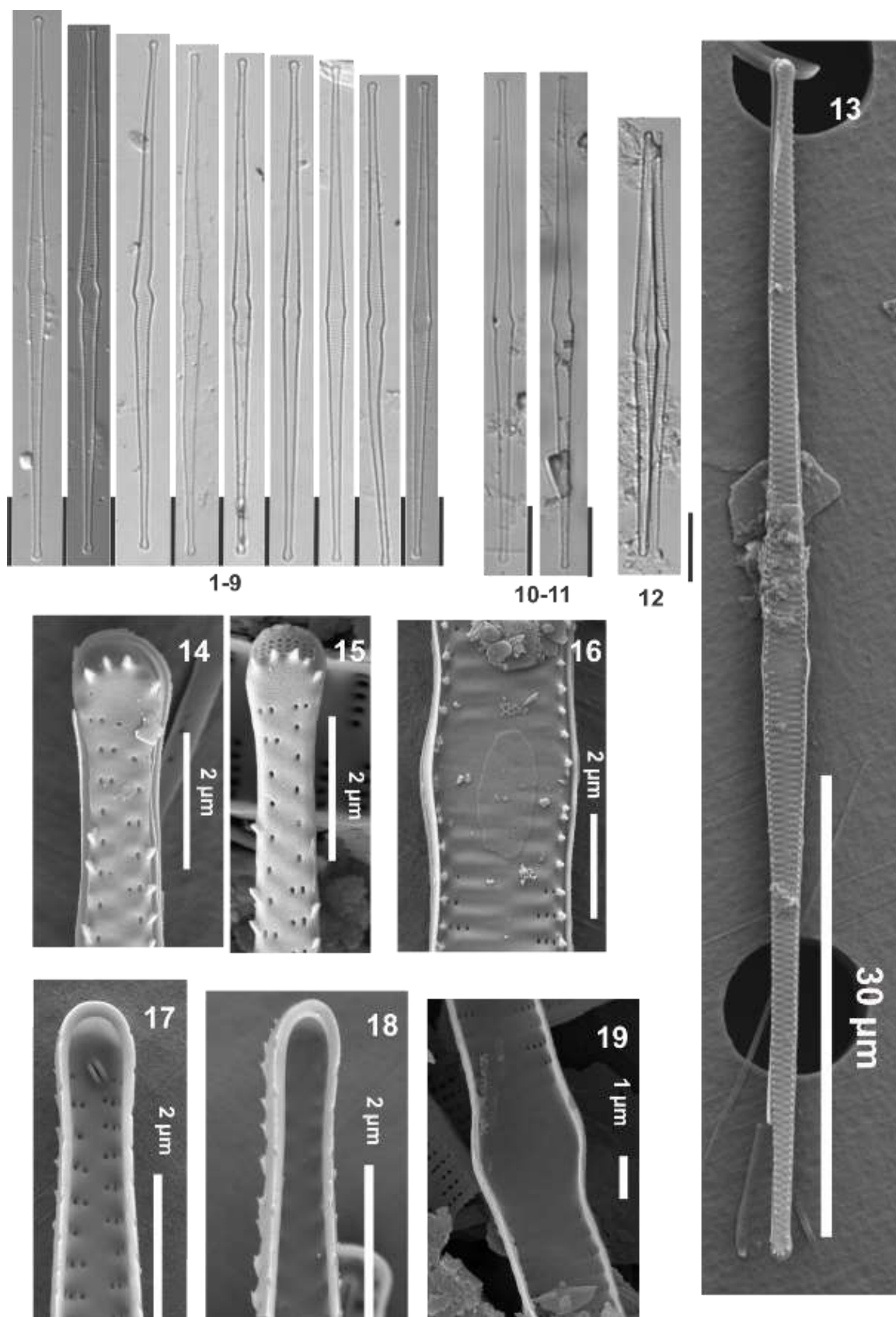
27

28

Figuras 1-19. *Fragilaria billingsii*

- 1-9. ML: População obtida a partir de amostras de perifíton.
- 10, 11. ML: População obtida a partir de amostras de sedimento superficial.
12. ML: Células agrupadas com 2 indivíduos obtidas a partir de sedimento superficial.
13. MEV: Frústula em vista externa obtida a partir de amostras de perifíton.
14. MEV: Vista externa do ápice com rimopórtula com espinhos piramidais.
15. MEV: Vista externa do ápice sem rimopórtula com espinhos piramidais.
16. MEV: Vista externa da área central com espinhos piramidais e estrias fantasmas.
17. MEV: Vista interna do ápice com rimopórtula.
18. MEV: Vista interna do ápice sem rimopórtula.
19. MEV: Vista interna da área central com deformidade

Escala: 10 µm (exceto quando indicado)



Figuras 1-23. *Fragilaria capucina*

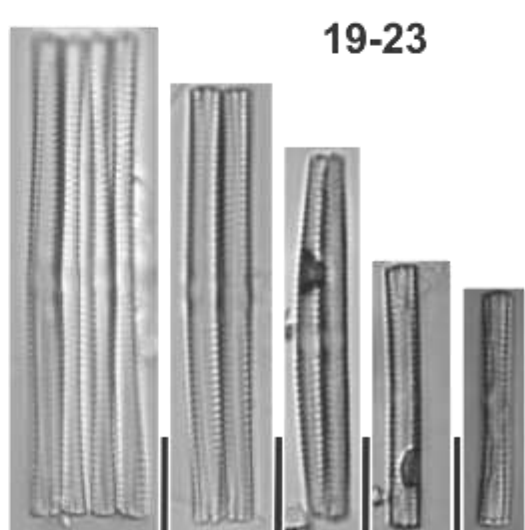
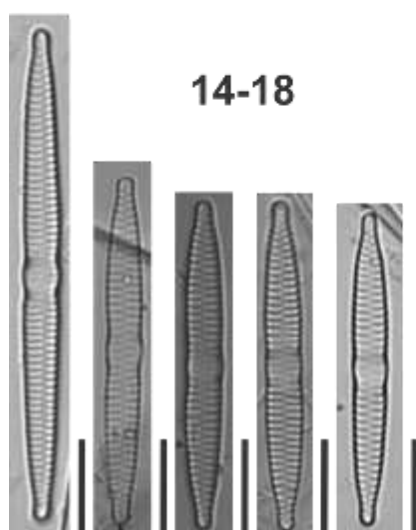
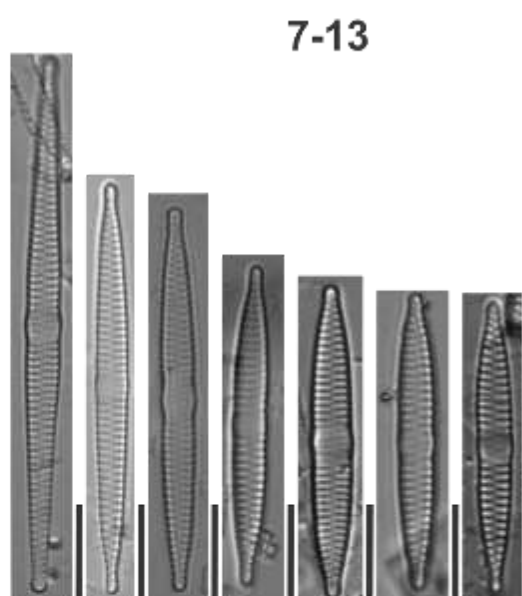
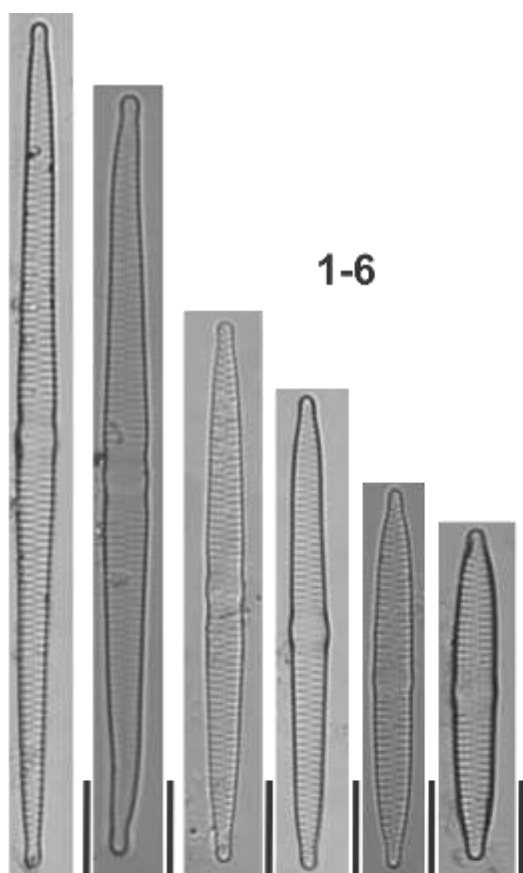
1-6. ML: População obtida a partir de amostras perifíticas.

7-13. ML: População obtida a partir de amostras de sedimento superficial.

14-18. ML: População obtida a partir de amostras perifíticas.

19-23. ML: Frústulas em vista conectival, colônias de no máximo 4 indivíduos.

Escala: 10 μ m (exceto quando indicado)

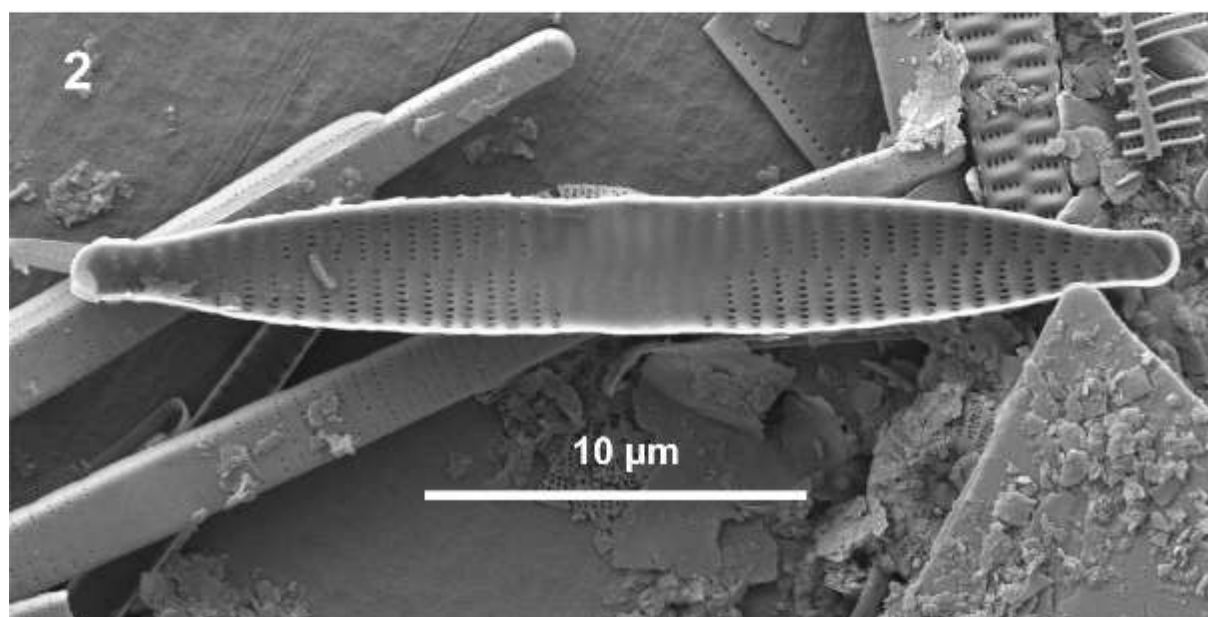
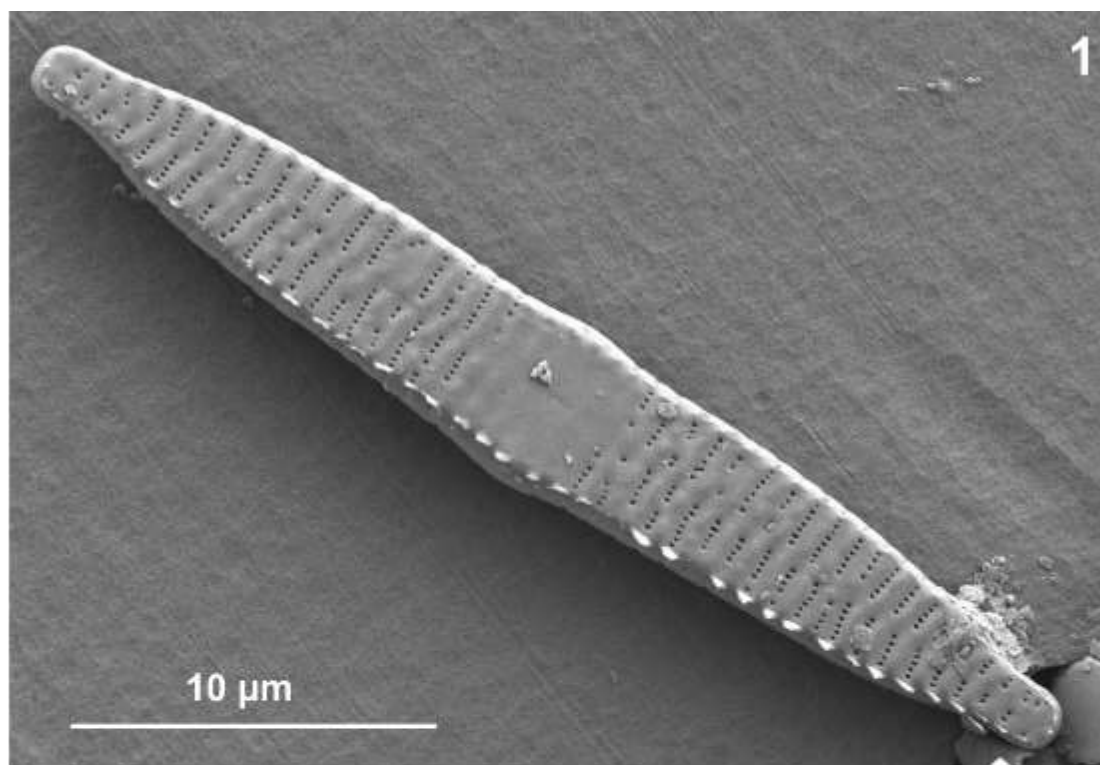


PRANCHA 4

Figuras 1-2. *Fragilaria capucina*

1. MEV: Valva em vista externa com área central expandida e espinhos interrompendo as estrias
2. MEV: Valva em vista interna com aréolas internamente alongadas.

Escala: 10 μ m

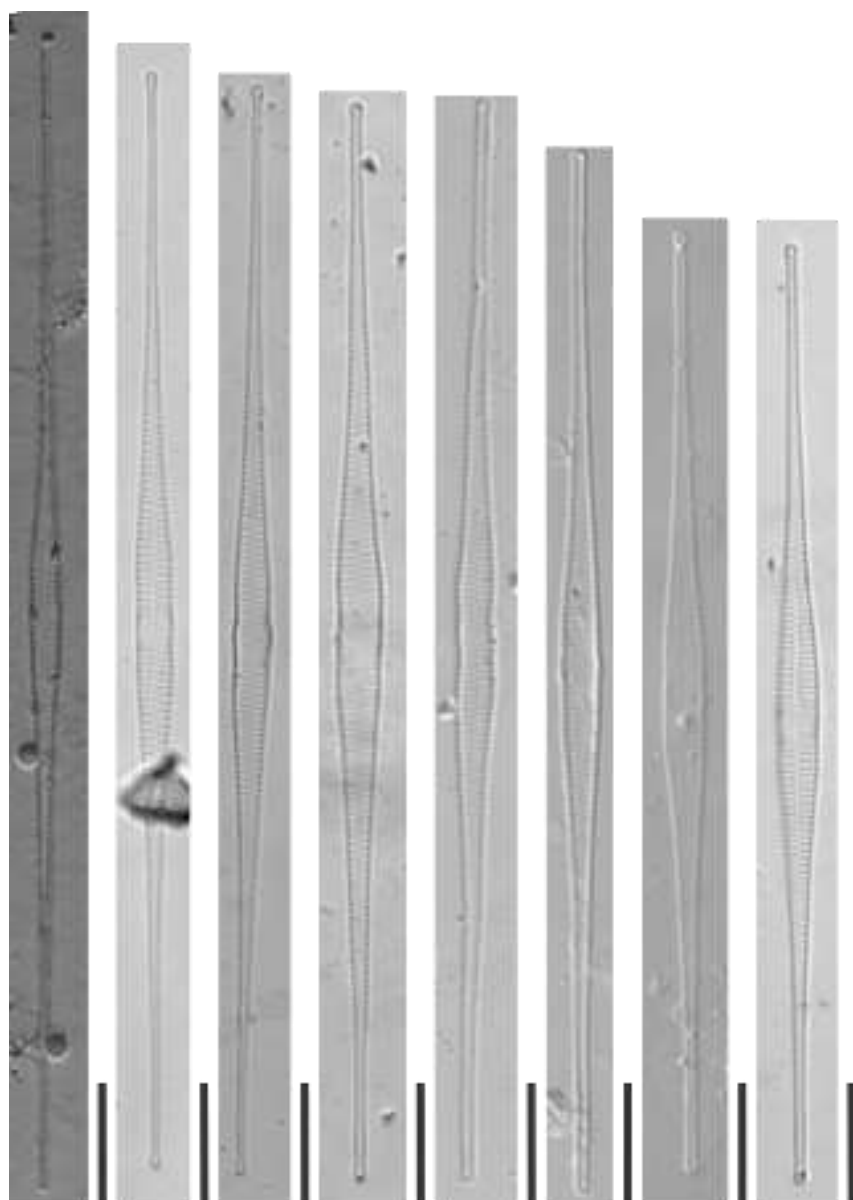


PRANCHA 5

Figuras 1-8. *Fragilaria crotonensis*

1-8. ML: População obtida a partir de amostras perifíticas.

Escala: 10 μm (exceto quando indicado)



1-8

Figuras 1-20. *Fragilaria fragilarioides*

1-12. ML: População obtida a partir de amostras de sedimento superficial.

13. MEV: Valva em vista interna obtida a partir de amostras de perifíton.

14. MEV: Vista externa do ápice com rimopórtula e campo de poros apical.

15. MEV: Vista externa do ápice sem rimopórtula com espinhos piramidais em toda margem valvar.

16. MEV: Vista externa da área central com espinhos interrompendo as estrias e estrias fantasmas.

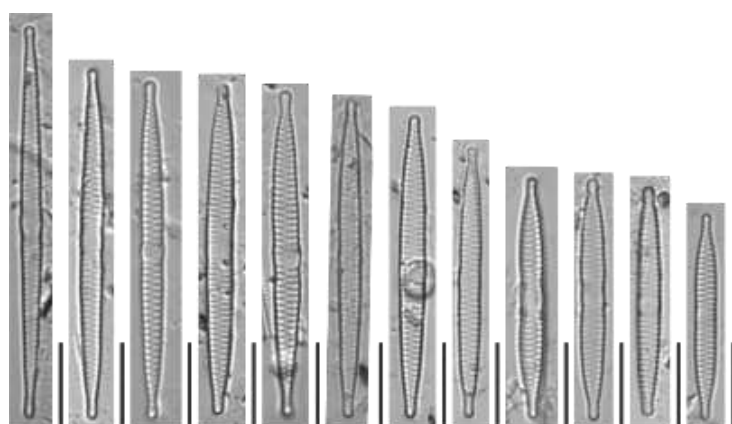
17. MEV: Vista interna do ápice com rimopórtula.

18. MEV: Vista interna do ápice sem rimopórtula.

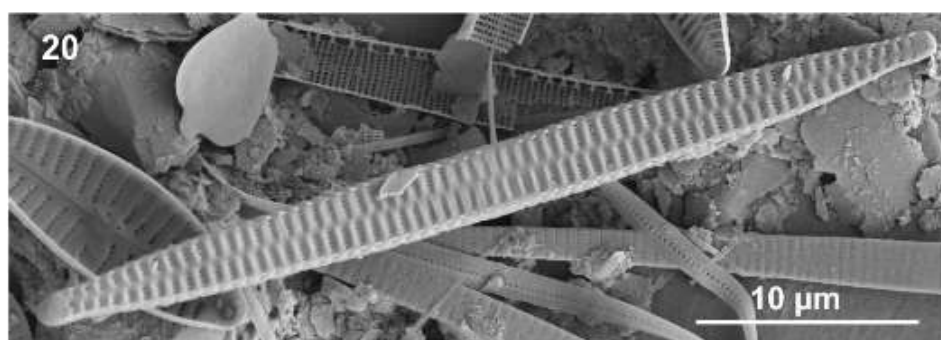
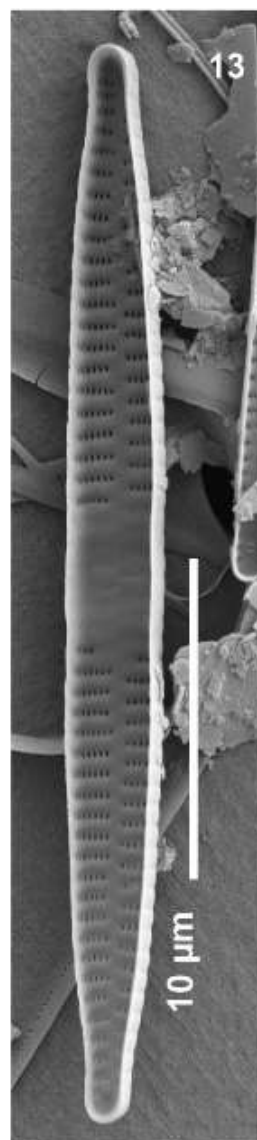
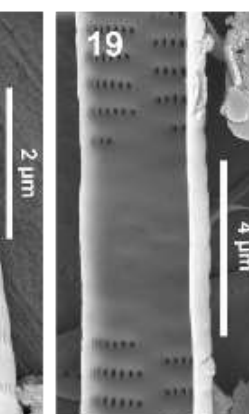
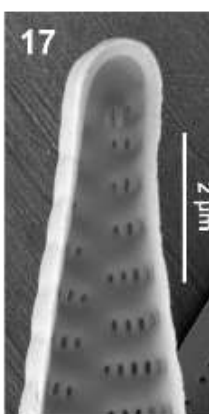
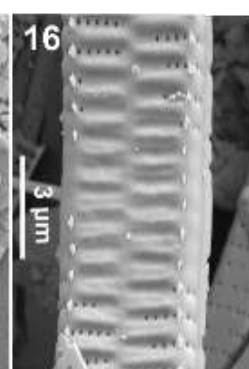
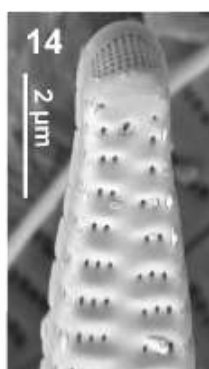
19. MEV: Vista interna da área central.

20. MEV: Valva em vista externa obtida a partir de amostras de sedimento superficial.

Escala: 10 µm (exceto quando indicado)



1-12



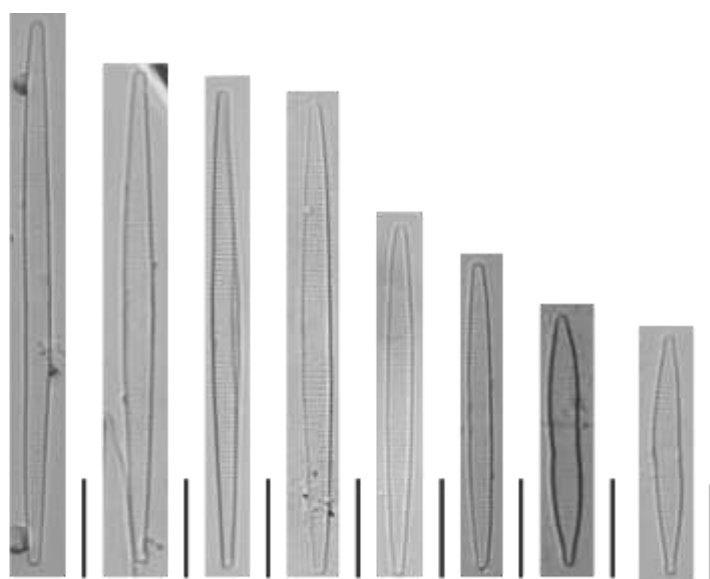
PRANCHA 7

Figuras 1-9. *Fragilaria gracilis*

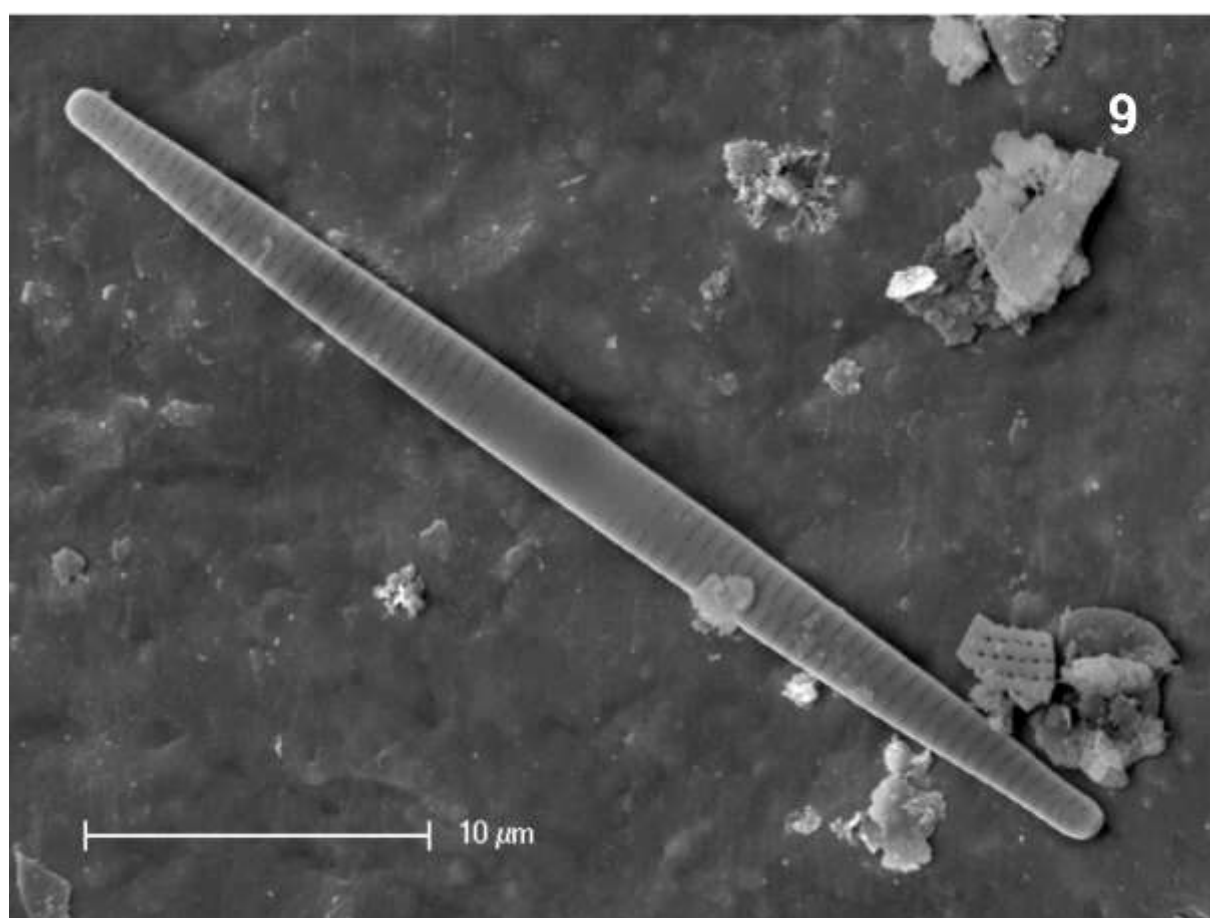
1-8. ML: População obtida a partir de amostras de sedimento superficial.

9. MEV: Valva em vista externa obtida a partir de amostras de sedimento superficial.

Escala: 10 μm (exceto quando indicado)

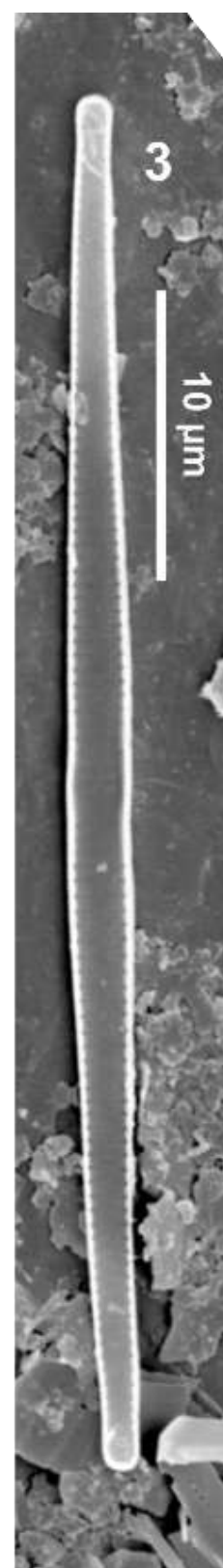
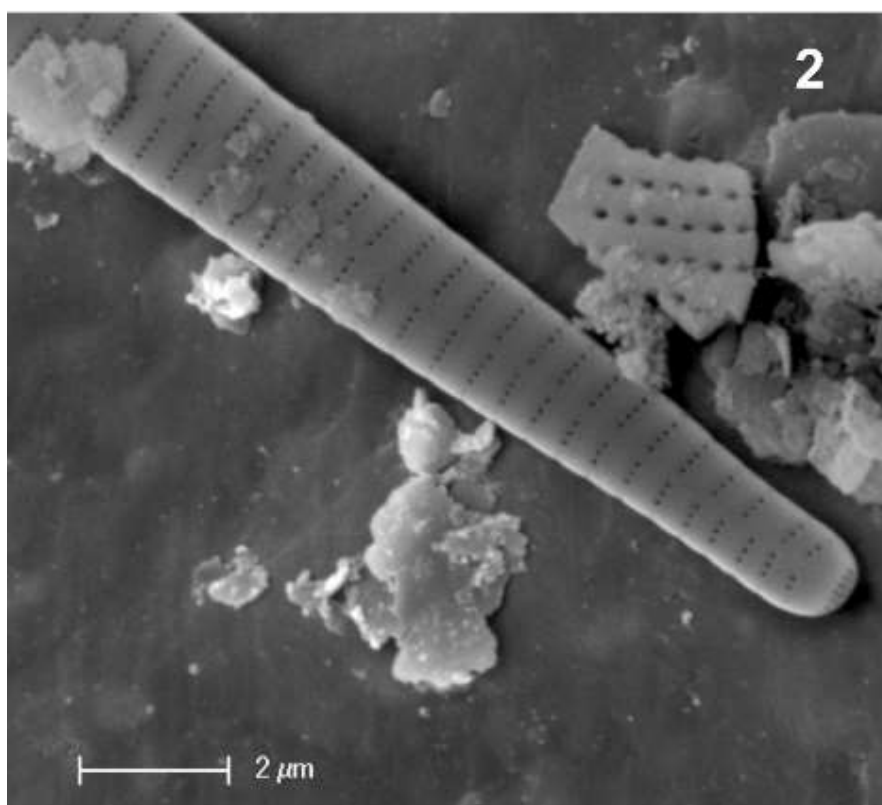
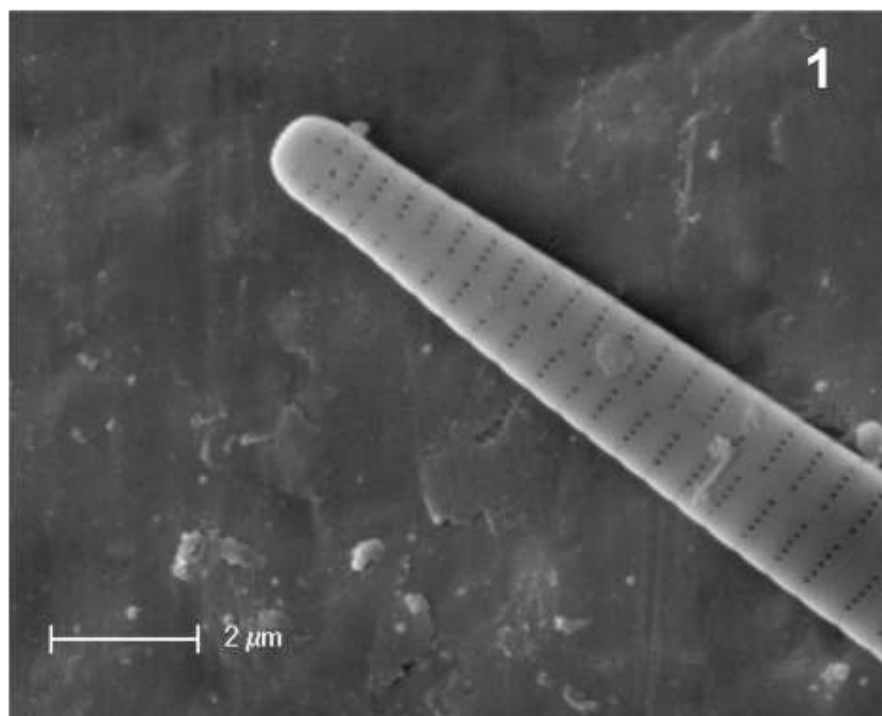


1-8



Figuras 1-3. *Fragilaria gracilis*

1. MEV: Vista externa do ápice com rimopórtula
2. MEV: Vista externa do ápice sem rimopórtula e campo de poros apical.
3. MEV: Valva em vista interna obtida a partir de amostras de sedimento superficial.



Figuras 1-5. *Fragilaria* cf. *gracilis*

Figuras 6-12. *Fragilaria grunowii*

1-5. ML: População obtida a partir de amostras de sedimento superficial.

6-8. ML: População obtida a partir de amostras de sedimento superficial.

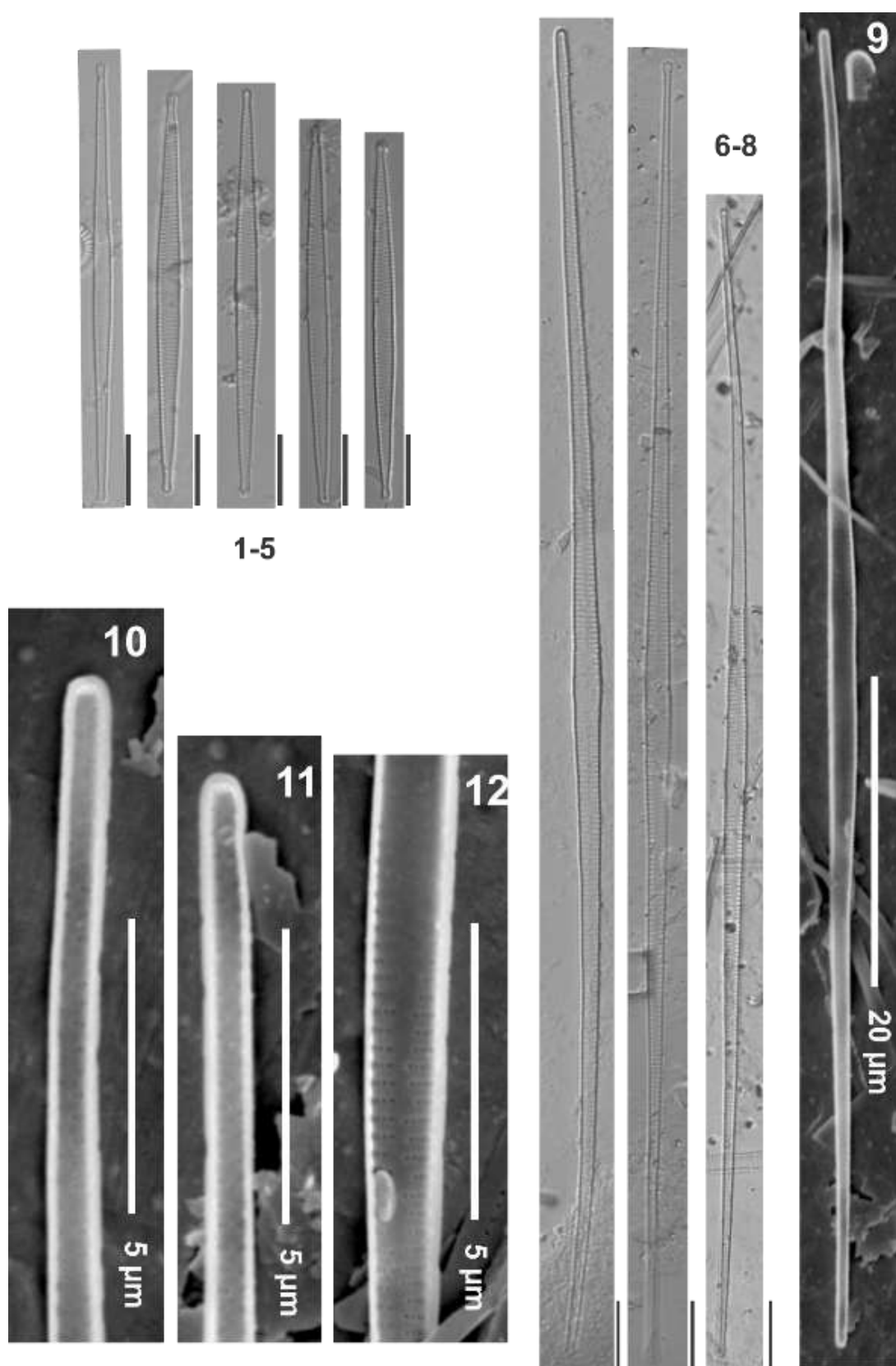
9. MEV: Valva em vista interna obtida a partir de amostras de sedimento superficial.

10. MEV: Vista interna do ápice sem rimopórtula.

11. MEV: Vista interna do ápice com rimopórtula.

12. MEV: Vista interna da área central.

Escala: 10 μ m (exceto quando indicado)



Figuras 1-15. *Fragilaria longifusiformis*

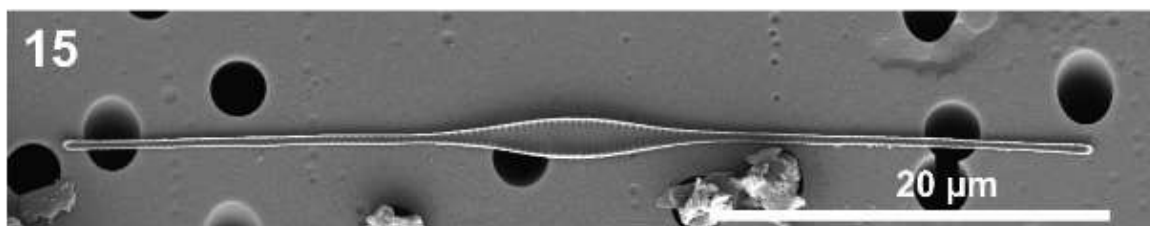
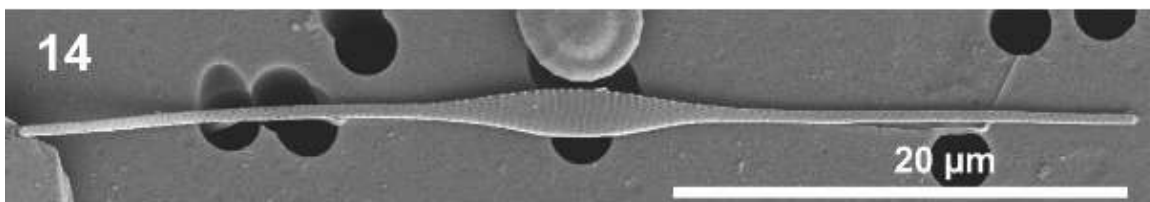
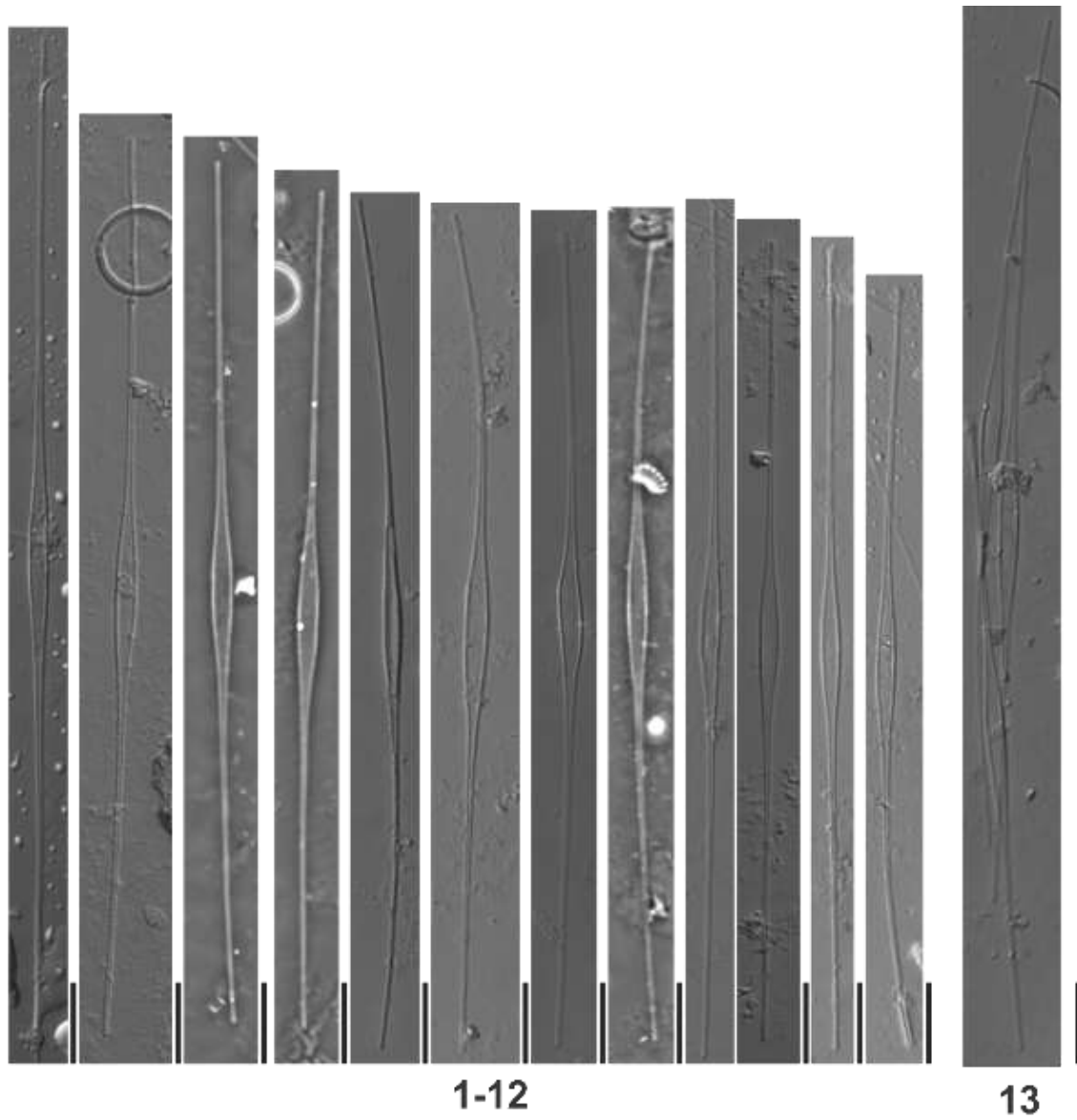
1-12. ML: População obtida a partir de amostras de sedimento superficial.

13. ML: Colônia de 3 indivíduos unidos pela área central.

14. MEV: Valva em vista externa obtida a partir de amostras de perifíton.

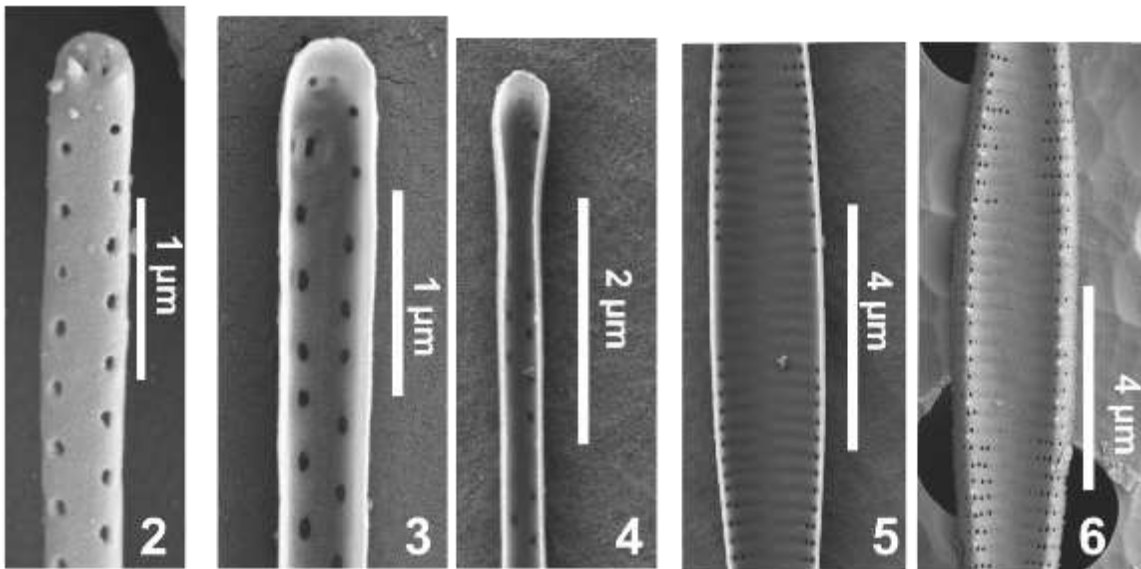
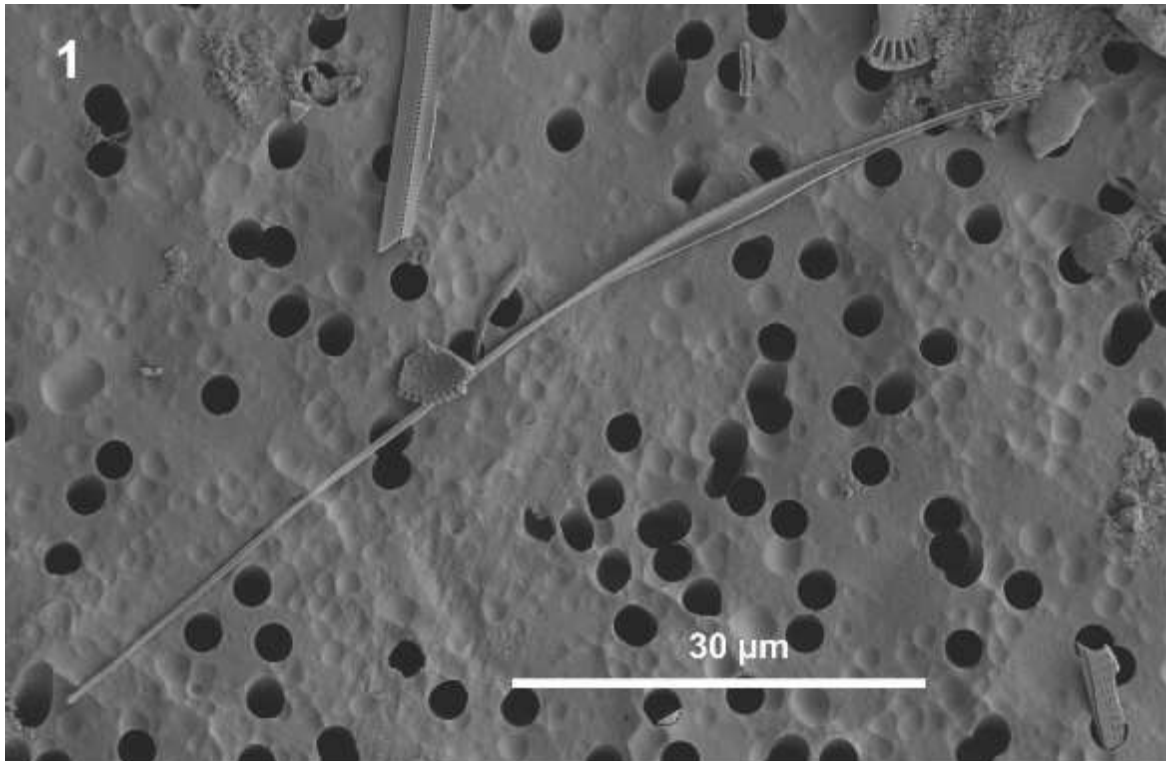
15. MEV: Valva em vista interna obtida a partir de amostras de perifíton.

Escala: 10 μ m (exceto quando indicado)



Figuras 1-6. *Fragilaria longifusiformis*

1. MEV: Valva em vista lateral obtida a partir de amostras de perifíton.
2. MEV: Vista externa do ápice sem rimopórtula com espinhos no ápice.
3. MEV: Vista interna do ápice com rimopórtula.
4. MEV: Vista interna do ápice sem rimopórtula.
5. MEV: Vista interna da área central com estrias fantasmas.
6. MEV: Vista externa da área central com espinhos entre as estrias.



Figuras 1-6. *Fragilaria microvaucheriae*

Figuras 7-29. *Fragilaria neotropica*

1-6. ML: População obtida a partir de amostras de fitoplâncton.

7-17, 21-23. ML: População obtida a partir de amostras de sedimento superficial.

18-20. ML: População obtida a partir de amostras perifíticas.

24. MEV: Vista externa do ápice com rimopórtula com espinhos no ápice.

25. MEV: Vista externa do ápice sem rimopórtula com campo de poros apical.

26. MEV: Vista interna do ápice sem rimopórtula.

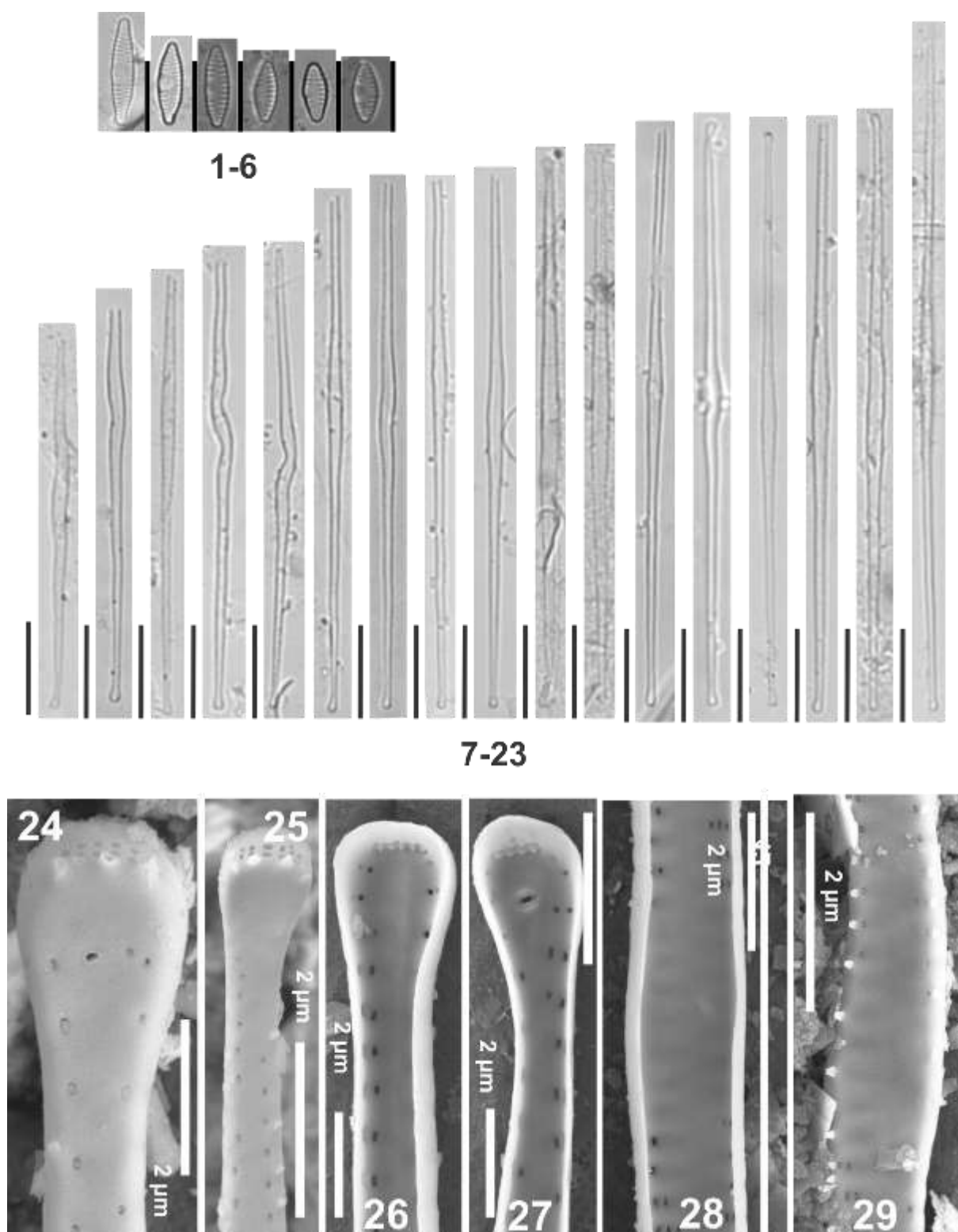
27. MEV: Vista interna do ápice com rimopórtula.

28. MEV: Vista interna da área central com deformidade.

29. MEV: Vista externa da área central limitada por estrias encurtadas.

7-29: Figuras extraídas de Almeida *et al.* 2016 (Capítulo 4).

Escala: 10 μ m (exceto quando indicado)



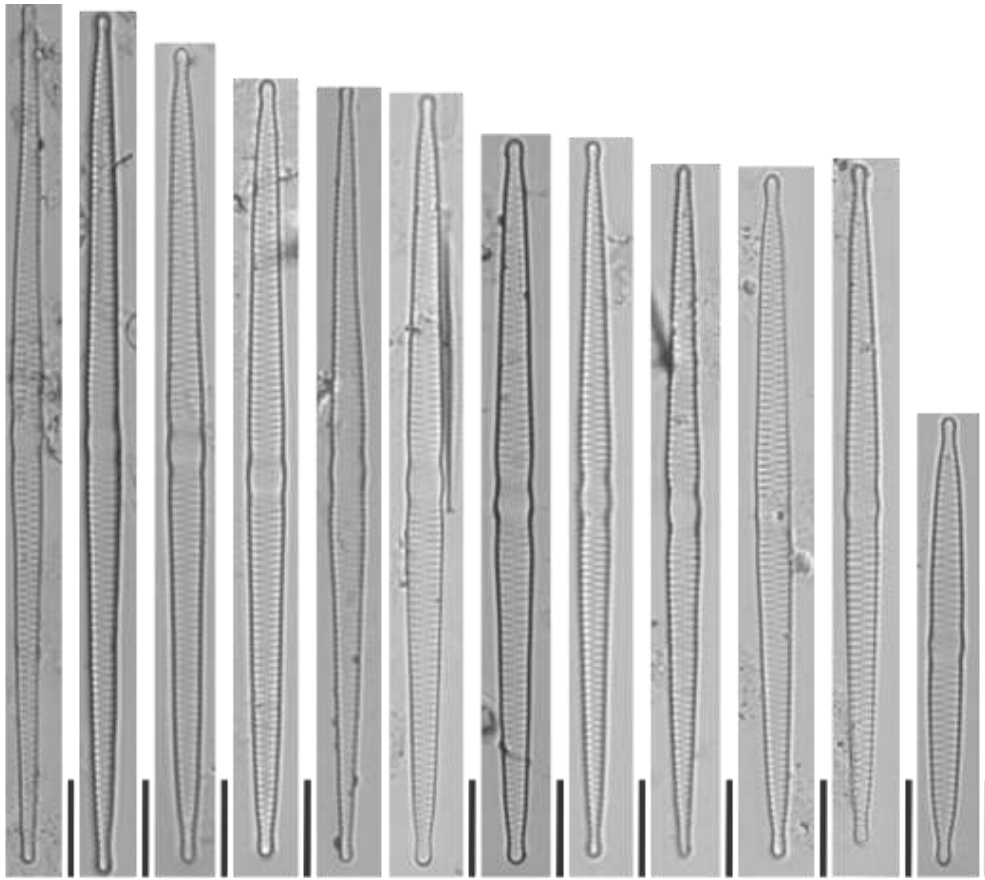
PRANCHA 13

Figuras 1-13. *Fragilaria parva*

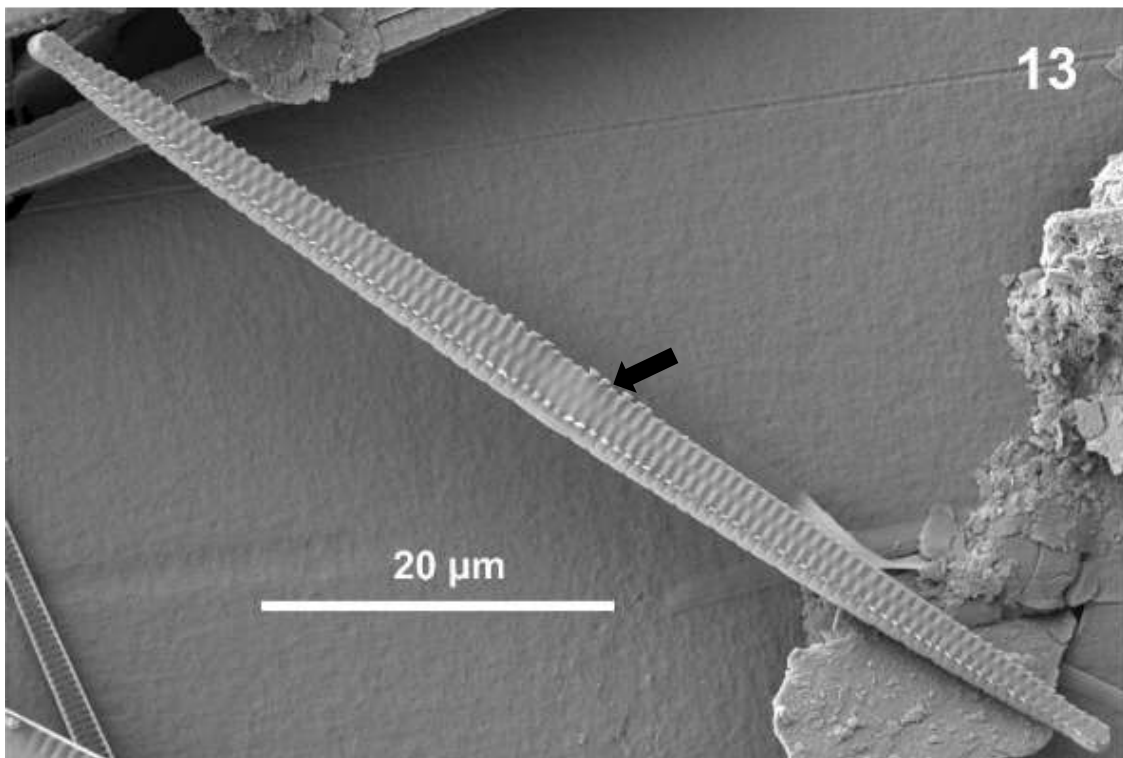
1-12. ML: População obtida a partir de amostras de sedimento superficial.

13. MEV: Valva em vista externa com espinhos de ligação na área central (seta).

Escala: 10 μm (exceto quando indicado)

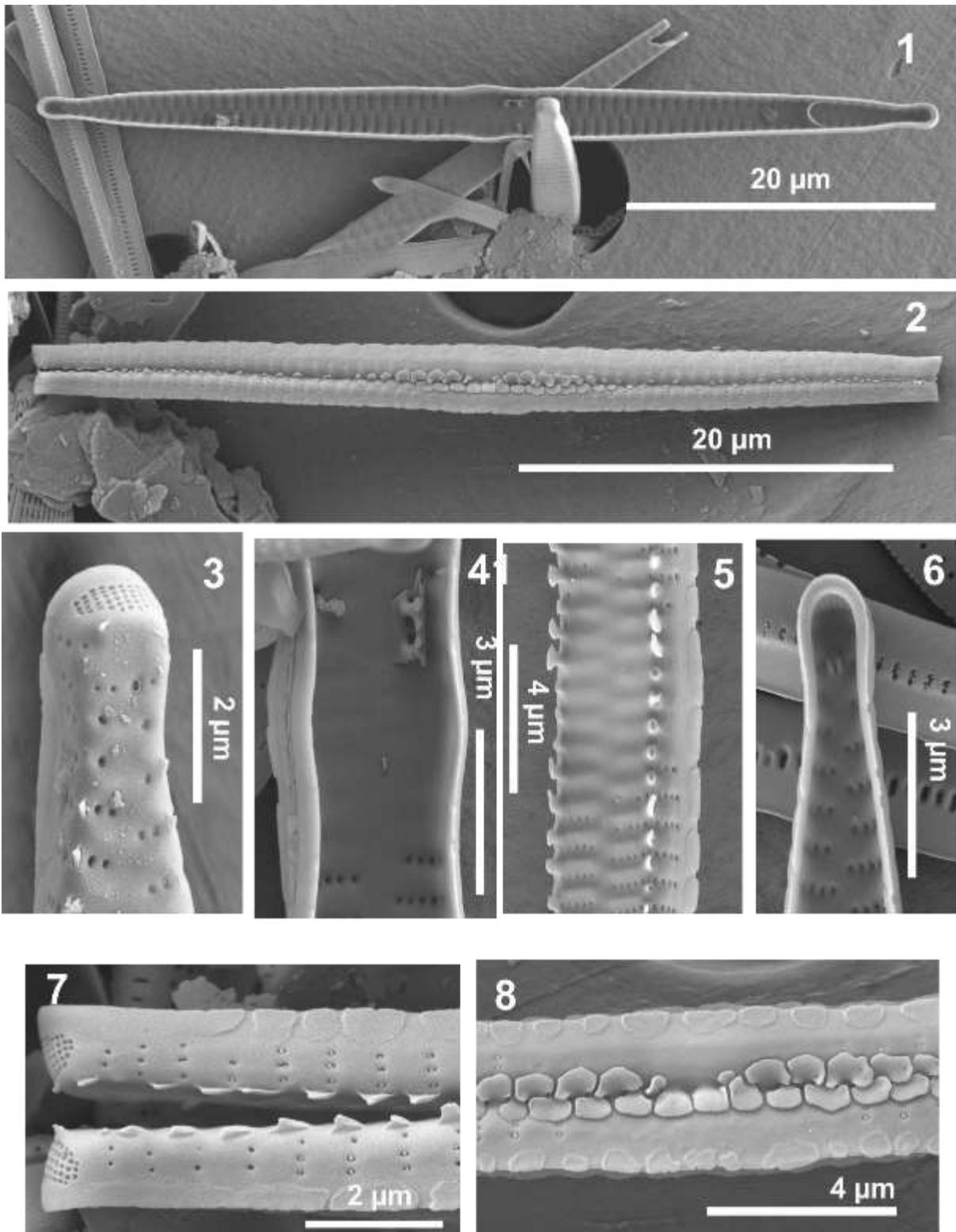


1-12



Figuras 1-8. *Fragilaria parva*

1. MEV: Valva em vista interna amostra obtida a partir de material perifítico.
2. MEV: Frústula em vista conectival mostrando espinhos de ligação no centro da valva e de conexão em direção aos ápices.
3. MEV: Vista externa do ápice com rimopórtula e campo de poros apical.
4. MEV: Vista interna da área central.
5. MEV: Vista externa da área central com espinhos de ligação.
6. MEV: Vista interna do ápice com rimopórtula.
7. MEV: Vista conectival dos ápices com espinhos de conexão.
8. MEV: Vista conectival da área central com espinhos de ligação.



Figuras 1-23. *Fragilaria pectinalis*

1-17. ML: População obtida a partir de amostras de sedimento superficial.

18. ML: Frústulas em vista conectival com 2 indivíduos.

19. MEV: Frústulas em vista externa.

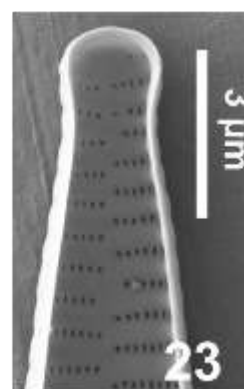
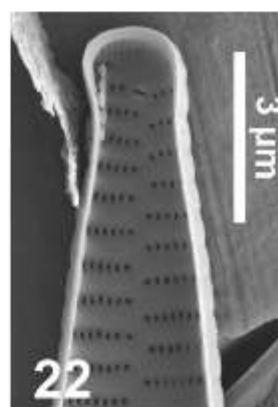
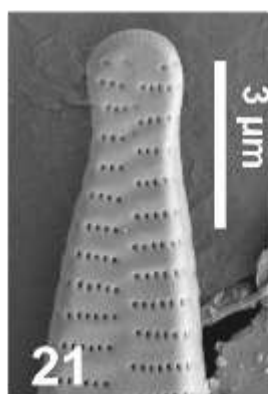
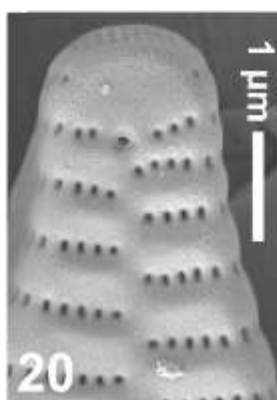
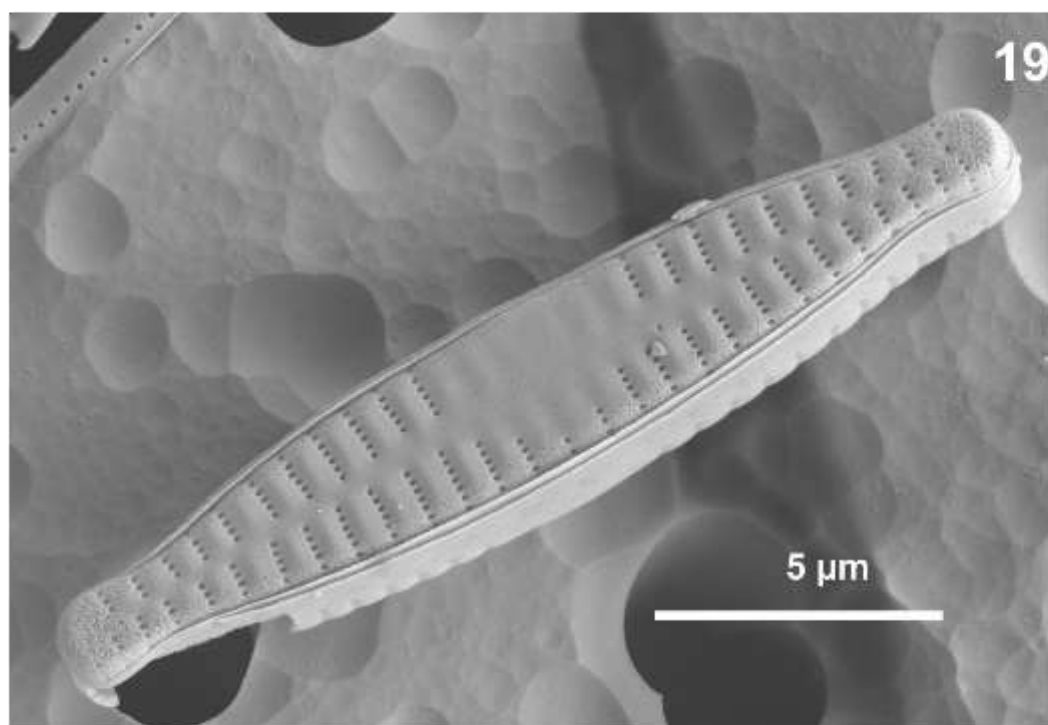
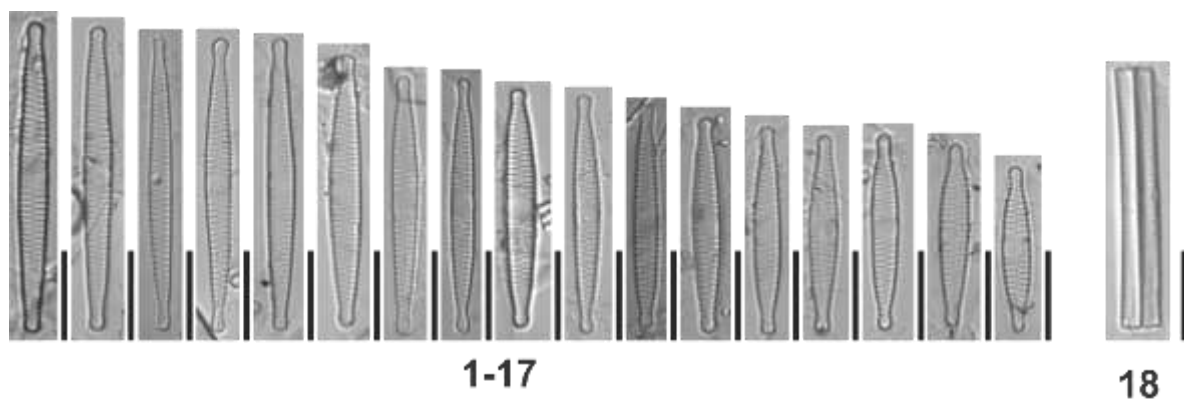
20. MEV: Vista externa do ápice com rimopórtula e campo de poros apical.

21. MEV: Vista externa do ápice sem rimopórtula.

22. MEV: Vista interna do ápice com rimopórtula e campo de poros apical.

23. MEV: Vista interna do ápice sem rimopórtula.

Escala: 10 μm (exceto quando indicado)



Figuras 1-12. *Fragilaria perminuta*

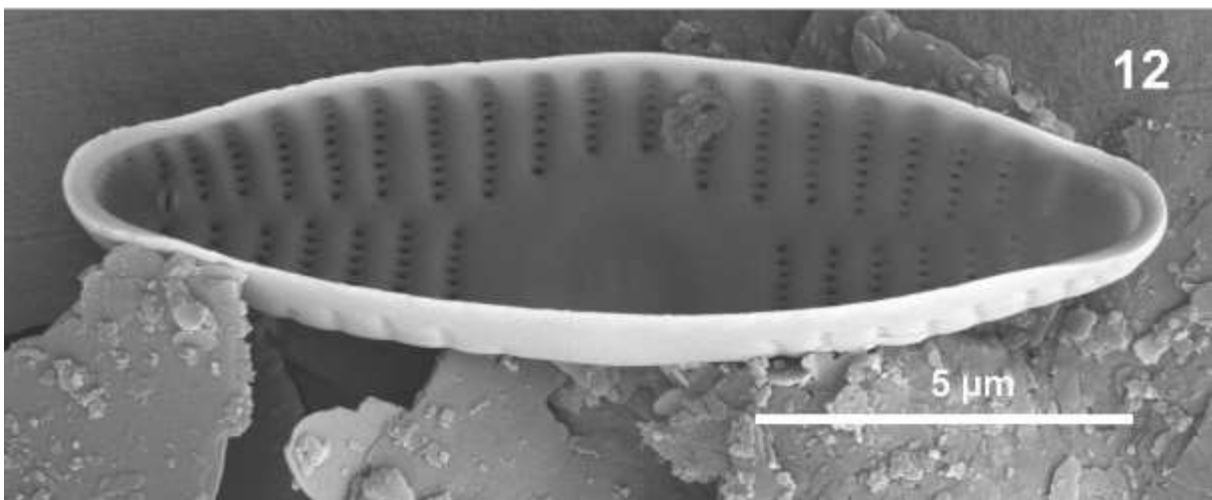
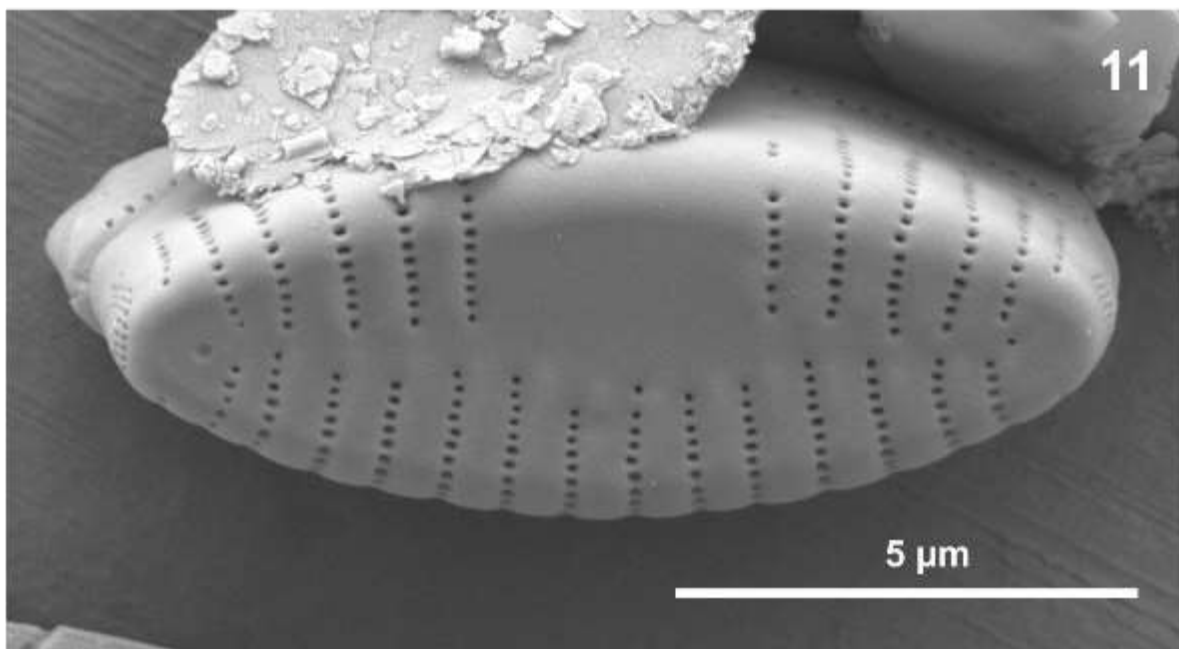
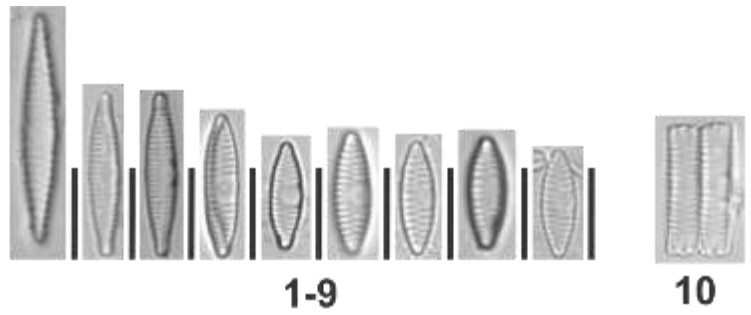
1-9. ML: População obtida a partir de amostras de fitoplâncton.

10. ML: Frústulas em vista conectival com 2 indivíduos.

11. MEV: Valva em vista externa com área central unilateral.

12. MEV: Valva em vista interna com uma rimopórtula por valva.

Escala: 10 μ m (exceto quando indicado)



Figuras 1-14. *Fragilaria recapitellata*

1-9. ML: População obtida a partir de amostras de sedimento superficial.

10. ML: Frústulas em vista conectival com 2 indivíduos.

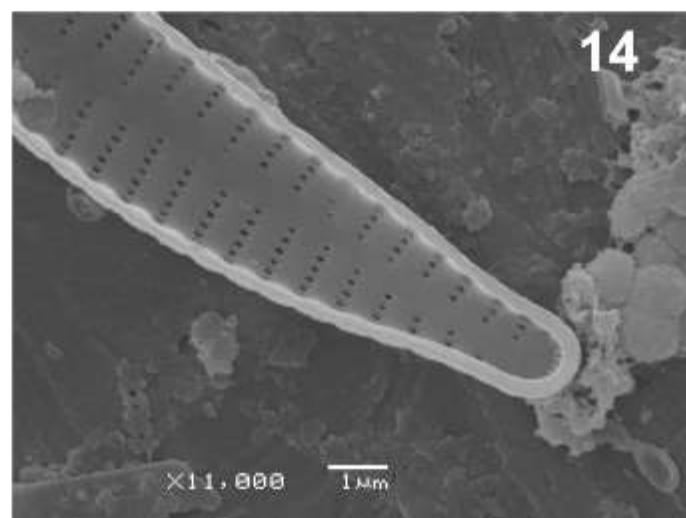
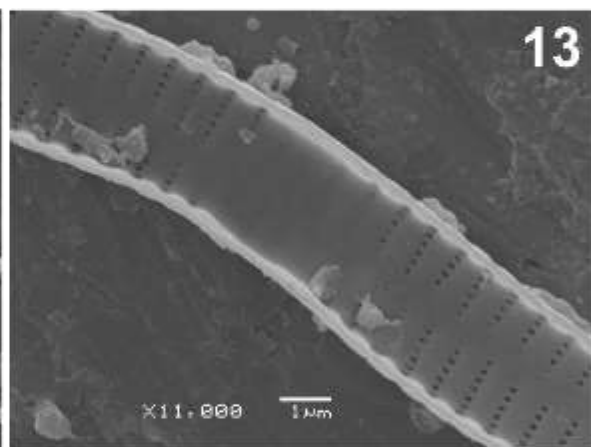
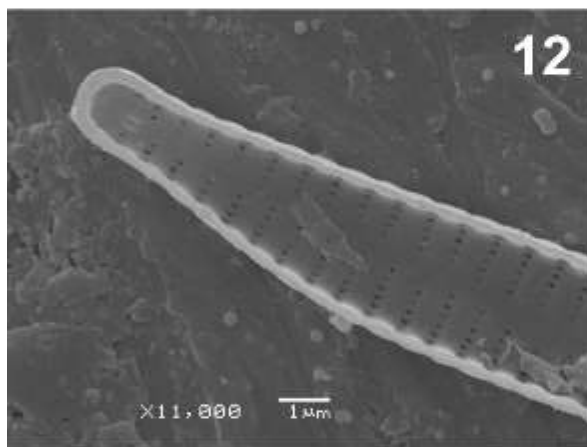
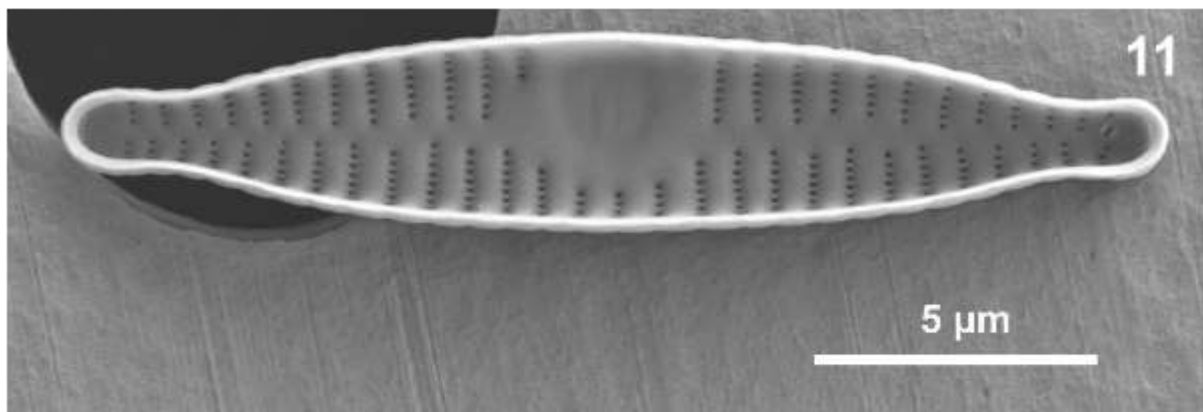
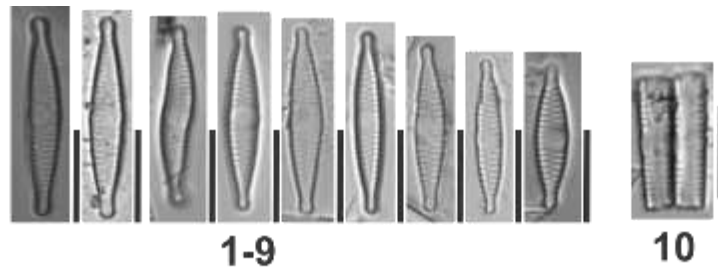
11. MEV: Valva em vista interna com área central unilateral e uma rimoportula por valva.

12. MEV: Ápice em vista interna com uma rimopórtula em valva deformada.

13. MEV: Área central em vista interna com deformidade.

14. MEV: Ápice em vista interna sem rimopórtula.

Escala: 10 μ m (exceto quando indicado)



Figuras 1-11. *Fragilaria rumpens*

1-7. ML: População obtida a partir de amostras de fitoplâncton.

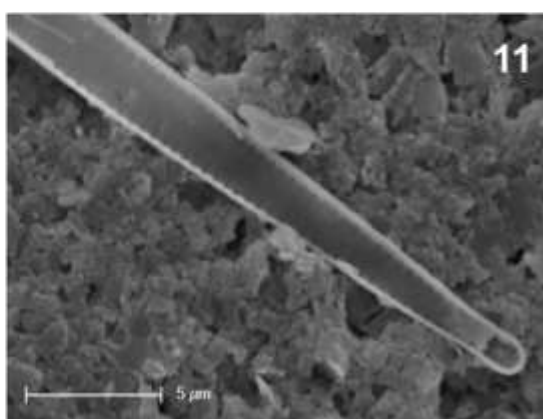
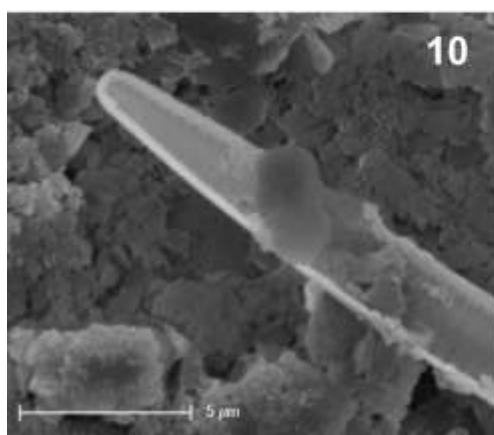
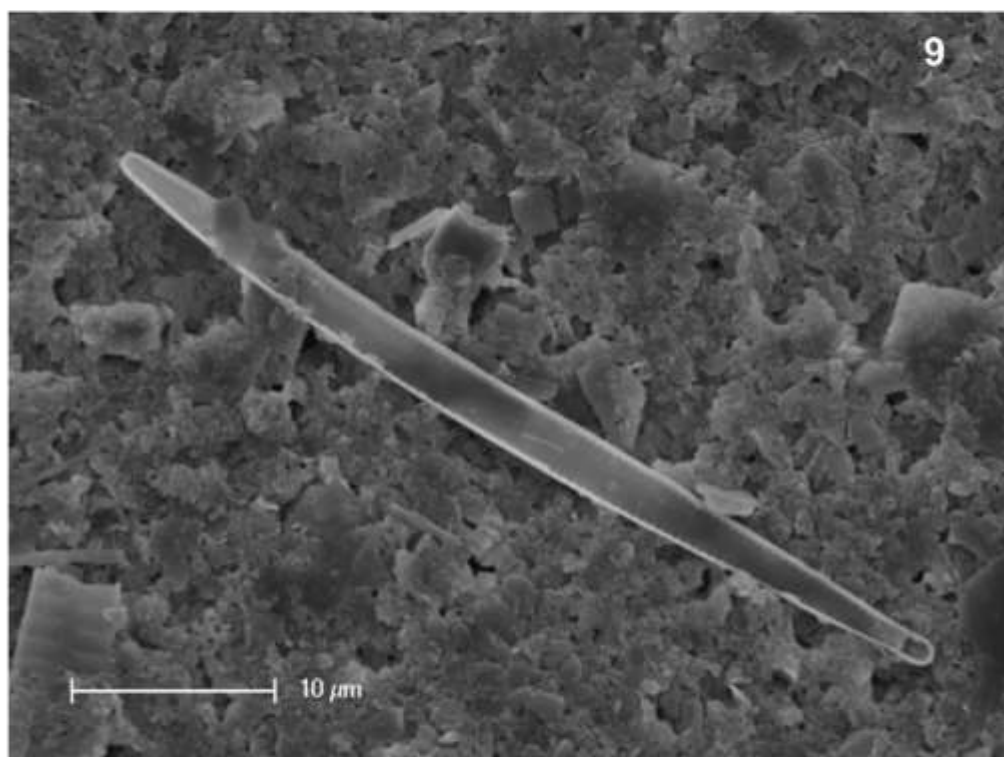
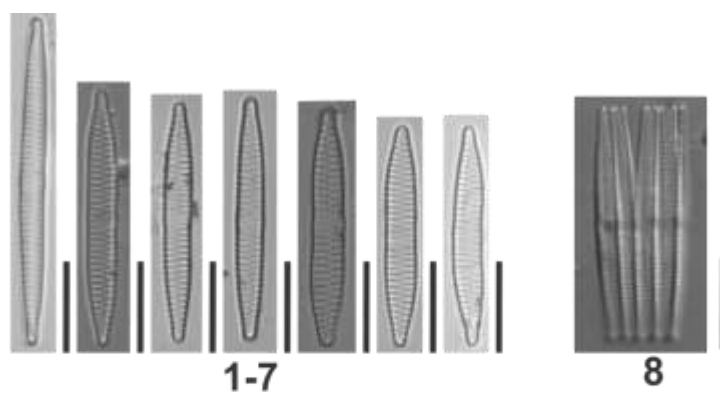
8. ML: Frústulas em colônias com 5 indivíduos.

9. MEV: Valva em vista interna com área central e uma rimoportula por valva.

10. MEV: Ápice em vista interna sem rimopórtula.

11. MEV: Ápice em vista interna com uma rimopórtula em valva deformada.

Escala: 10 μ m (exceto quando indicado)

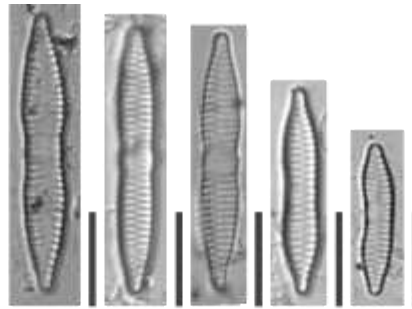


Figuras 1-6. *Fragilaria socia*

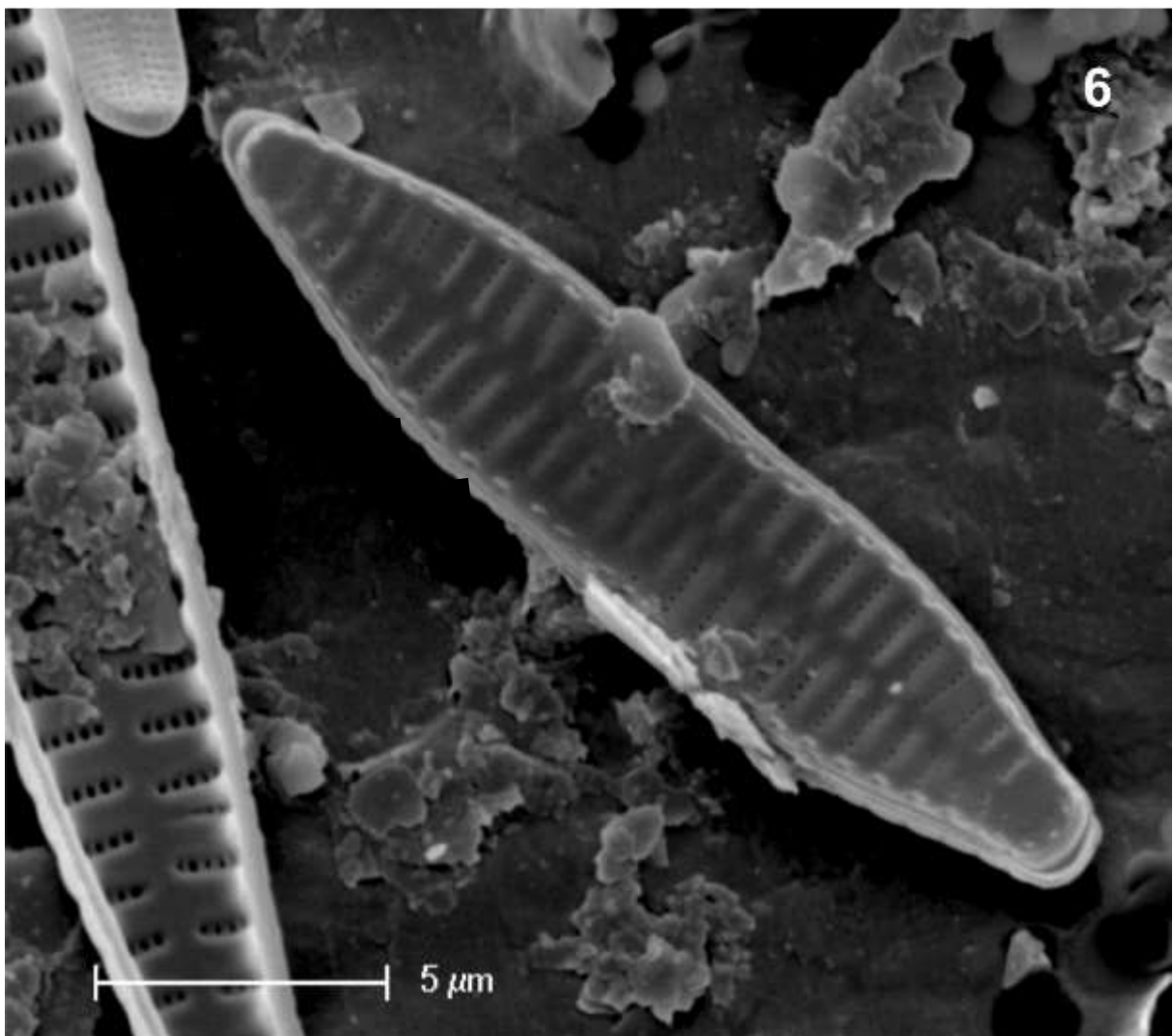
1-5. ML: População obtida a partir de amostras de sedimento superficial.

6. MEV: Valva em vista externa com espinhos interrompendo as estrias (setas).

Escala: 10 μm (exceto quando indicado)



1-5



Figuras 1-19. *Fragilaria spectra*

1-7. ML: População obtida a partir de amostras de fitoplâncton.

8-13. ML: População obtida a partir de amostras de perifíton.

14. MEV: Valva em vista externa mostrando área central expandida.

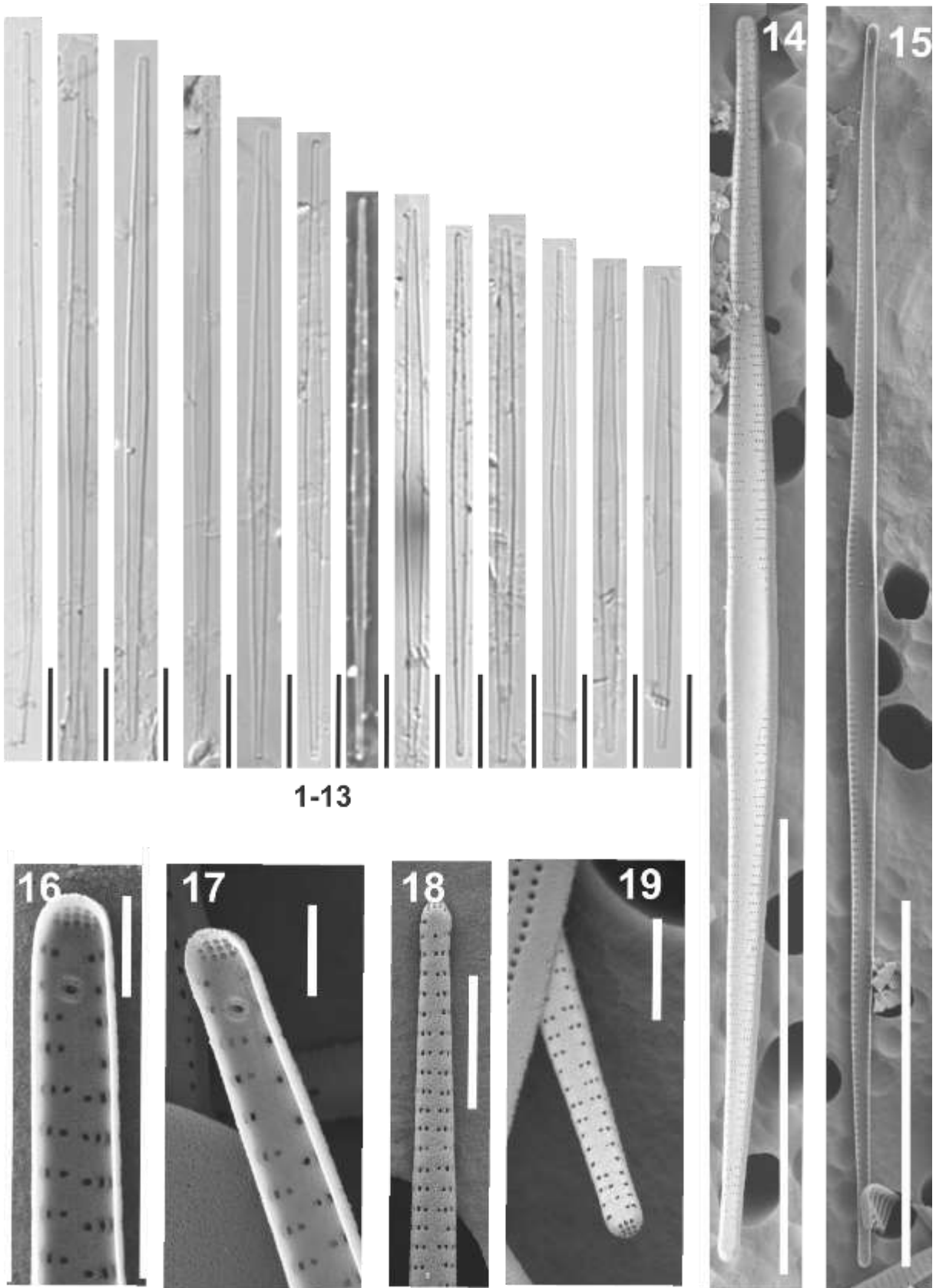
15. MEV: Valva em vista interna com estrias delicadas.

16, 17. MEV: Vista interna dos ápices da mesma valva com duas rimopórtulas.

18, 19. MEV: Vista externa dos ápices da mesma valva com duas rimopórtulas e campo de poros apical.

1-19: Figuras extraídas de Almeida *et al.* 2016 (Capítulo 4).

Escala: 10 μm (exceto quando indicado)



Figuras 1-14. *Fragilaria tenera*

Figuras 15-22. *Fragilaria vaucheriae*

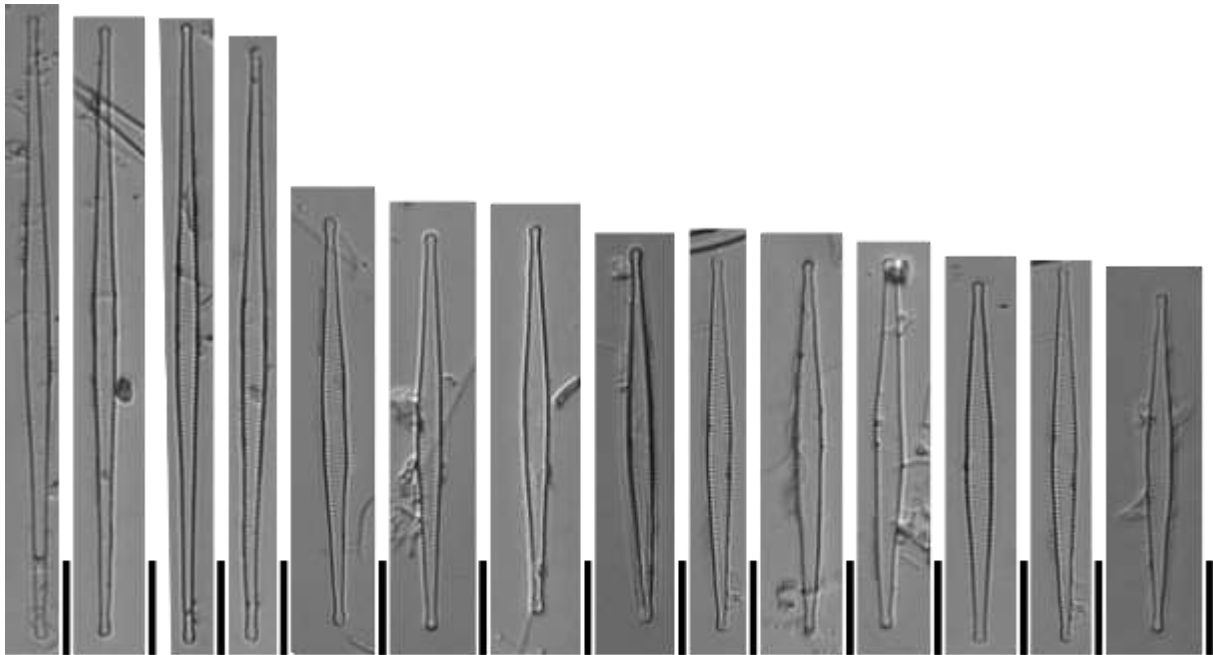
Figuras 23-30. *Fragilaria* sp.1

1-14. ML: População obtida a partir de amostras de fitoplâncton.

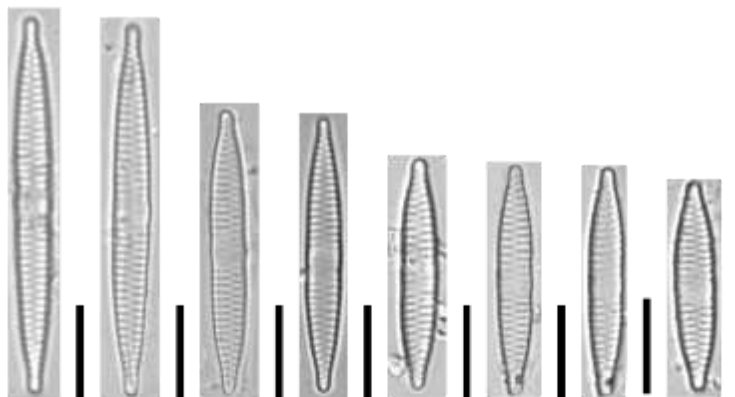
15-22. ML: População obtida a partir de amostras de perifíton.

23-30. ML: População obtida a partir de amostras de sedimento superficial.

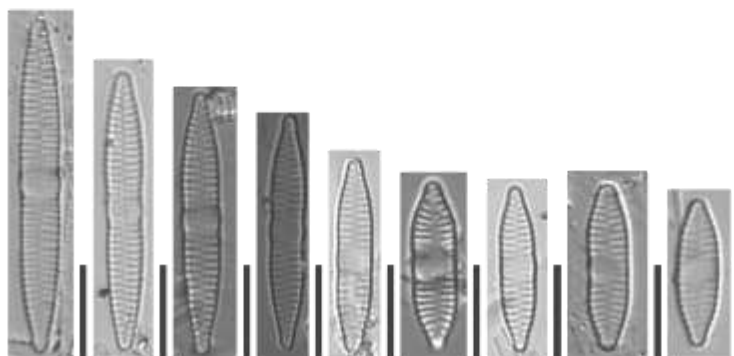
Escala: 10 μ m (exceto quando indicado)



1-14



15-22



23-30

PRANCHA 22

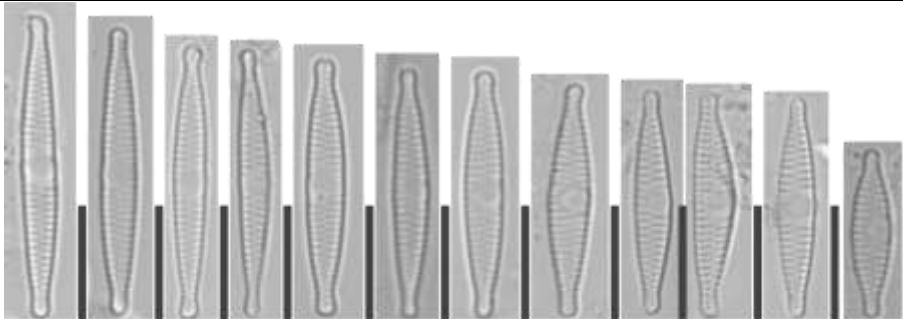
Figuras 1-12. *Fragilaria* sp. 2

Figuras 13-24. *Fragilaria* sp. 3

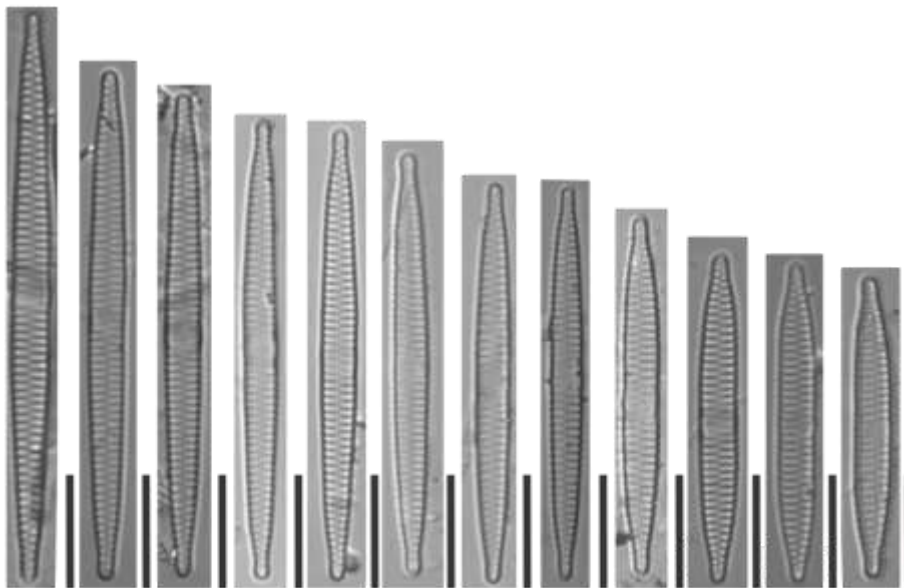
1-12. ML: População obtida a partir de amostras de fitoplâncton.

13-24. ML: População obtida a partir de amostras de perifíton.

Escala: 10 μm (exceto quando indicado)



1-12

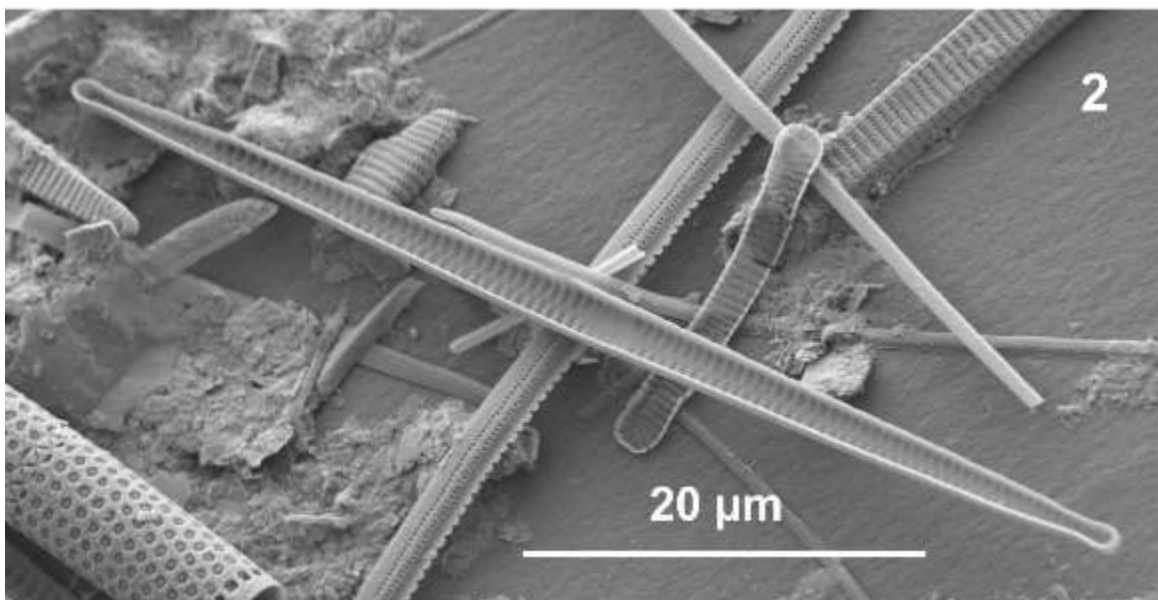
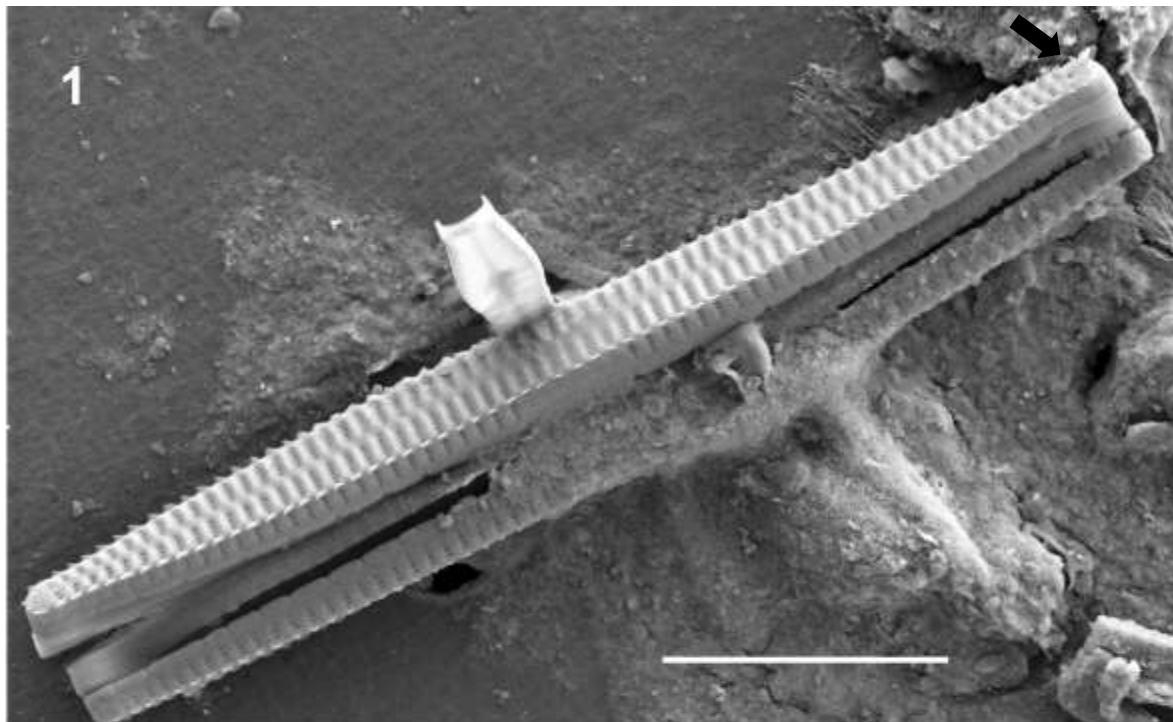


13-24

PRANCHA 23

Figuras 1-2. *Fragilaria* sp. 3

1. MEV: Frústula em vista externa mostrando espinhos em toda margem valvar, área central com estrias fantasmas e uma rimoportula por valva (seta).
2. MEV: Valva em vista interna.



Figuras 1-10. *Fragilaria* sp. 4

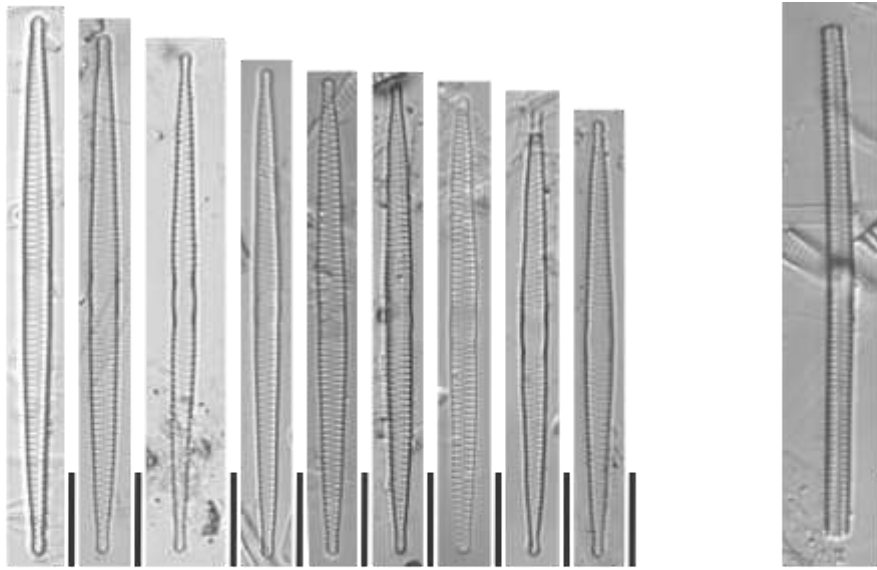
Figuras 11-23. *Fragilaria* sp. 5

1-9. ML: População obtida a partir de amostras de perifíton.

10. ML: Frústula em vista conectival.

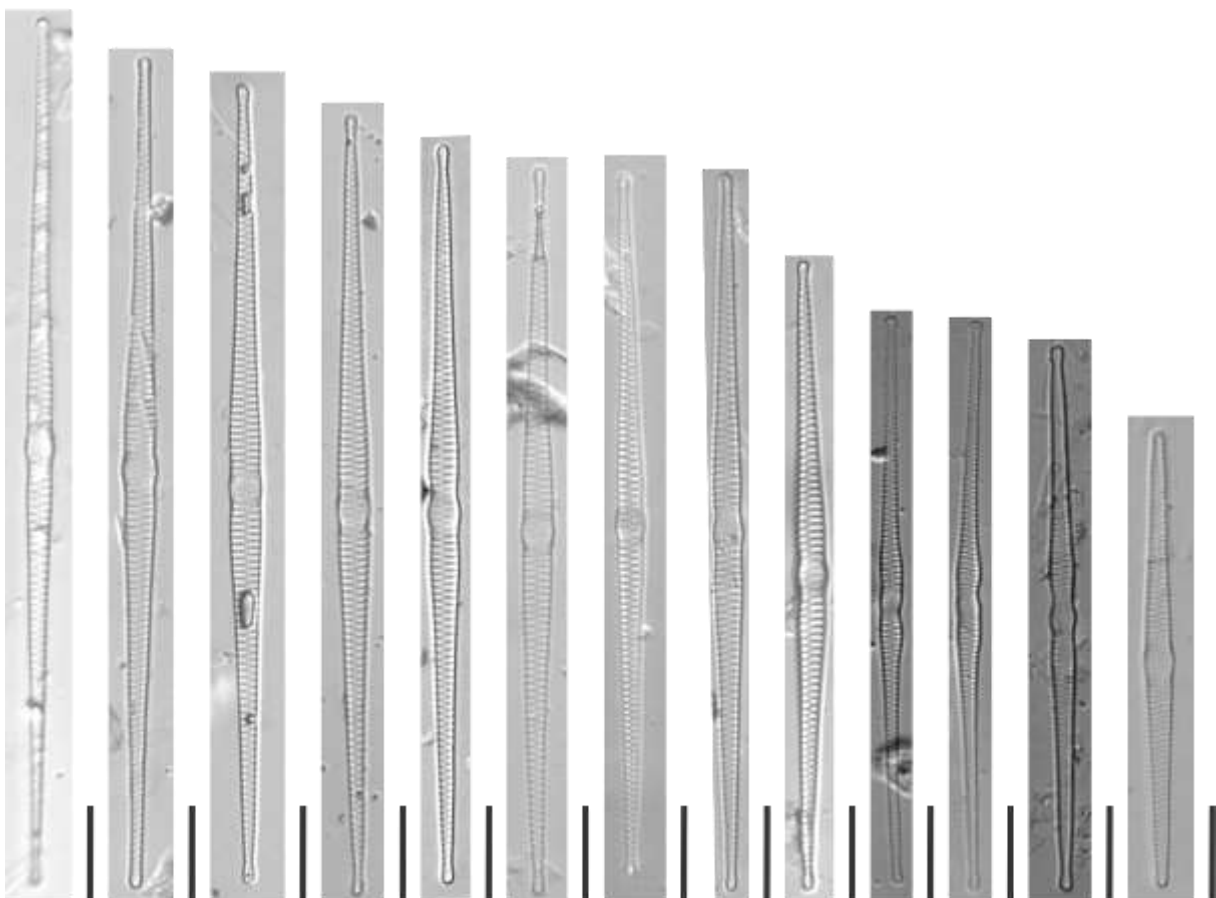
11-23. ML: População obtida a partir de amostras de perifíton.

Escala: 10 μ m (exceto quando indicado)



1-9

10



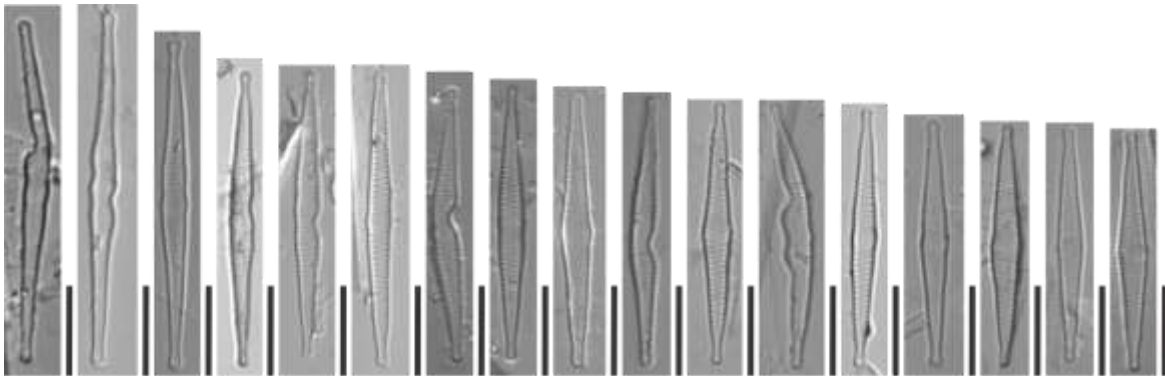
11-23

Figuras 1-20. *Fragilaria* sp. 6

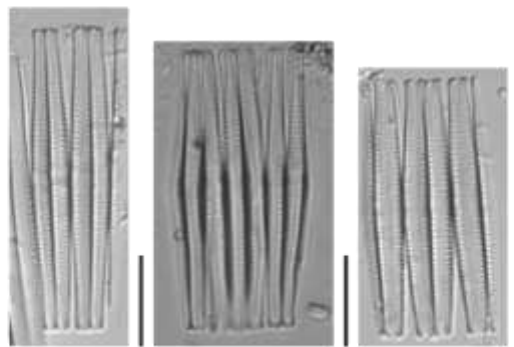
1-17. ML: População obtida a partir de amostras de sedimento superficial.

18-20. ML: Frústula em colônias de 5 a 6 indivíduos.

Escala: 10 μ m (exceto quando indicado)



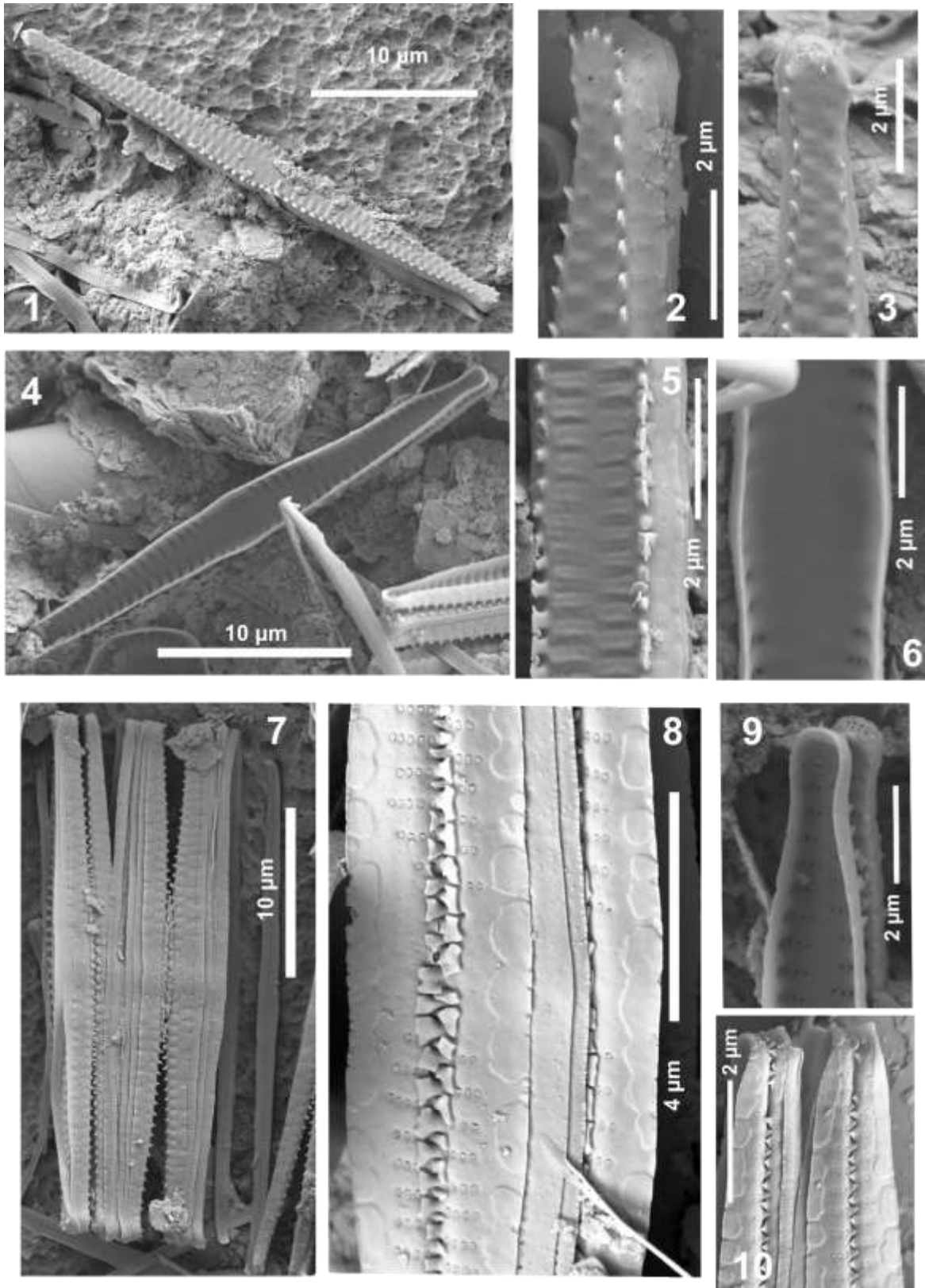
1-17



18-20

Figuras 1-10. *Fragilaria* sp. 6

1. MEV: Frústula em vista externa mostrando espinhos de ligação no centro da valva e espinhos de conexão em direção aos ápices.
2. MEV: Vista externa do ápice com rimopórtula e espinhos marginais.
3. MEV: Vista externa do ápice sem rimopórtula e espinhos interrompendo as estrias.
4. MEV: Valva em vista interna mostrando área central expandida.
5. MEV: Vista externa da área central com estrias fantasmas.
6. MEV: Vista interna da área central.
7. MEV: Frústulas em colônias mostrando as bandas abertas.
8. MEV: Detalhe da área central em vista conectival mostrando os espinhos de ligação e as placas de sílica do mando.
9. MEV: Vista interna do ápice com rimopórtula e campo de poros apical.
10. MEV: Detalhe dos ápices em vista conectival mostrando os espinhos de conexão e abertura lateral do cingulo.

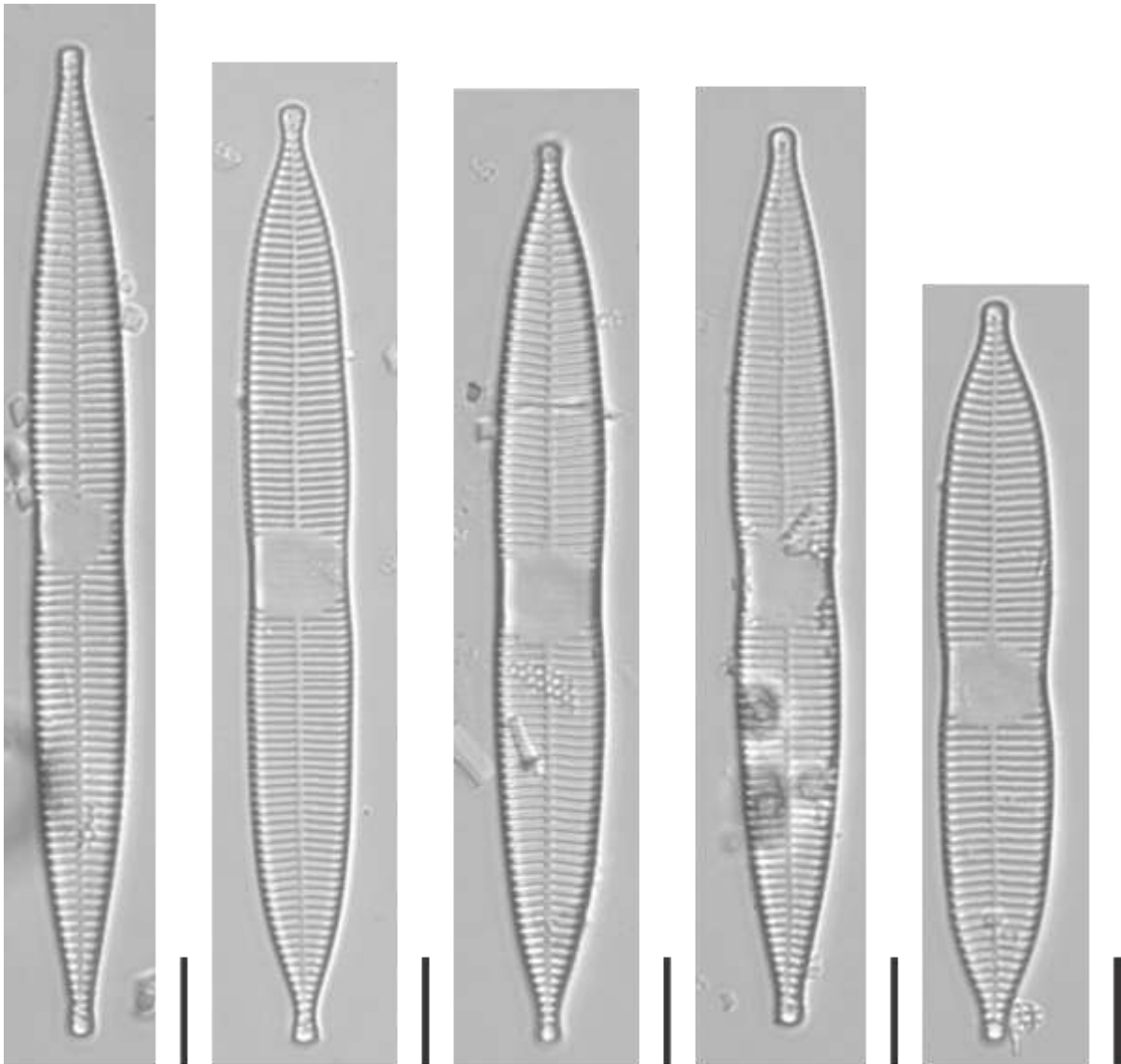


PRANCHA 27

Figuras 1-5. *Synedra goulardii*

1-5. ML: População obtida a partir de amostras de fitoplâncton.

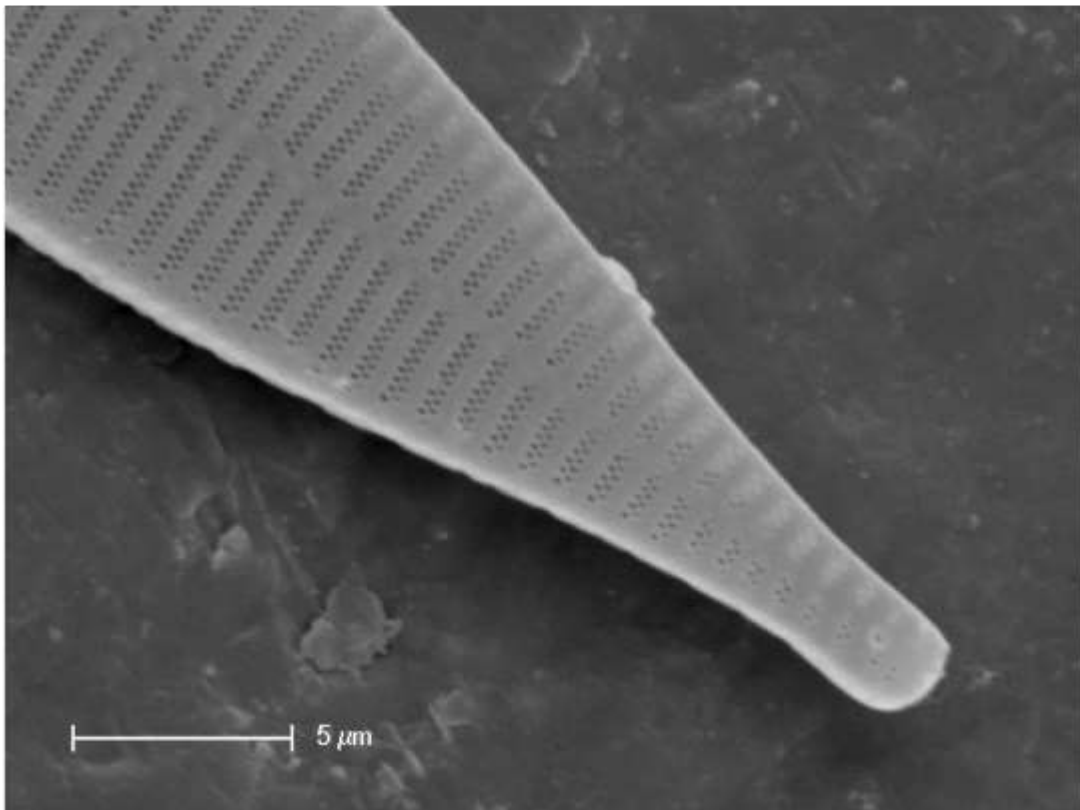
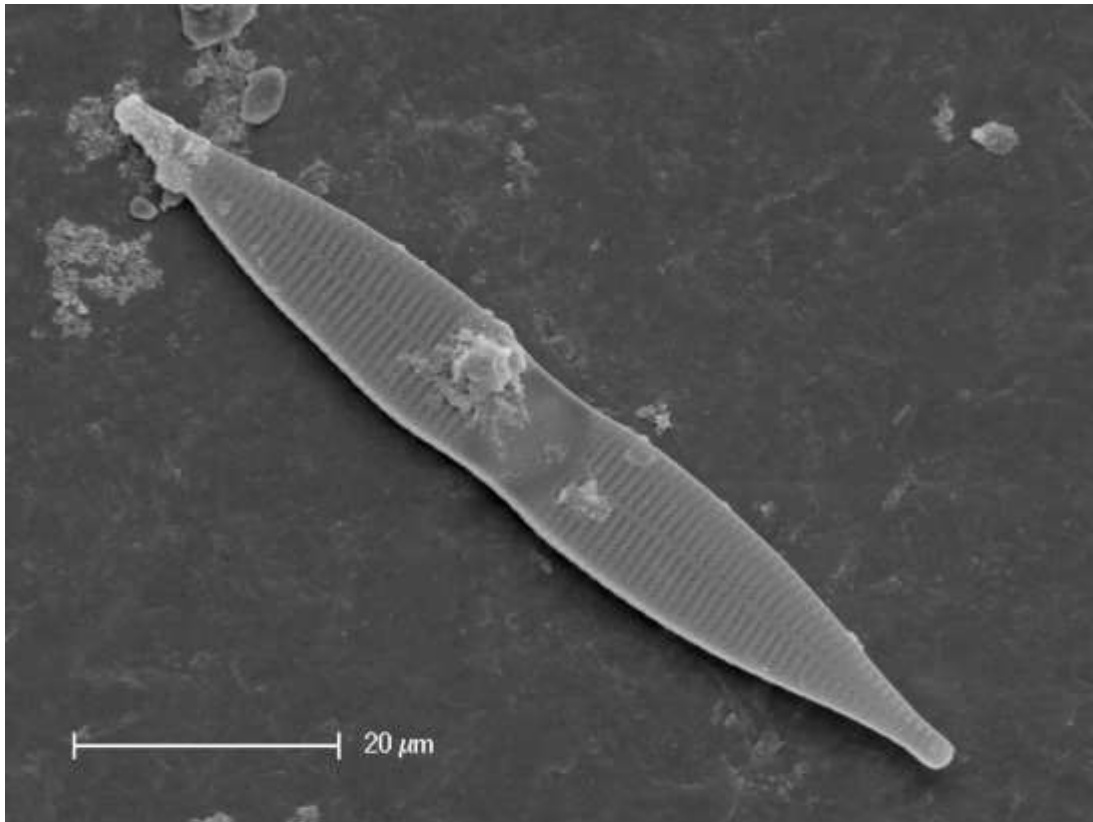
Escala: 10 μm (exceto quando indicado)



1-5

Figuras 1-2. *Synedra goulardii*

1. MEV: Valva em vista externa mostrando estrias multisseriadas.
2. MEV: Vista externa do ápice com rimopórtula.

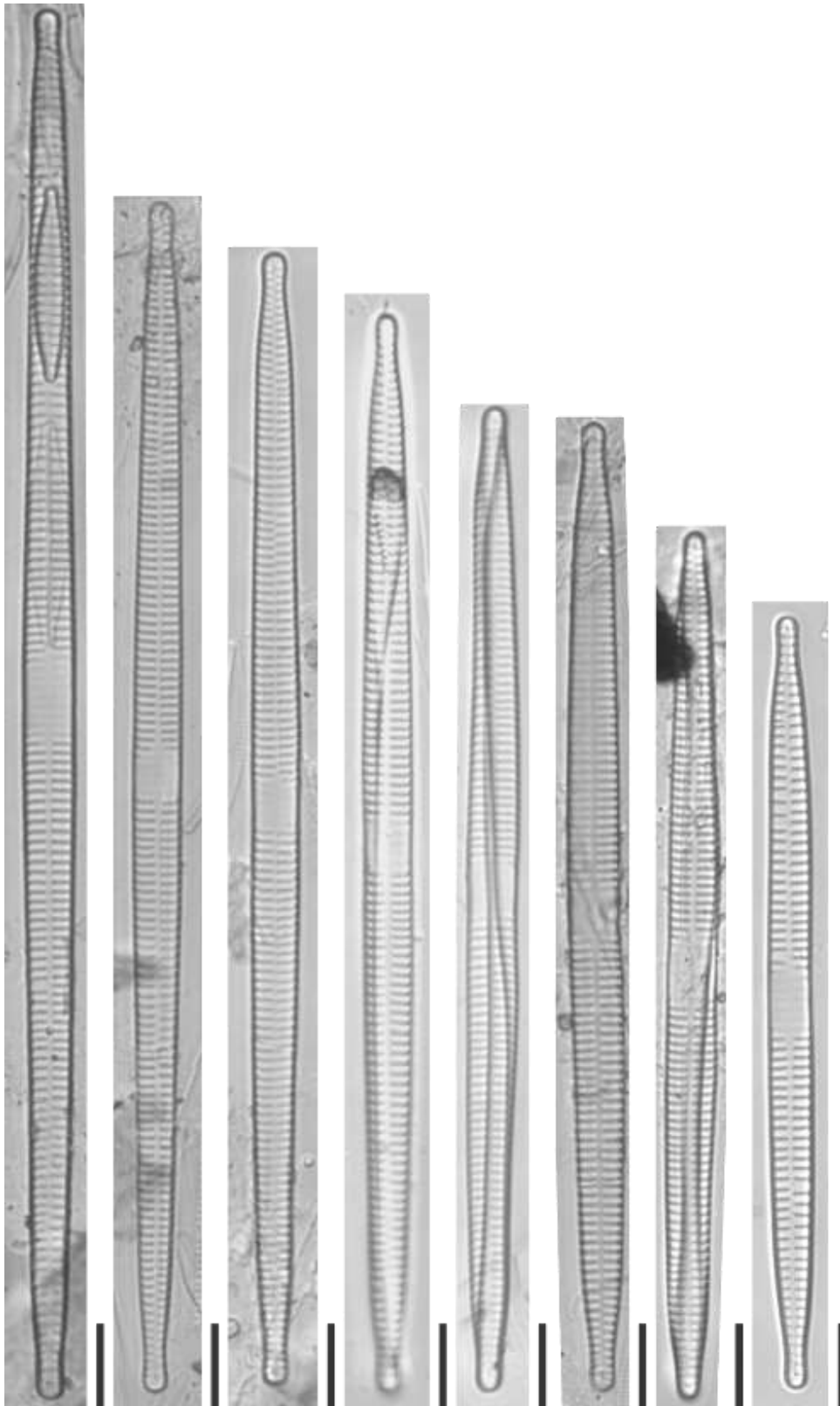


PRANCHA 29

Figuras 1-8. *Ulnaria acus*

1-8. ML: População obtida a partir de amostras de perifíton.

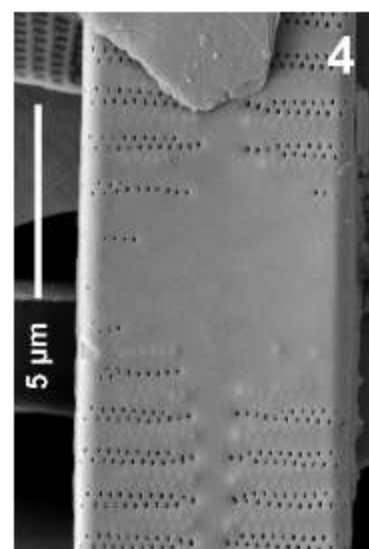
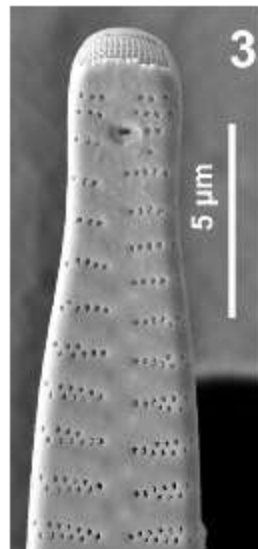
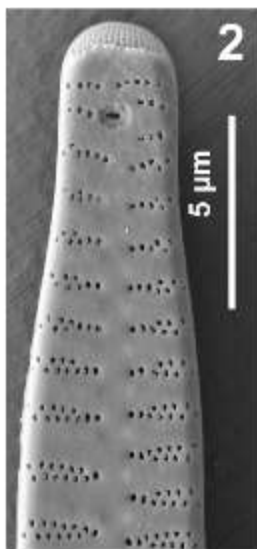
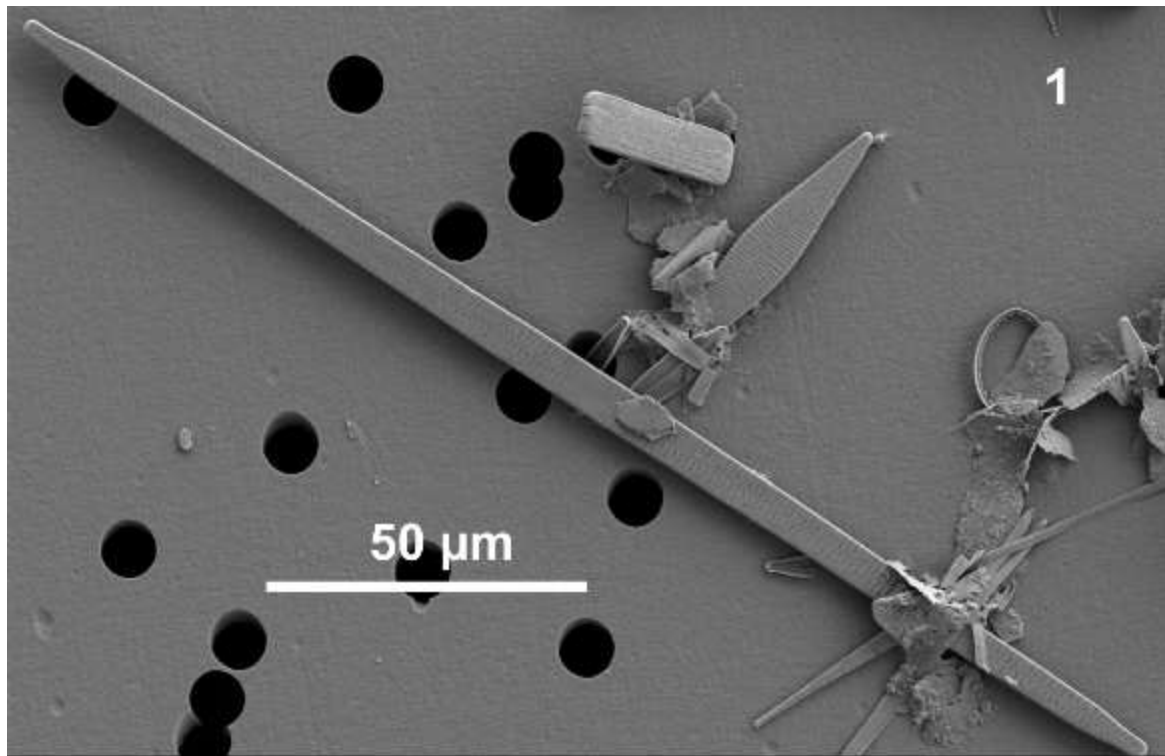
Escala: 10 μm (exceto quando indicado)



1-8

Figuras 1-4. *Ulnaria acus*

1. MEV: Valva em vista externa mostrando ápices com formato distintos entre si.
- 2, 3. MEV: Vista externa dos ápices da mesma valva mostrando rimopórtulas e campo de poros apical.
4. MEV: Vista externa da área central irregular com estrias multisseriadas.



Figuras 1-13. *Ulnaria delicatissima*

1-13. ML: População obtida a partir de amostras de perifíton.

Escala: 10 μm (exceto quando indicado)

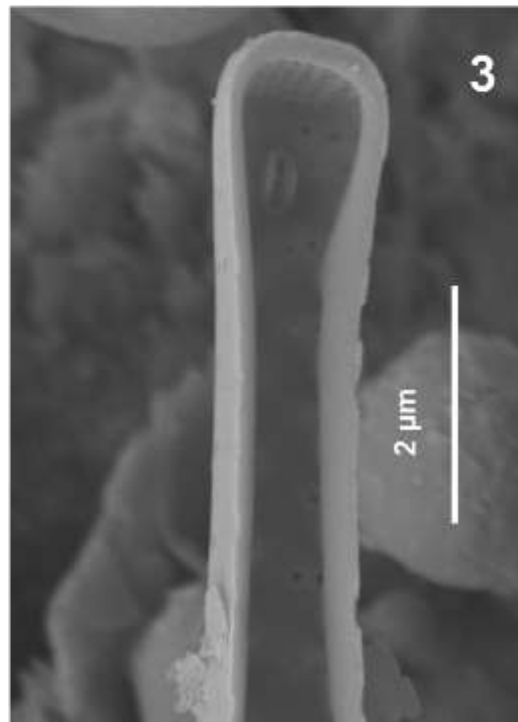
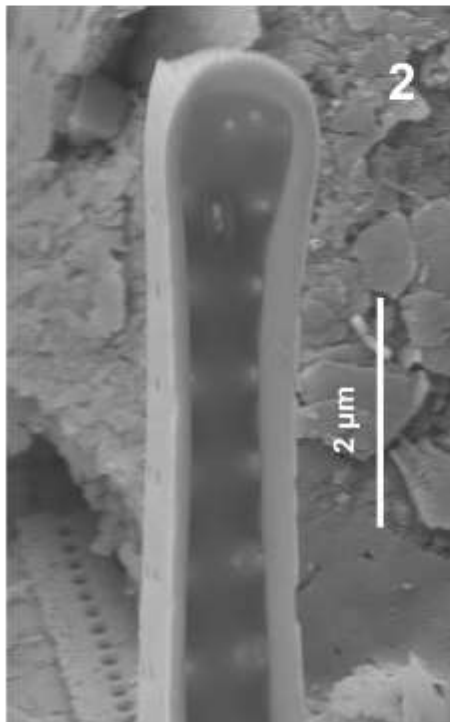
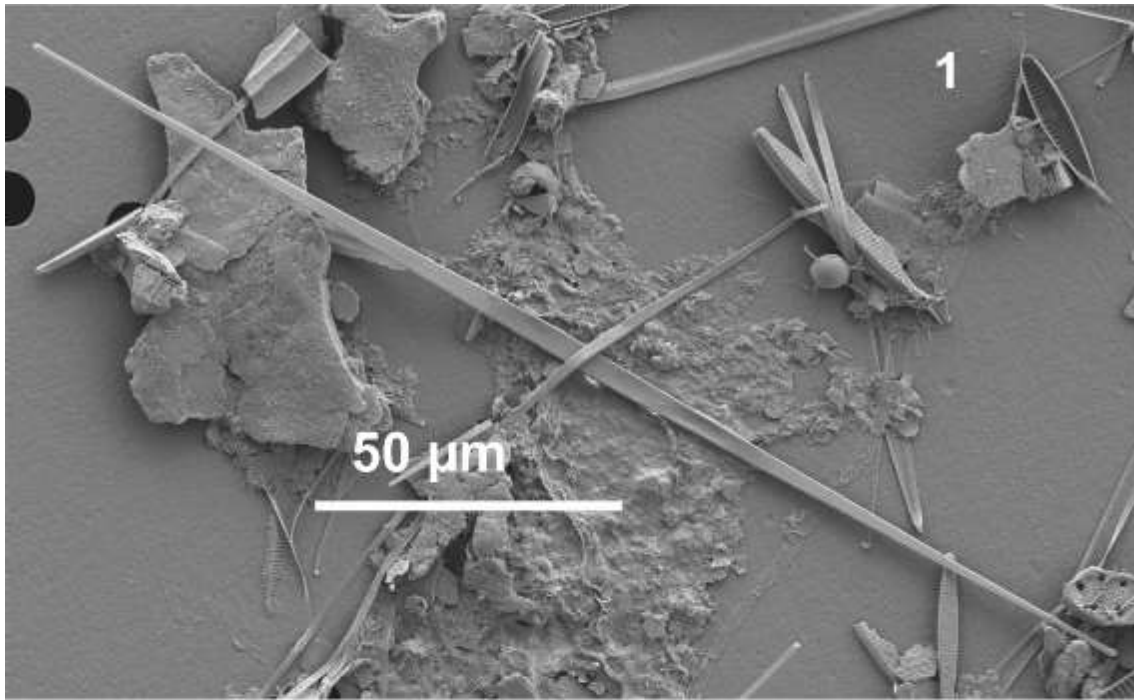


1-13

PRANCHA 32

Figuras 1-3. *Ulnaria delicatissima*

1. MEV: Valva em vista externa mostrando ápices gradualmente estreitos em direção às extremidades.
- 2, 3. MEV: Vista interna dos ápices da mesma valva mostrando rimopórtulas e campo de poros apical.

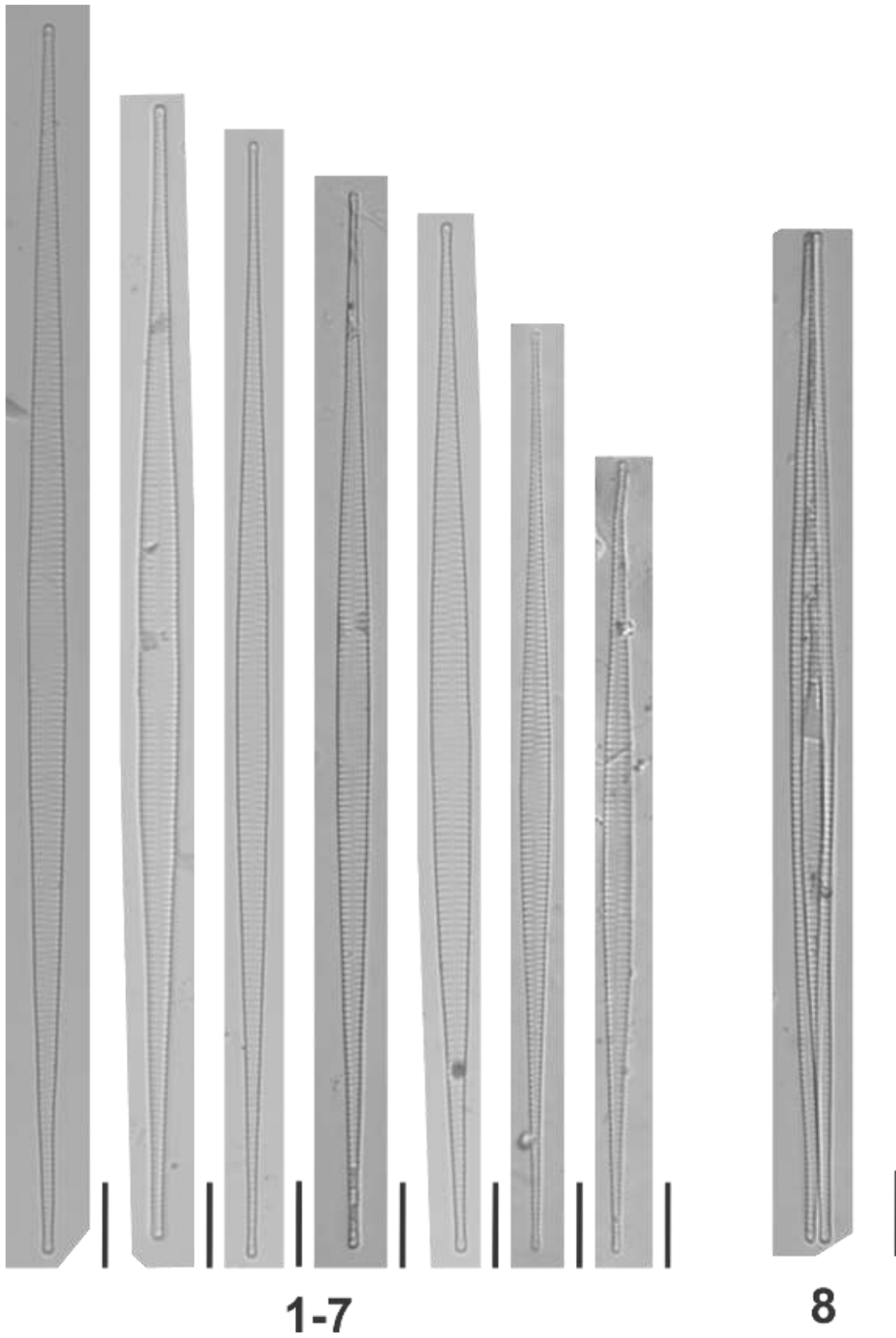


Figuras 1-8. *Ulnaria ferefusiformis*

1-7. ML: População obtida a partir de amostras de perifíton.

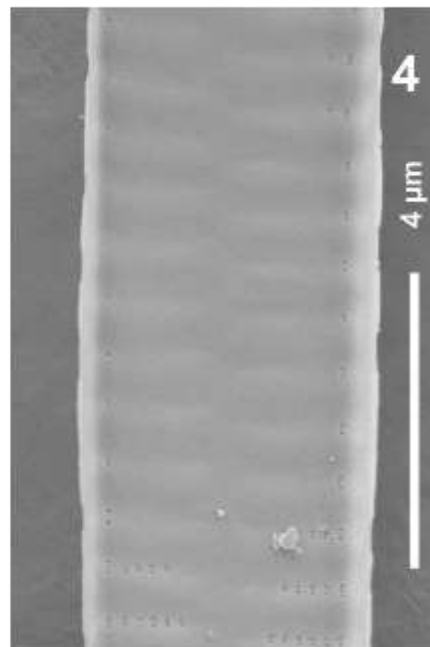
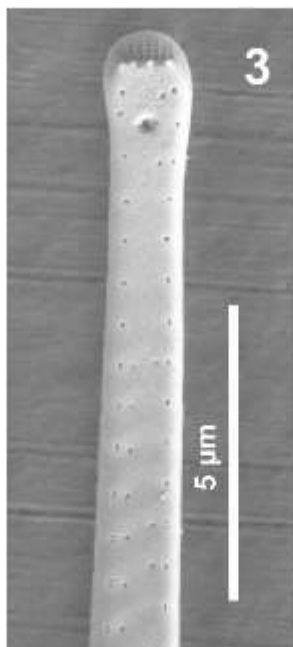
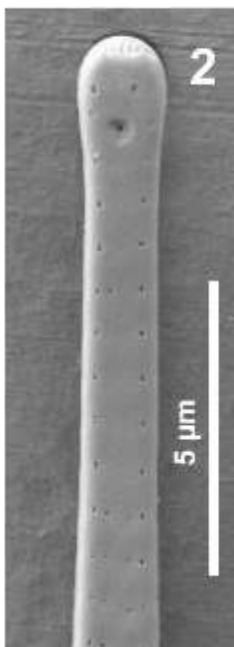
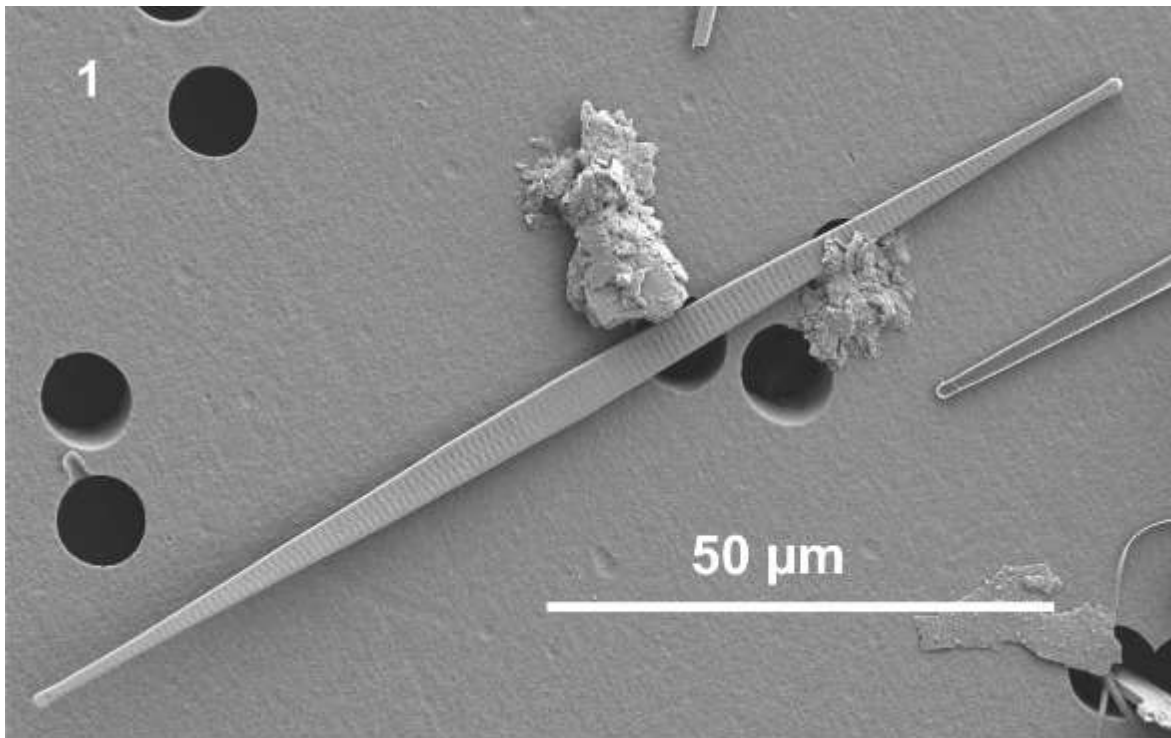
8. ML: Frústulas agrupadas em 2 indivíduos.

Escala: 10 μm (exceto quando indicado)



Figuras 1-4. *Ulnaria ferefusiformis*

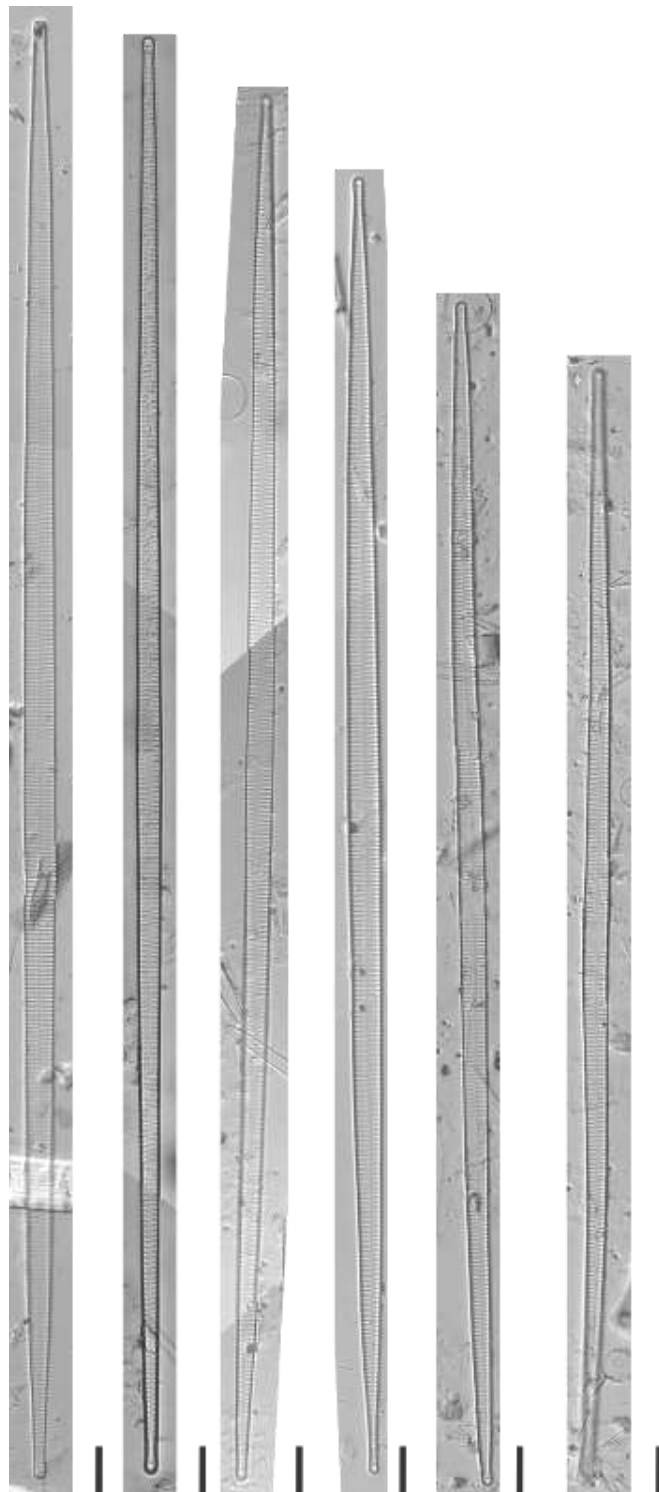
1. MEV: Valva em vista externa mostrando ápices gradualmente estreitos em direção às extremidades e duas rimopórtulas por valva.
- 2, 3. MEV: Vista externa dos ápices da mesma valva mostrando rimopórtulas, campo de poros apical e espinhos apicais.
4. MEV: Vista externa da área central mostrando estrias fantasmas.



Figuras 1-6. *Ulnaria pilum*

1-6. ML: População obtida a partir de amostras de perifíton.

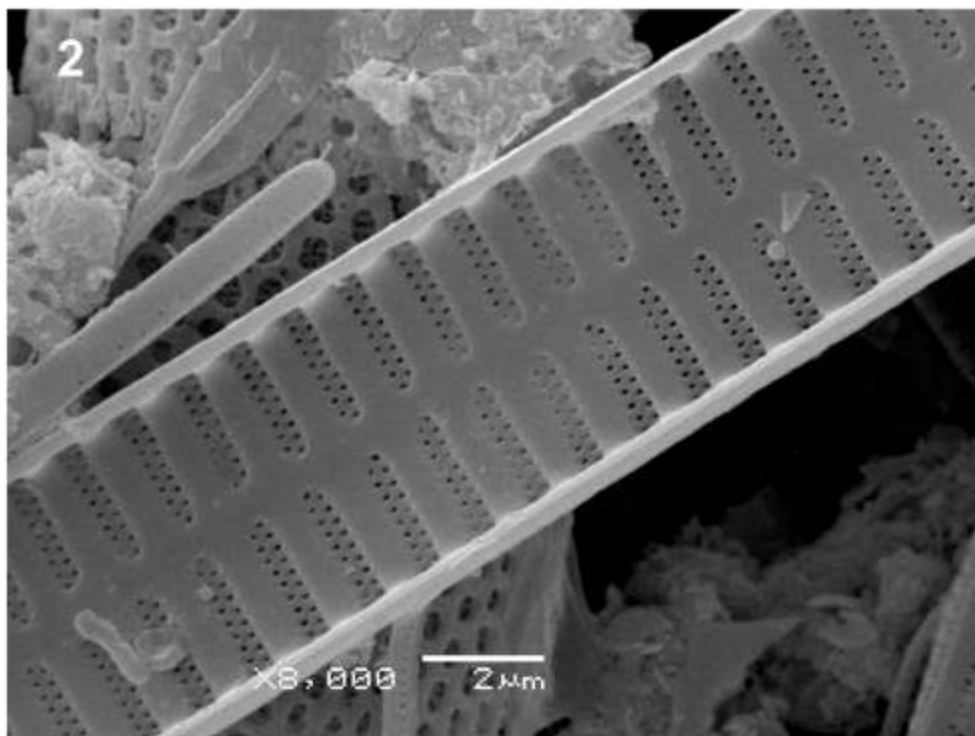
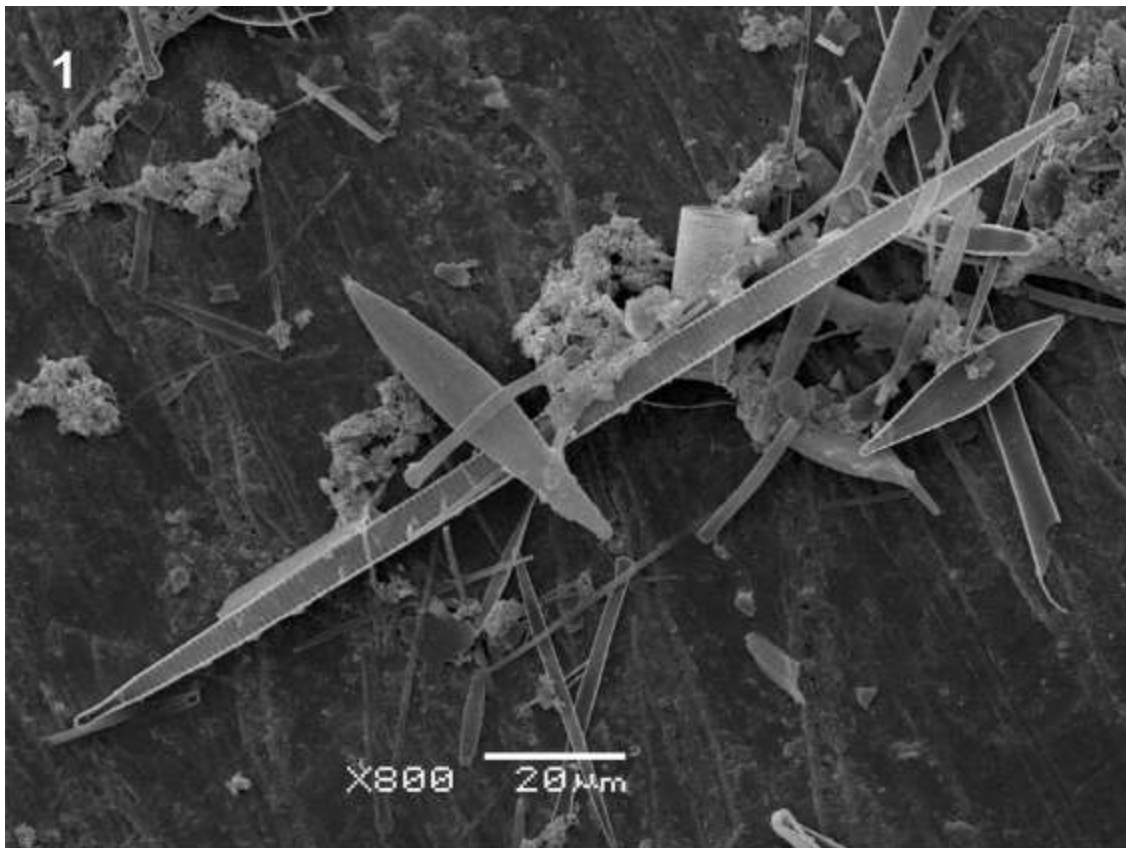
Escala: 10 μm (exceto quando indicado)



1-6

Figuras 1-2. *Ulnaria pilum*

1. MEV: Valva em vista interna mostrando ápices gradualmente estreitos em direção às extremidades e duas rimopórtulas por valva.
2. MEV: Valva em vista interna da mostrando estrias multisseriadas.

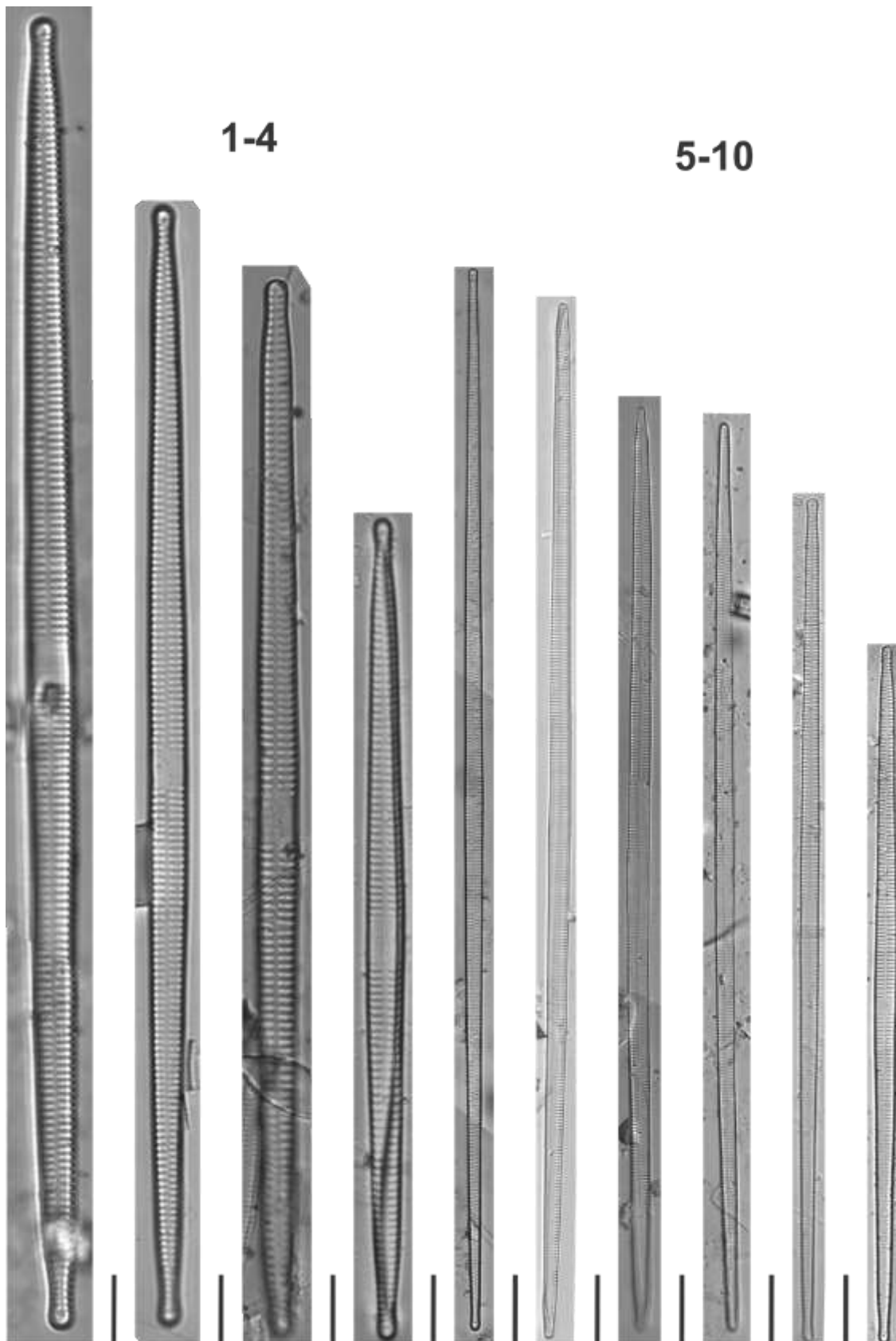


Figuras 1-10. *Ulnaria ulna sensu lato*

1-4. ML: População obtida a partir de amostras de perifíton.

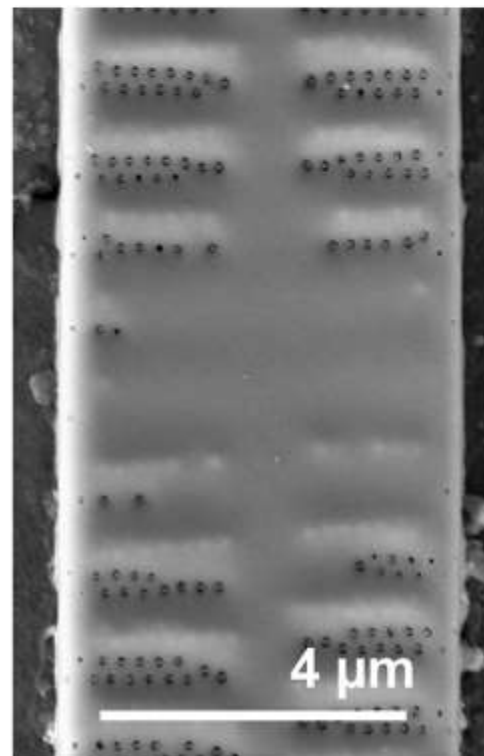
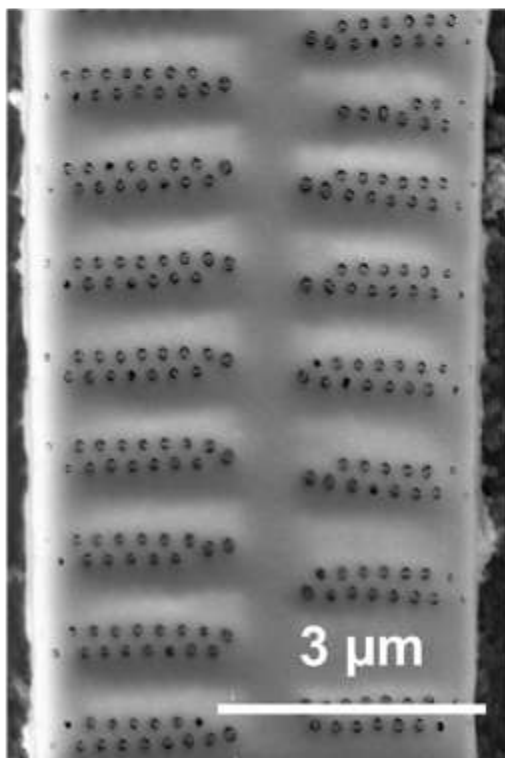
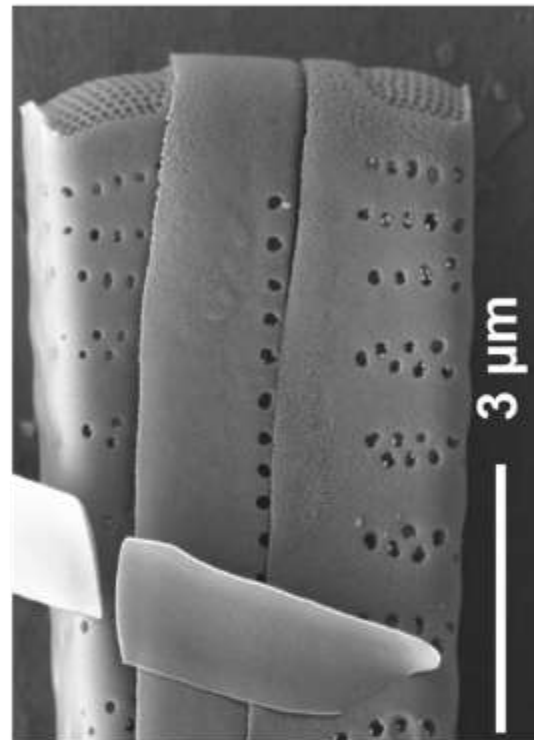
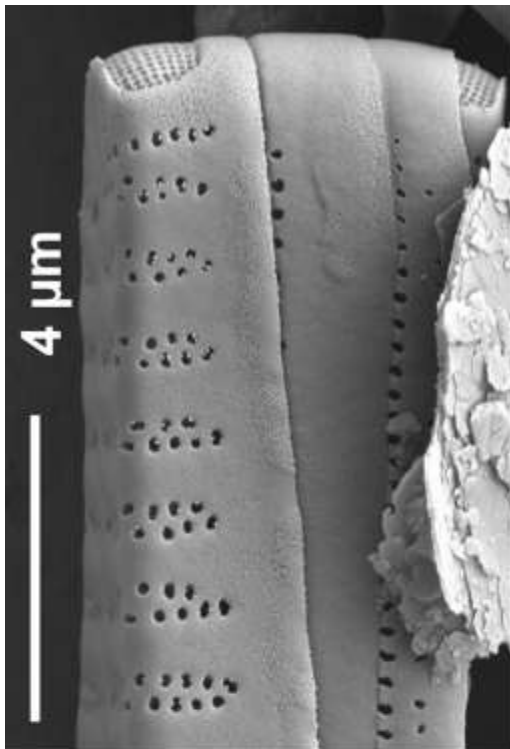
5-10. ML: População obtida a partir de amostras de sedimento superficial.

Escala: 10 μm (exceto quando indicado)



Figuras 1-4. *Ulnaria ulna*

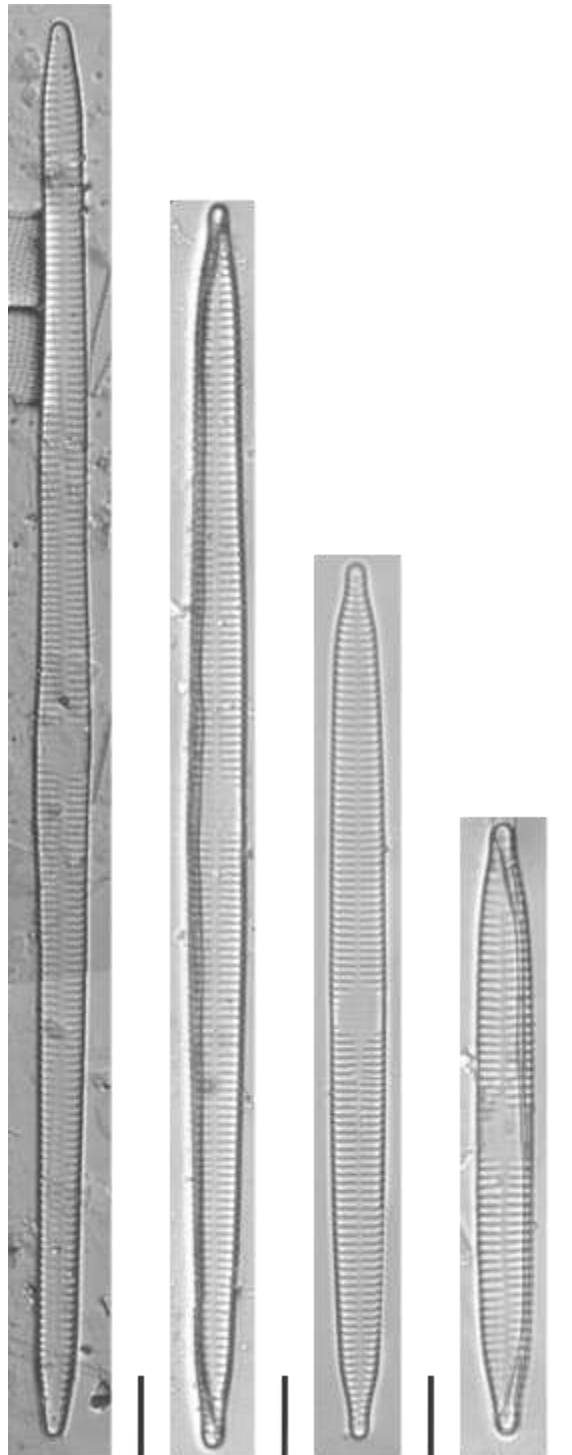
- 1, 2. MEV: Frústula em vista conectiva mostrando ápices, estrias multisseriadas e banda conectival fechadas ornamentada por uma fileira de poróides.
3. MEV: Valva em vista externa mostrando estrias multisseriadas alternas.
4. MEV: Valva em vista externa mostrando área central irregular.



Figuras 1-4. *Ulnaria* sp. 1

1-4. ML: População obtida a partir de amostras de perifíton.

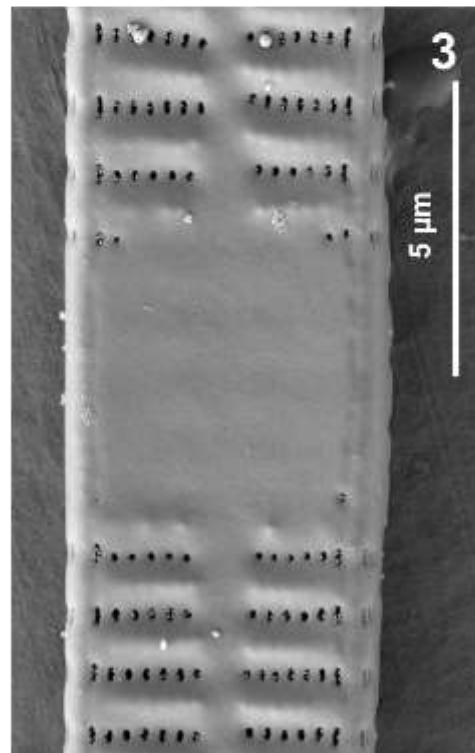
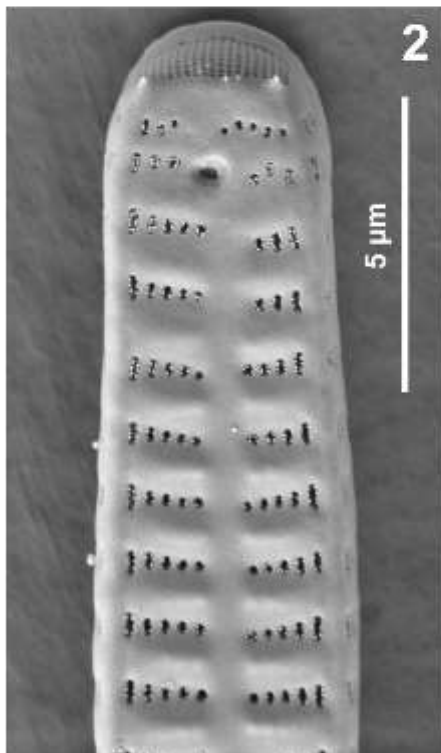
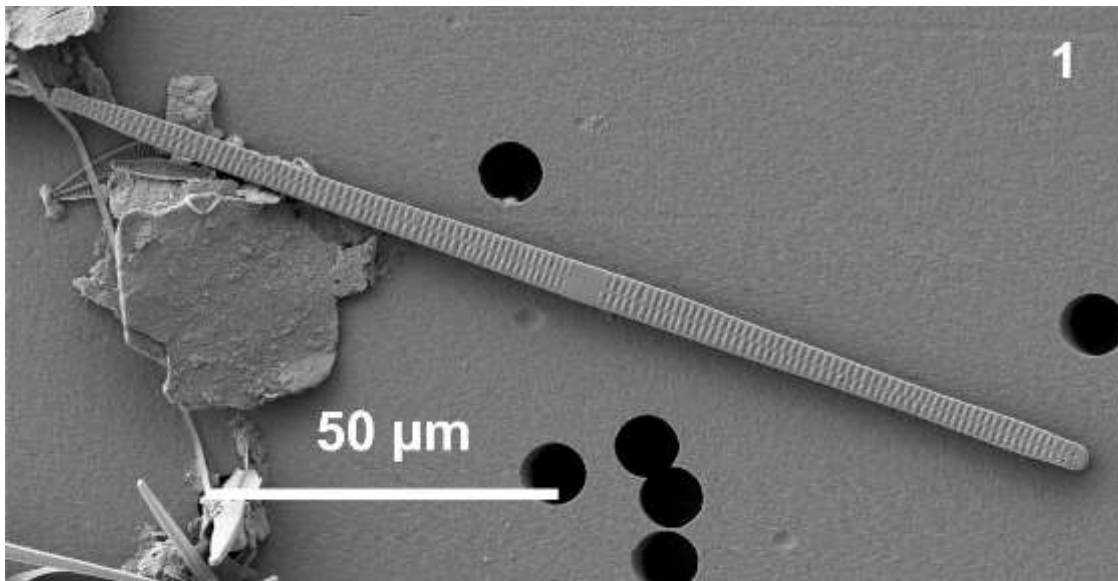
Escala: 10 μm (exceto quando indicado)



1-4

Figuras 1-3. *Ulnaria* sp. 1

1. MEV: Valva em vista externa mostrando ápices distintos entre si.
2. MEV: Ápice em vista externa mostrando espinhos apicais e rimopórtula.
3. MEV: Área central em vista externa.



***Rimoneis* (Bacillariophyta): gênero pouco conhecido em ambientes de água doce tropicais**

RESUMO – [*Rimoneis* (Bacillariophyta): gênero pouco conhecido em ambientes de água doce do tropicais]. A crescente descrição de novos gêneros e espécies de diatomáceas resulta de uma taxonomia robusta, incluindo análise ao microscópio eletrônico de varredura, revisão de material-tipo e exame aprofundado de amostras de reservatórios com diferentes condições ambientais. O gênero *Rimoneis* M. Garcia foi recentemente proposto para águas doce e salobra da região Sul do Brasil. Na proposição do gênero, além da espécie tipo, outra espécie originalmente encontrada na Indonésia foi transferida para este novo gênero. O gênero apresenta valvas hialinas, campo de poros apical de duas fendas e estrias imperceptíveis em microscopia de luz que se abrem internamente em alvéolos. Até então, estes eram os únicos registros da ocorrência de *Rimoneis* em nível mundial. Recentemente, a intensa análise de amostras de sedimento superficial, perifíton e fitoplâncton em represas do Estado de São Paulo, demonstrou que este gênero ocorreu em 14 represas com elevada abundância (>1%). Foram acrescentadas a este estudo três amostras oriundas do Estado do Pará, norte do Brasil, onde o gênero *Rimoneis* também foi registrado. As características observadas como estrias, espinhos e forma da valva demonstraram a necessidade de descrição de dois novos táxons, ampliando a diversidade do gênero para quatro espécies. Esta é primeira citação de *Rimoneis* para a região tropical do Brasil. A associação de análise em microscopia de luz e eletrônica de varredura demonstrou que a distribuição do gênero está grandemente subestimada. Muito provavelmente isso decorra de suas valvas pouco silicificadas e do diminuto tamanho de seus representantes, bem como de sua distribuição até então restrita. *Rimoneis* sp. nov. 1 ocorreu em ambientes com diferentes estados tróficos desde reservatórios oligotróficos até supereutróficos em represas mesotróficas e possui valvas com esterno incospícuo e estrias fantasmas. *Rimoneis* sp. nov. 2, caracterizada por valvas lineares e estrias em toda face valvar, foi reportada para ambientes amazônicos com baixo impacto ambiental. A partir da análise das novas espécies encontradas uma emenda para o gênero é necessária.

Palavras-chave: Diatomáceas, espécie nova, Fragilariaceae, região tropical, taxonomia

I. Introdução

A revisão do gênero *Fragilaria* Lyngbye realizada por Williams & Round (1987) incluiu na circunscrição do gênero as espécies que apresentavam apenas uma rimopórtula. Contudo, posterior análise do material-tipo de *F. capucina* Desmazières (Tuji & Williams 2006) possibilitou expandir a definição do gênero para incluir espécies com duas rimopórtulas como *F. synegrostesca* Lange-Bertalot, *F. grunowii* Lange-Bertalot & Ulrich, *F. spectra* P.D. Almeida *et al.*, entre outras. Atualmente, os caracteres utilizados para identificação de *Fragilaria sensu stricto* são estrias uniseriadas, campo de poros apical do tipo *ocellulimbus* e presença de pelo menos uma banda aberta no cingulo, ou seja, no conjunto de estruturas que une as valvas (Williams & Round 1987, Morales 2001, Almeida *et al.* 2016). Entretanto, estudos acerca da estrutura valvar e análises filogenéticas sugerem que a delimitação do gênero seja aprofundada visto que os caracteres utilizados até o momento são insuficientes para caracterizar as espécies e mesmo para a definição dos gêneros inseridos na família Fragilariaceae (Morales 2001, Medlin *et al.* 2008, Cox 2009, Li *et al.* 2016).

Desse modo, o gênero *Rimoneis* M. Garcia foi criado para agrupar espécies que apresentam caracteres não encontrados em outros gêneros de diatomáceas arrafídeas de água doce, cujas características diagnósticas são aberturas do campo de poros apical em forma de duas fendas, face valvar hialina com presença de amplo esterno e estrias curtas visíveis apenas sob microscopia eletrônica de varredura (Garcia 2010).

A proposição de *Rimoneis* permitiu solucionar a posição incerta de *F. densestriata* Hustedt apontada como uma espécie pertencente ao gênero *Fragilariforma* Williams & Round (Williams & Round 1987, Round *et al.* 1990), embora nenhuma transferência nomenclatural tenha sido realizada por estes autores. A combinação posteriormente realizada por Garcia (2010) para *F. densestriata* baseou-se nas ilustrações em microscopia de luz (ML) e eletrônica de varredura (MEV) disponíveis em Simonsen (1987, pl. 321, figs 1–7). Garcia (2010) descreveu um novo táxon a partir de amostras de água doce e salobra da região subtropical do Brasil, descrevendo o gênero *Rimoneis* com duas espécies, *R. inanis* M. Garcia, espécie-tipo, e *R. densestriata* (Hustedt) M. Garcia encontrada em amostras de fitoplâncton de água doce em Java, região tropical da Indonésia.

O intenso estudo de amostras oriundas de regiões tropicais, especialmente da América do Sul, tem revelado a elevada diversidade de diatomáceas existentes no Neotrópico com registros crescentes de inúmeros táxons não conhecidos para ciência à

medida que lugares poucos explorados vão sendo amostrados (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998, Morales *et al.* 2012). Entretanto, o desenvolvimento de uma taxonomia robusta e completa ainda está longe de ser finalizada a despeito da crescente descrição de novas espécies para a América do Sul (*e.g.* Wetzel *et al.* 2010, 2011, Morales *et al.* 2012). Para o Brasil, muitos novos táxons e mesmo novos gêneros têm sido descritos apesar do reduzido número de trabalhos publicados, especialmente quando comparados com as regiões temperadas, evidenciando que o levantamento da flora diatomológica brasileira ainda está longe de ser conhecida (*e.g.* Patrick 1940, Garcia 2010, 2012, Wetzel *et al.* 2011, 2012, Tremarin *et al.* 2012, Canani & Torgan 2013, Ferrari *et al.* 2014, Silva & Souza 2015, Almeida *et al.* 2015, 2016, Wengrat *et al.* 2015, 2016).

Mais recentemente, *Rimoneis* foi citado para comparar outros gêneros de diatomáceas arrafídeas encontrados em ambientes como icebergs na Antártica, manguezais de Galápagos ou ainda em regiões litorâneas dos Estados Unidos (Ferrario *et al.* 2012, Seddon *et al.* 2014, Li *et al.* 2016). O gênero *Rimoneis* foi reportado em apenas um estudo como *F. densestriata* por Tremarin & Ludwig (2008) para o Estado do Pará. Dessa forma, o objetivo deste estudo é ampliar o conhecimento do gênero *Rimoneis* a partir da análise de amostras provenientes de represas do Estado de São Paulo e do rio Jeju na Região Amazônica

II. Material e Métodos

1. Área de estudo

Este estudo foi realizado no âmbito do Projeto AcquaSed que analisou 32 represas situadas nas regiões Sul e Sudeste do Estado de São Paulo inseridas em cinco bacias hidrográficas: Alto Tietê; Médio Tietê, Piracicaba, Capivari e Jundiaí; Alto Sorocaba; Ribeira de Iguape e Litoral Sul. Essas represas abrangem amplo espectro de variação de estado trófico e foram amostradas em duas épocas do ano (verão e inverno) de forma a abranger os compartimentos da água (plâncton e perifíton) e dos sedimentos superficiais, ou seja, diferentes habitats. São apresentados os resultados observados em 33 estações de amostragem (Tabela 1), das quais 30 estão distribuídas em 14 represas com gradiente trófico (oligotrófico a eutrófico) onde o gênero *Rimoneis* ocorreu. As represas analisadas foram Atibainha (3 estações), Barra Bonita (1 estação), Cachoeira (5 estações), Cachoeira da Garça (1 estação), Cachoeira do França (2 estações), Complexo Billings – Represa Rio Grande (1 estação), Ipaneminha (2 estações), Itupararanga (5 estações), Jurupará (1 estação), Paiva Castro (3 estações), Paineiras (1 estação), Serraria (1 estação), Salto

Grande (2 estações) e Santa Helena (2 estações). Essas represas possuem múltiplos usos, sendo o principal o abastecimento público. Adicionalmente, amostras da microrregião do Baixo Tocantins, Norte do Brasil, oriundas do Rio Jeju (3 estações) também foram incluídas por apresentarem representantes deste gênero e visando ampliar sua distribuição.

2. Preparação das amostras e análises

As comunidades de diatomáceas foram amostradas no plâncton, perifíton e sedimento superficial. As amostragens ocorreram no inverno e verão (2009 a 2015), exceto ao sedimento superficial que foi amostrado apenas no inverno por integrar uma escala temporal maior. O material planctônico foi coletado com garrafa de Van Dorn na sub-superfície das estações de coletas (amostras quantitativas), e o perifítico a partir da lavagem de macrófitas com uso de escova macia e água destilada. Amostras de sedimento superficial foram coletadas com testemunhador de gravidade (UWITEC® Mondsee, Austria), aproveitando-se os 2 cm iniciais que usualmente integram dois anos de deposição (Smol 2008). As amostragens foram acompanhadas de análises físicas e químicas da água. Dados de Temperatura (°C), pH e condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$) foram obtidos em campo com sonda multiparâmetros (Horiba U-53). Os procedimentos analíticos de oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), sílica solúvel reativa (mg L^{-1}), nitrogênio total e fósforo total ($\mu\text{g L}^{-1}$) seguiram métodos padronizados (APHA 2005). Os valores de clorofila-*a* ($\mu\text{g L}^{-1}$), corrigidos da feofitina por acidificação, foram obtidas usando etanol 90% (Sartory & Grobbelaar 1984). A classificação do estado trófico seguiu Lamparelli (2004). As amostras oriundas da região Norte do Brasil foram coletadas com rede de arrasto em igapós e campos alagados do rio Jeju, no nordeste do Estado do Pará e as variáveis ambientais como pH, sólidos em suspensão (mg L^{-1}), turbidez (NTU), salinidade (mg L^{-1}), oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$) e cloreto (mg L^{-1}) foram medidos em campo em cada estação de amostragem utilizando sonda multiparâmetros (Hanna 9828).

Os dados das variáveis ambientais estão sumarizados na Tabela 2.

As amostras foram oxidadas usando método do H_2O_2 (37%) e adição de HCl (37%) conforme protocolo do *European Committee for Standardization* (ECS 2003). As amostras oxidadas foram lavadas com água deionizada e lâminas permanentes foram montadas usando Naphrax® ($IR=1,73$) como meio de imersão para análise em microscopia de luz (ML). As imagens foram tomadas em aumento de 1000× em

microscópio Axioskop 2 com DIC e câmera digital (Zeiss) modelo AxioCam MR5 equipado com contraste de fase. Para as análises em microscopia eletrônica de varredura (MEV), as alíquotas do material oxidado foram filtradas e lavadas com água deionizada em filtro de policarbonato (Merck Millipore). Os filtros foram montados em *stubs* de alumínio e metalizados com platina usando metalizador a vácuo (BAL–TEC Med 020) por 30 s com corrente de 100 mA. Os materiais foram analisados em microscópio Hitachi SU–70 operado a 5Kv e 10 mm distância. As imagens obtidas foram montadas usando CorelDraw X8 para confecção das pranchas.

Para identificação de *Rimoneis* foram usadas as referências específicas de Simonsen (1987), Garcia (2010). Para identificação da flora associada foram consultadas obras como Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991), Simonsen (1987), Metzeltin & Lange-Bertalot (1998, 2007), Rumrich *et al.* (2000), Metzeltin *et al.* (2005), bem como artigos recentes, tais como Houk & Klee (2004), Tremarin *et al.* (2012, 2013), Almeida *et al.* (2015, 2016), Wengrat *et al.* (2015, 2016). A terminologia da morfologia da valva foi baseada em Ross *et al.* (1979) e Barber & Haworth (1981).

III. Resultados

O gênero *Rimoneis* ocorreu em 50 amostras coletadas no Estado de São Paulo e em três amostras do Estado do Pará. Este é o primeiro registro taxonômico do gênero para essas regiões. Até o presente, *Rimoneis* era representado por duas espécies e, neste trabalho, dois outros táxons são acrescentados a partir do exame dos materiais do Sudeste e Norte do Brasil.

Divisão: Bacillariophyta L.S. Dillon

Subdivisão: Bacillariophytina Medlin & Kaczmarska

Classe: Bacillariophyceae Haeckel emed. Medlin & Kaczmarska

Subclasse: Fragilariophycidae Round

Ordem: Fragilariales P.C. Silva

Família: Fragilariaceae Greville

Rimoneis M. Garcia *emendavit*

Tipo: *Rimoneis inanis* M. Garcia

Frústulas em colônias tipo fita. Valvas linear-lanceoladas, hialinas com margens convexas. Valvas com esterno variável, de estreito a amplo. Estrias uniseriadas na face valvar ou restrita a margem da face da valvar e no manto. Podem apresentar estrias

fantasmas. Margem valvar com espinhos ou cume. Duas fendas apicais por vértice da válvula. Várias bandas abertas mesmo em largura.

***Rimoneis* sp. nov. 1 (Figs 1–19)**

Frústula em vista conectival não observada, valvas hialinas, linear-lanceoladas; face valvar com esterno estreito, linear; ápices rostrados; estrias uniseriadas, curtas, paralelas, compostas de 1–3 aréolas, dispostas na margem valvar e no manto, estrias fantasmas presentes em toda extensão da valva, internamente desenvolvidas em alvéolos; espinhos agudos simples, irregularmente dispostos, geralmente um por estria, localizados na costa valvar. Duas fendas apicais por ápice; bandas conectivais abertas. Comprimento: 9–15 μm ; largura: 2,0–2,6 μm ; estrias: 40–44 em 10 μm .

Material examinado: População na lâmina SP469235, parcialmente ilustrada aqui nas Figs 1–13 (Herbário Científico do Estado Maria Eneyda P. Kauffmann, Instituto de Botânica, São Paulo, Brasil), coletado por Bartozek, E. C. R. & Bicudo, D. C., 25–VIII–2014.

Localidade estudada: Reservatório Itupararanga, Sorocaba, São Paulo, Brasil (47°57'58''W, 23°38'0.36''S), sedimento superficial, 6,3 m de profundidade.

Observações taxonômicas: O táxon difere de todas as outras espécies pela presença de estrias fantasmas, carácter pioneiramente reportado para o gênero. *Rimoneis* sp. nov. 1 difere de *R. densestriata* pela forma do espinho agudo (vs. cuneado em *R. densestriata*).

Ecologia e flora associada: *Rimoneis* sp. nov. 1 ocorreu em represas com diferentes estados tróficos na maioria variando de oligotrófica a mesotrófica e raramente supereutrófica. A maior abundância foi em amostras de sedimento superficial de represas mesotróficas. As características limnológicas do local com maior abundância são de águas com pH levemente ácido a neutro (6,8–6,9), moderada condutividade (97,8–103,7 $\mu\text{S cm}^{-1}$), moderadas concentrações de nitrogênio total (988,0–1603,9 $\mu\text{g L}^{-1}$), baixas a moderadas concentrações de fósforo total (21,2–30,2 $\mu\text{g L}^{-1}$) e moderados teores de clorofila-*a* (13,3–14,4 $\mu\text{g L}^{-1}$) (Tabela 2). *Rimoneis* sp. nov. 1 ocorreu em alta abundância ($\leq 4,6\%$) e esteve associado com *Achnanthes catenatum* (Bily & Marvan) Lange-Bertalot, *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen, *A. granulata* var. *angustissima* (O. Müller) Simonsen, *A. granulata* var. *granulata* (Ehrenberg) Simonsen, *Cymbopleura naviculiformis* (Auerswald ex Heiberg) Krammer, *Discostella stelligera* (Cleve & Grunow) Houk & Klee, *Fragilaria grunowii* Lange-Bertalot & S. Ulrich, *F.*

longifusiformis (Hains & Sebring) Siver *et al.*, *Spicaticribra rudis* (P.I.Tremarin *et al.*) A.Tuji *et al.*

***Rimoneis* sp. nov. 2 (Figs 20–29)**

Frústula retangular em vista conectival, valvas hialinas, linear; face valvar com esterno inconspícuo, estreito, linear; ápices rostrados a subcapitados; estrias uniseriadas, longas, alternas, compostas de 1–7 aréolas, dispostas em toda extensão da valva até o manto, estrias fantasmas não observadas, internamente desenvolvidas em alvéolos; espinhos agudos simples, irregularmente dispostos, geralmente um por estria, localizados na costa valvar. Duas fendas apicais por ápice; bandas conectivais abertas. Comprimento: 11,4–16 µm; largura: 2,4–2,5 µm; estrias: 44–46 em 10 µm.

Material examinado: População na lâmina G6 (2009JSR026), parcialmente ilustrada aqui nas Figs 20–24 (ML), 25–29 (MEV), coletado por Jonathan Ready, 31–VIII–2009.

Localidade estudada: Rio Jeju, Tacioteua, Pará, Brasil (47°25'28''W, 1°18'43''S), fitoplâncton.

Observações taxonômicas: O táxon difere de todas as outras espécies pela forma valvar linear, estrias longas e esterno estreito, caracteres pioneiramente reportados para o gênero. *Rimoneis* sp. nov. 2 difere de *Rimoneis* sp. nov. 1 pela maior densidade de estrias 44–46 em 10 µm (vs. 40–44 em *Rimoneis* sp. nov. 1).

Ecologia e flora associada: *Rimoneis* sp. nov. 2 ocorreu em amostras planctônicas obtidas com rede de arrasto em igapós e campos alagados com águas escuras e macrófitas aquáticas (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms e *Cabomba* sp.) com altas temperaturas (27,4 °C), pH levemente ácido (6,52) e baixa condutividade (45 µS cm⁻¹) e elevada disponibilidade de oxigênio dissolvido (6,55 mg L⁻¹), indicando ambientes oligotróficos, pouco enriquecidos. *Rimoneis* sp. nov. 2 ocorreu em baixa abundância (1,5%) e esteve associado com *Brachysira microcephala* (Grunow) Compère, *Cymbella affinis* Krammer, *Cymbopleura anglica* (Lagerstedt) Krammer, *Encyonema neogracile* Krammer, *Encyonopsis schubartii* (Hustedt) Krammer, *Eunotia botuliformis* F.Wild, Nörpel & Lange-Bertalot, *Frustulia saxonica* Rabenhorst, *Planothidium frequentissimum* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot, *Staurosirella acidophila* Almeida *et al.*, *Synedra gouldarii* Brébisson ex Cleve & Grunow e *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère.

***Rimoneis inanis* M. Garcia (Figs 30–38)**

Frústula retangular em vista conectival, valvas hialinas, lanceoladas; face valvar com

esterno amplo, lanceolado; ápices subcapitados; estrias uniseriadas, curtas, paralelas composta de 2–6 aréolas, estrias fantasmas não observadas, internamente desenvolvidas em forma de cavidade. Face valvar com uma elevação formando um cume em toda extensão. Espinhos ausentes. Duas fendas apicais por ápice; bandas conectivas não observadas. Comprimento: 19,2–32,7 μm ; largura: 3,4–4,5 μm ; estrias: 54–64 em 10 μm .

Observações taxonômicas: A espécie ocorreu em três amostras analisadas do rio Jeju. O táxon difere de todas as outras espécies do gênero pela presença da elevação formando um cume em toda margem valvar. *Rimoneis inanis* ocorreu juntamente com *Rimoneis* sp. nov. 2 e os espécimes encontrados apresentaram medidas levemente maiores do que aquelas apresentadas no protólogo da espécie (Garcia 2010), contudo a ausência de espinhos e a elevação em forma de cume presentes em *R. inanis* permitiram confirmar sua identificação. Essa é a primeira citação da espécie para a região tropical amazônica.

IV. Discussão

O gênero *Rimoneis* ocorreu em 30 estações de amostragem de 14 represas localizadas no Estado de São Paulo. *Rimoneis* sp. nov. 1 foi mais abundante na represa Itupararanga (mesotrófica), com maiores valores (4,6%) no sedimento superficial. Nas amostras oriundas da região norte do Brasil, *Rimoneis* apresentou baixa abundância, porém foi representado por *R. inanis* e *Rimoneis* sp. nov. 2. A espécie mais frequente foi *R. inanis*, a qual teve sua distribuição geográfica ampliada para a região tropical amazônica, anteriormente conhecida apenas para região subtropical brasileira onde a espécie foi descrita (Garcia 2010, Seddon *et al.* 2014). Nas análises das amostras da região amazônica, outro táxon, *Rimoneis* sp. nov. 2, com caracteres exclusivos como estrias longas, esterno estreito e forma valvar linear (Tabela 3) também ocorreu em uma única amostra. *Rimoneis* sp. nov. 2 é o primeiro táxon reportado com estrias longas para o gênero, contudo, embora composta de diversas aréolas, as estrias são imperceptíveis em ML. Portanto, as três espécies de *Rimoneis* encontradas no Brasil, são registros importantes para o gênero, pois ampliaram sua distribuição conhecida das regiões subtropicais para a região tropical do país.

Segundo Round *et al.* (1990) reconhecer a diversidade morfológica existente em Fragilariaceae é um processo bastante difícil uma vez que, apresentam estrutura valvar bastante simples e pouca informação sobre a configuração de plastídeos quando comparado com outros grupos de diatomáceas. Aliado a essa dificuldade a ausência de especialistas contribui para a ausência de registros de *Rimoneis* em águas tropicais.

Rimoneis, assim como os gêneros *Hyaloneis* M.C. Amspoke e *Pravifusus* A. Witkowski *et al.* são caracterizados por formas simples sem qualquer ornamentação visível ao microscópio de luz (Garcia 2010, Li *et al.* 2016), valvas hialinas em microscopia de luz, onde as características estruturais das valvas são primeiramente observadas em microscopia eletrônica (Li *et al.* 2016).

Na análise preliminar das amostras, as valvas de *Rimoneis* foram confundidas com bandas conectivas de *Achnantheidium* Kützing e/ou *Staurosirella* Williams & Round. Contudo, no âmbito do Projeto AcquaSed foi realizado o I workshop de harmonização de Fragilariales (2011) que consistiu de padronizar todas as identificações consultando obras originais, trabalhos nomenclaturais e taxonômicos para evitar duplicidade na inserção do banco de dados e minimizar possíveis erros em cascata que impactam diretamente os trabalhos ecológicos. Nesse workshop, a consistência dos contornos valvares regulares e inteiros em diferentes amostras chamou atenção, indicando a possibilidade de um táxon distinto (E. Morales, com. pessoal). Apenas utilizando MEV os detalhes de *Rimoneis* puderam ser observados e os táxons reconhecidos.

Algumas das características que definem *Rimoneis* são comumente encontradas em gêneros marinhos ou de água salobra como a face valvar hialina, isopolar e a presença de duas fendas nos ápices (Garcia 2010). Campo de poros apicais compostos por fendas (Figs 14, 17, 27–28, 37) são observados em algumas espécies dos gêneros marinhos *Licmophora* C.Agardh, *Synedropsis* G.R.Hasle *et al.*, *Hustedtiella* Simonsen, *Psammotaenia* M.P.Ashworth *et al.*, *Castoridens* M.P.Ashworth *et al.*, (Round *et al.* 1990, Crawford *et al.* 1993, Hasle *et al.* 1994, Li *et al.* 2016), entretanto o número, tamanho e posição das fendas são variáveis entre estes gêneros. Atualmente a espécie *Staurosira reimeri* E.Morales, K.M.Manoylov & L.L.Bahls também possui campo de poros apical em forma de duas fendas e junto com as demais características diagnósticas da espécie deve ser transferida para *Stauroforma* (E.A.Morales, comunicação pessoal março de 2017). Garcia (2010) considera que as fendas encontradas em *Rimoneis* podem ser consideradas homólogas às rimopórtulas (processos labiados) como sugerido por Simonsen (1987). Quanto à estrutura dos espinhos, *Rimoneis* sp. nov. 1 e *Rimoneis* sp. nov. 2 apresentam espinhos simples e sólidos como os descritos em *R. densestriata* (pl, 321, figs 1–5), diferindo pela sua forma aguda (vs. cuneado em *R. densestriata*).

Rimoneis difere ainda de gêneros de arrafideas encontradas em águas doces como *Pseudostaurosira* (Grunow) D.M. Williams & Round e *Pseudostaurosiropsis* E. Morales pelo tipo de abertura interna das aréolas que se abrem em um único alvéolo interno (Figs

15, 16, 18, 26, 28, 36). O cingulo observado em *Rimoneis* sp. nov. 1 e *Rimoneis* sp. nov. 2 assemelham-se com o descrito por Garcia (2010) na proposição do gênero.

V. Conclusões

Apesar das recentes publicações acerca das diatomáceas da América do Sul, o conhecimento sobre a flora de arrafídeas ainda é pouco conhecido. A região tropical necessita de obras regionais que considerem amostras oriundas dos diferentes ecossistemas. A utilização de obras de identificação que utilizam amostras que representem geográfica e ecologicamente regiões temperadas pode induzir a identificação errônea, subestimando a biodiversidade local. Ainda, é necessário, sempre que possível, consultar as obras originais de descrição das espécies a fim de evitar que a deriva taxonômica também cause interpretações erradas em outros campos da ciência como biogeografia, ecologia e bioindicação. Nossos resultados apontam para a necessidade de estudos taxonômicos bem fundamentados combinando técnicas de ML e MEV com consulta ao material-tipo das espécies para ampliar o conhecimento da riqueza da flora local. Ainda, salientamos a importância da amostragem em diferentes compartimentos dos corpos aquáticos uma vez que as diatomáceas arrafídeas possuem diferentes estratégias de adesão ao substrato como hastes de mucilagem, bem como formação de colônias, podendo ocupar distintos habitats.

Particularmente, a distribuição e a ocorrência do gênero *Rimoneis* são pouco conhecidas mesmo em ambientes tropicais muito provavelmente devido ao diminuto tamanho, frústulas hialinas pouco silicificadas de difícil observação em ML, distribuição restrita e ainda a forma valvar pode ser confundida com bandas conectivas de outros táxons. Adicionalmente, sua distribuição até então limitada a regiões tropicais na Indonésia e subtropicais brasileiras levam os estudos atuais a negligenciarem a observação deste gênero em outros locais. Além disso, ao que tudo indica, os representantes deste gênero ocorrem predominantemente em ambientes com boa qualidade ecológica (oligo a mesotróficos), que são relativamente menos estudados. Este conjunto de fatores muito provavelmente concorre para o pouco conhecimento de *Rimoneis* em âmbito mundial.

Finalmente, salienta-se a importância de estudos taxonômicos em ambientes tropicais que fortalecem o conhecimento sobre a biodiversidade, uma vez que diversos ambientes têm sido impactados antes do conhecimento real sobre as espécies que habitam. O conhecimento taxonômico tem repercussão em estudos aplicados como biotecnologia,

farmacologia e ecologia. A amostragem em locais com diferentes condições ecológicas amplia o conhecimento sobre a autoecologia dos táxons que, por sua vez, subsidia trabalhos de biogeografia e bioindicação. As duas novas espécies apresentadas demonstram a necessidade de estudos que combinem técnicas de ML e MEV para as arrafídeas e salientam a necessidade de aprofundar o conhecimento taxonômico acerca da flora de diatomáceas do Brasil.

VI. Agradecimentos

Este estudo foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, (Projeto AcquaSed 2009/53898–9) e foi resultado da tese de doutorado de PDA (FAPESP 2014/13179–1). Agradecemos também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (310940/2013–3 para DCB, 207702/2014–4–SWE para PDA) e ao LIST, Luxembourg Institute of Science and Technology (TAXODIA project). Nós agradecemos a SABESP (Divisão de Recursos Hídricos Metropolitanos Sudoeste) pelo apoio logístico durante a coleta das amostras. Ao Dr. Jonathan Ready (UFPA) pelas amostras e dados disponibilizados do rio Jeju. Somos profundamente gratos a todos os estudantes e técnicos do Instituto de Botânica envolvidos nas análises de campo e laboratório.

VII. Literatura Citada

- Almeida, P.D., Morales, E.A., Wetzel, C.E., Ector, L. & Bicudo, D.C.** 2016. Two new diatoms in the genus *Fragilaria* Lyngbye (Fragilariophyceae) from tropical reservoirs in Brazil and comparison with type material of *F. tenera*. *Phytotaxa* 246: 163–183.
- Almeida, P.D., Wetzel, C.E., Morales, E.A., Ector, L. & Bicudo, D.C.** 2015. *Staurosirella acidophila* sp. nov., a new araphid diatom (Bacillariophyta) from southeastern Brazil: ultrastructure, distribution and autecology. *Cryptogamie, Algologie* 36: 255–270.
- APHA.** 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 ed. American Public Health Association, Washington DC.
- Ashworth, M.P., Ruck, E., Lobban, C.S., Romanovicz, D.K., Theriot, E.C.** 2012. A revision of the genus *Cyclophora* and description of *Astrosyne* gen. nov. (Bacillariophyta), two genera with the pyrenoids contained within pseudosepta. *Phycologia* 51: 684–699.

- Canani, L.G.C. & Torgan, L.C.** 2013. Two new *Eunotia* species with subapical costae, an uncommon structure for the genus. *Diatom Research* 28: 395–406.
- Cox, E.J.** 2009. What's in a name? – Diatom classification should reflect systematic relationships. *Acta Botanica Croatica* 68: 443–454.
- Crawford, R.M., Simonsen, R., Hinz, F., Gardner, C.** 1993. The diatoms *Hustedtiella baltica* and *H. sinuata* sp. nov. and the systematic position of the genus. *Nova Hedwigia. Beiheft.* 106: 151–160.
- ECS – European Committee for Standardization.** 2003. Water Quality – Guidance Standard for the Routine Sampling and Pretreatment of Benthic Diatoms from Rivers. *European Standard EN 13946*, Brussels.
- Ferrari, F., Wetzel, C.E., Ector, L., Bicudo, D.C. & Bicudo, C.E.M.** 2014. A new uncommon epilithic *Eunotia* (Bacillariophyceae, Eunotiaceae) from the Chapada Diamantina region, Northeast Brazil. *Phytotaxa* 164 (3): 161–174.
- Ferrario, M.E., Cefarelli, A.O., Robison, B. & Vernet, M.** 2012. *Thalassioneis signyensis* (Bacillariophyceae) from Northwest Weddell Sea icebergs, an emendation of the sageneric description. *Journal of Phycology* 48: 222–230.
- Garcia, M.** 2010. A new diatom: *Rimoneis* M. Garcia (Fragilariaceae, Bacillariophyceae): a new hyaline araphid genus based on observations of frustules from Southern Brazil. *Diatom* 26: 1–9.
- Garcia, M.** 2012. *Hyalogramma* M. Garcia (Fragilariales, Bacillariophyceae): a new hyaline araphid genus from Brazilian marine sandy beaches. *Diatom* 28: 7–13.
- Hasle, G.R., Medlin, L.K., Syvertsen, E.G.** 1994. *Synedropsis* gen. nov., a genus of araphid diatoms associated with sea ice. *Phycologia* 33: 248–270.
- Lamparelli M.C.** 2004. Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil, 235 pp.
- Li, C.L., Ashworth, M.P., Witkowski, A., Lobban, C.S., Zglobicka, I., Kurzydłowski, K.J. & Qin, S.** 2016. Ultrastructural and molecular characterization of diversity among small araphid diatoms all lacking rimpoportulae. I. Five new genera, eight new species. *Journal of phycology* 52: 1018–1036.
- Lobban, C.S., Navarro, J.N.** 2013. *Gato hyalinus* gen. et sp. nov., an unusual araphid tube-dwelling diatom from Western Pacific and Caribbean islands. *Phytotaxa* 127: 22–31.

- Medlin, K., Jung, I., Bahulikar, R., Mendgen, K., Kroth, P.** 2008. Evolution of the Diatoms. VI. Assessment of the new genera in the araphids using molecular data. *Nova Hedwigia. Beiheft.* 133: 81–100.
- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H.** 1998. Tropische Diatomeen in Südamerika I. 700 überwiegend wenig bekannte oder neue Taxa repräsentativ als Elemente der neotropischen Flora. *Iconographia Diatomologica* 5: 1–695.
- Morales E.A., Novais M.H., Chavez G., Hoffmann L. & Ector L.** 2012. Diatoms (Bacillariophyceae) from the Bolivian Altiplano: three new araphid species from the Desaguadero River draining Lake Titicaca. *Fottea* 12: 41–58.
- Morales, E.A.** 2001. Morphological studies in selected fragilarioid diatoms (Bacillariophyceae) from Connecticut waters (U.S.A.). *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia* 151:105–120.
- Patrick, R.** 1940. Diatoms of northeastern Brazil. Part I. – Coscinodiscaceae, Fragilariaceae and Eunotiaceae. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 92: 191–227.
- Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G.** 1990. *The Diatoms. Biology and morphology of the genera.* Cambridge University Press, Cambridge, 747 pp.
- Sartory, D.P. & Grobbelaar, J.U.** 1984. Extraction of chlorophyll *a* from freshwater phytoplankton for spectrophotometric analysis. *Hydrobiologia* 114: 177–187.
- Sato, S., Watanabe, T., Crawford, R.M., Kooistra, W.H.C.F, Medlin, L.K.** 2008a. Morphology of four plagiogrammacean diatoms; *Dimeregramma minor* var. *nana*, *Neofragilaria nicobarica*, *Plagiogramma atomus* and *Psammogramma vigoensis* gen. et sp. nov., and their phylogenetic relationship inferred from partial large subunit rDNA. *Phycological Research* 56: 255–268.
- Sato, S. Kooistra, W.H.C.F, Watanabe, T., Matsumoto, S., & Medlin, L.K.** 2008b. A new araphid diatom genus *Psammoneis* gen. nov. (Plagiogrammaceae, Bacillariophyta) with three new species based on SSU and LSU rDNA sequence data and morphology. *Phycologia* 47: 510–528.
- Sato, S., Matsumoto, S., Medlin, L.K.** 2009. Fine structure and 18S rDNA phylogeny of a marine araphid pennate diatom *Plagiotriata goreensis* gen. et sp. nov. (Bacillariophyta). *Phycological Research* 57: 25–35.
- Seddon, A.W.R., Witkowski, A., Froyd, C.A., Kurzydowski, K.J., Grzonka, J. & Willis, K.J.** 2014. Diatoms from Isolated Islands II: *Pseudostaurosira diablarum*, a new

species from a mangrove ecosystem in the Galapagos Islands. *Diatom Research* 29: 201–211.

Silva, W.J. & Souza, M.G.M. 2015. New species of the genus *Encyonema* (Cymbellales, Bacillariophyta) from the Descoberto River Basin, Central-western Brazil. *Phytotaxa* 195: 154–162.

Simonsen, R. 1987. Atlas and catalogue of the diatom types of Friedrich Hustedt. J. Cramer, Berlin-Stuttgart.

Smol, J.P. 2008. *Pollution of Lakes and Rivers: A Paleoenvironmental Perspective*. 2nd edition. Wiley-Blackwell Publishing, Oxford, 383 pp.

Tremarin, P.I. & Ludwig, T.V. 2008. *Anorthoneis dulcis* Hein: first record in South America. *Diatom Research* 23: 213–220.

Tremarin, P.I., Ludwig, T.A.V. & Torgan, L. C. 2012. Ultrastructure of *Aulacoseira brasiliensis* sp. nov. (Coscinodiscophyceae) and comparison with related species. *Fottea* 12: 171–188.

Tuji, A. & Williams, D.M. 2006. Typification of *Conferva pectinalis* O.F. Müll. (Bacillariophyceae) and the identity of the type of an alleged synonym, *Fragilaria capucina* Desm. *Taxon* 55: 193–199.

Wengrat, S., Marquardt, G.C., Bicudo, D.C., Bicudo, C.E.M, Wetzel, C.E. & Ector, L. 2015. Type analysis of *Cymbella schubartii* and two new *Encyonopsis* species (Bacillariophyceae) from southeastern Brazil. *Phytotaxa* 221: 247–264.

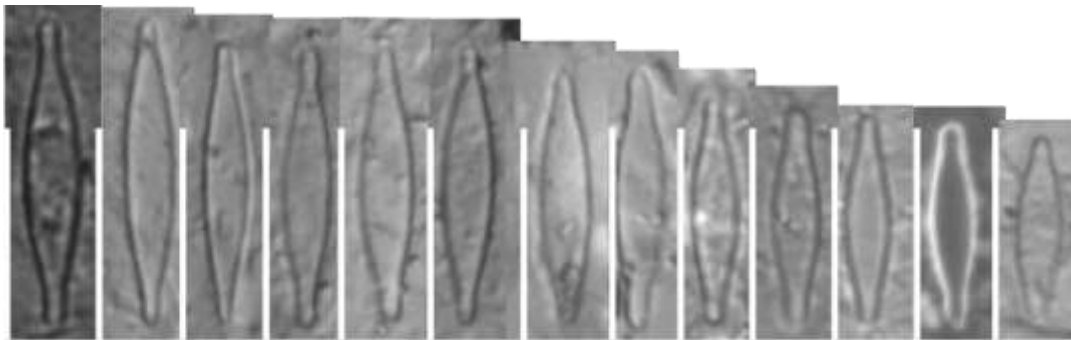
Wengrat, S., Morales, E.A., Wetzel, C.E., Almeida, P.D., Ector, L. & D.C. Bicudo 2016. Taxonomy and ecology of *Fragilaria billingsii* sp. nov. and analysis of type material of *Synedra rumpens* var. *fusa* (Fragilariaceae, Bacillariophyta) from Brazil. *Phytotaxa* 270: 191–202.

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.

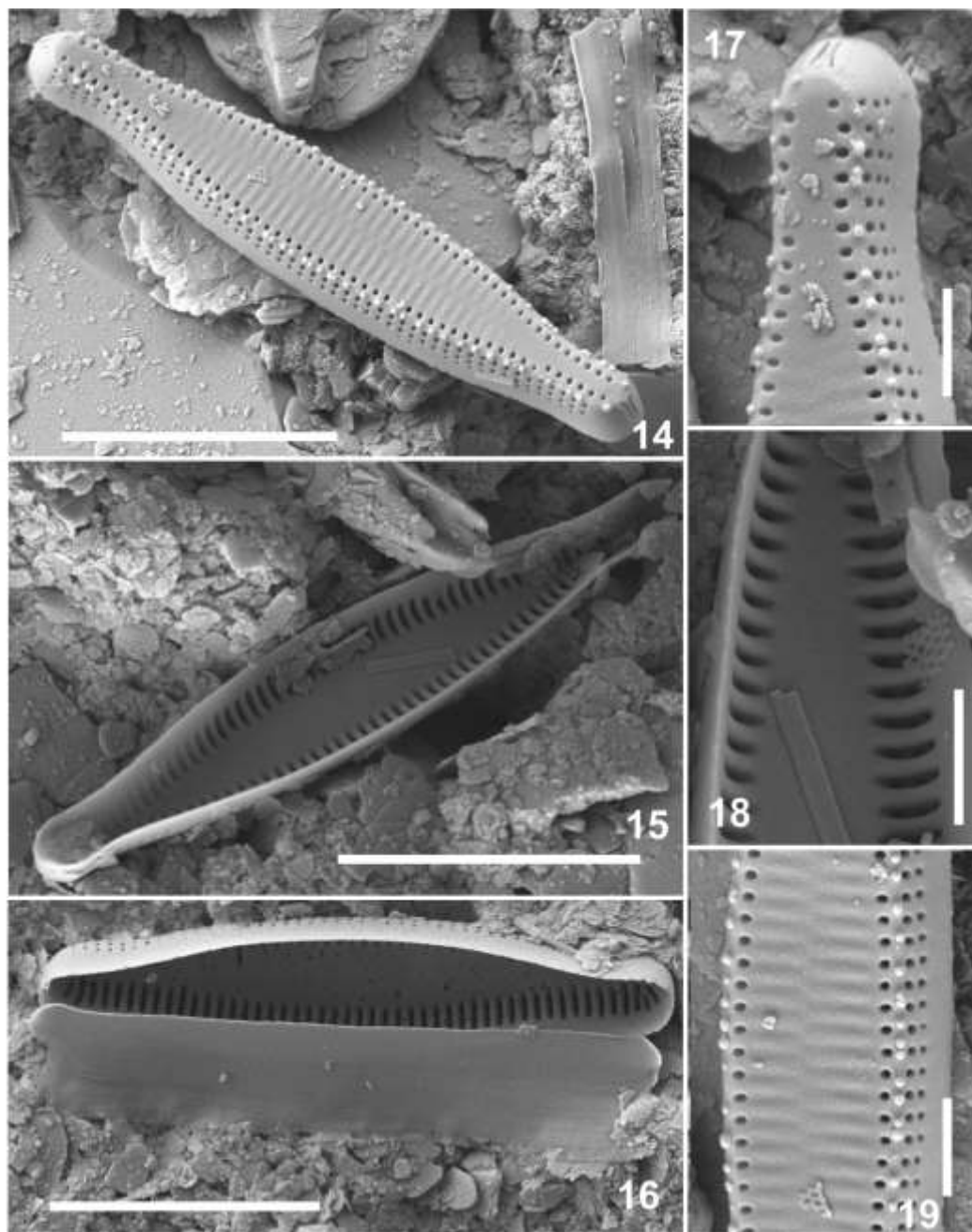
Wetzel, C.E., Ector, L., Hoffmann, L., Lange-Bertalot, H. & Bicudo, D.C. 2011. Two new periphytic *Eunotia* species from the neotropical Amazonian ‘black waters’, with a type analysis of *E. braunii*. *Diatom Research* 26: 135–146.

Wetzel, C.E., Lange-Bertalot, H., Morales, E.A., Bicudo, D.C., Hoffmann, L. & Ector, L. 2012. *Bicudoa amazonica* gen. nov. et sp. nov. (Bacillariophyta) – a new freshwater diatom from the Amazon basin with a complete raphe loss in the Eunotioid lineage. *Phytotaxa* 75: 1–18.

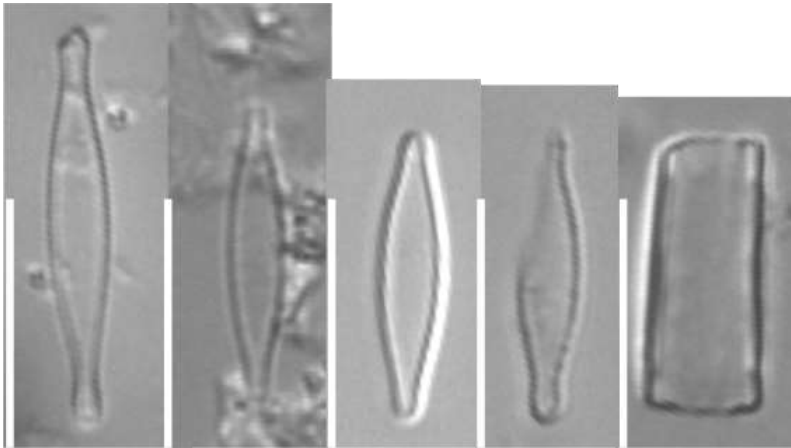
Williams, D.M. & Round, F.E. 1987. Revision of the genus *Fragilaria*. *Diatom Research* 2: 267–288.



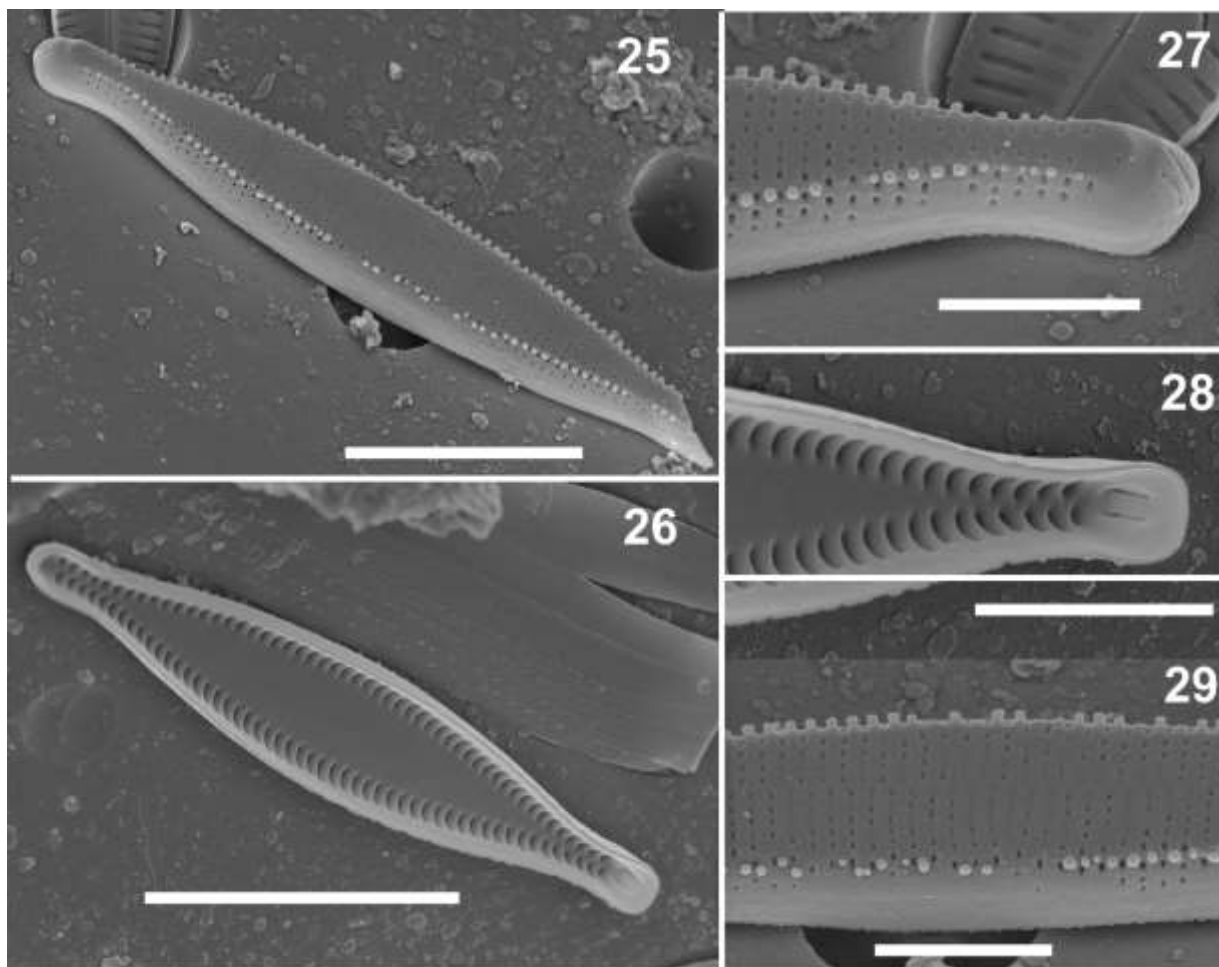
Figuras 1–13. ML. *Rimoneis* sp. nov. 1. População obtida do material tipo (SP469235), sedimento superficial, Represa Itupararanga, São Paulo. Escala = 10 μ m.



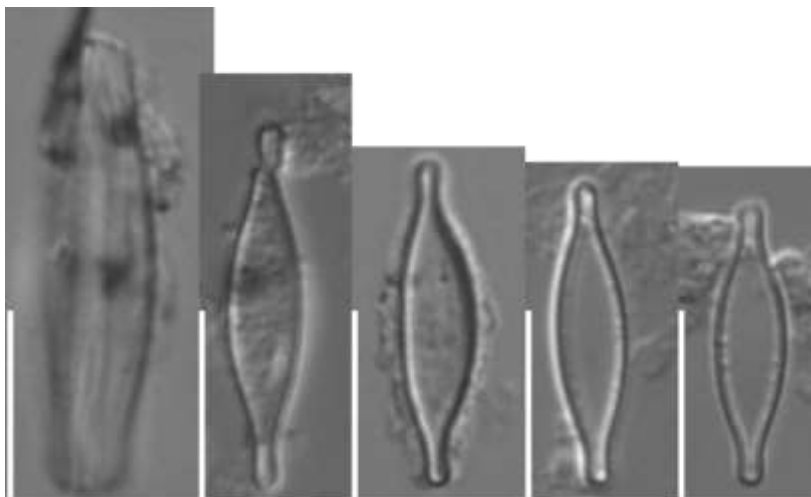
Figuras 14–19. MEV. *Rimoneis* sp. nov. 1. População obtida da represa Ipaneminha (SP469528). 14. Valva em vista externa. 15. Valvas em vista interna. 16. Valva em vista interna mostrando parte das bandas conectivas. 17. Ápices com duas fendas e espinhos sólidos. 18. Vista interna da estria. 19. Detalhe das aréolas e estrias fantasmas. Escala = 5 μ m nas Figs 14–16. Escala = 1 μ m nas Figs 17–19.



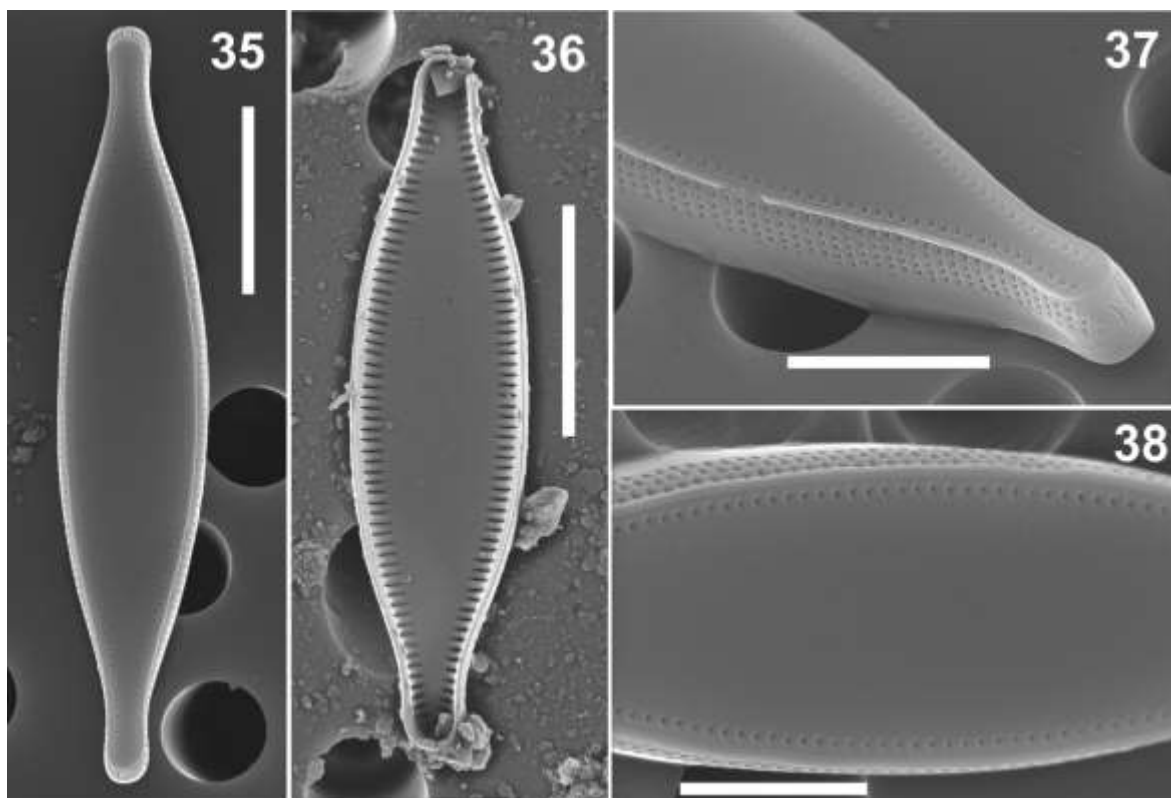
Figuras 20–24. ML. *Rimoneis* sp. nov. 2. População obtida do material tipo (2009JSR026), fitoplâncton, Rio Jeju, Pará. 24. Frústula em vista conectiva. Escala = 10 μm .



Figuras 25–29. MEV. *Rimoneis* sp. nov. 2. População obtida do material tipo (2009JSR026), fitoplâncton, Rio Jeju, Pará. 25. Valva em vista externa. 26. Valvas em vista interna. 27. Ápices com duas fendas e espinhos sólidos. 28. Vista interna da estria. 29. Detalhe das estrias longas e externo linear. Escala = 5 μm nas Figs 25–26. Escala = 1 μm nas Figs 27–29.



Figuras 30–34. ML. *Rimoneis inanis* M. Garcia. População obtidas de amostra fitoplanctônica (2009JSR026), Rio Jeju, Pará. 30. Frústula em vista conectiva. Escala = 10 µm.



Figuras 35–38. MEV. *Rimoneis inanis* M. Garcia. População obtidas de amostra fitoplanctônica (2010JSR010), Rio Jeju, Pará. 35. Valva em vista externa. 36. Valvas em vista interna. 37. Ápices com duas fendas. 38. Detalhe da valva com elevação em forma de cume. Escala = 5 µm nas Figs 35–36. Escala = 2 µm na Fig. 37. Escala = 3 µm na Fig. 38.

Tabela 1. Dados da ocorrência de *Rimoneis* na área de estudo, bacia hidrográfica, local, estação de amostragem, hábito e número de herbário. Inverno (I), Verão (V), Fitoplâncton (F), Perifiton (P) e Sedimento superficial (S).

Bacia	Local	Estação de amostragem	Coordenadas geográficas	Hábitat	Estado trófico	Código de herbário
Alto Paranapanema	Paineiras	PI2–I	23°51'04.6''S, 47°37'49.8''W	S	Mesotrófico	469406
Alto Tietê	Billings (Rio Grande)	RG3–I	23°45'14.94''S, 48°28'25.62''W	S	Mesotrófico	401585
Alto Tietê	Cachoeira da Graça	CG2–I	23°39'17.68''S, 46°57'57.75''W	P	Mesotrófico	469558
Alto Tietê	Cachoeira da Graça	CG2–I	23°39'17.68''S, 46°57'57.75''W	S	Mesotrófico	427584
Alto Tietê	Paiva Castro	PC1–I	23°19'39''S, 46°36'42''W	S	Oligotrófico	469259
Alto Tietê	Paiva Castro	PC3–I	23°20'15''S, 46°39'41''W	F	Oligotrófico	469305
Alto Tietê	Paiva Castro	PC3–V	23°20'15''S, 46°39'41''W	F	Oligotrófico	469283
Alto Tietê	Paiva Castro	PC3–I	23°20'15''S, 46°39'41''W	P	Oligotrófico	469176
Alto Tietê	Paiva Castro	PC3–V	23°20'15''S, 46°39'41''W	P	Oligotrófico	469371
Alto Tietê	Paiva Castro	PC3–I	23°20'15''S, 46°39'41''W	S	Oligotrófico	469261
Alto Tietê	Paiva Castro	PC4–I	23°19'49''S, 46°40'37''W	F	Oligotrófico	469306
Alto Tietê	Paiva Castro	PC4–V	23°19'49''S, 46°40'37''W	F	Oligotrófico	469284
Alto Tietê	Paiva Castro	PC4–I	23°19'49''S, 46°40'37''W	P	Oligotrófico	469552
Alto Tietê	Paiva Castro	PC4–V	23°19'49''S, 46°40'37''W	P	Oligotrófico	469551
Alto Tietê	Paiva Castro	PC4–I	23°19'49''S, 46°40'37''W	S	Oligotrófico	469262
Médio Tietê/ Alto Sorocaba	Barra Bonita	BB5–V	22°31'56.04''S, 48°27'37.3''W	P	Supereutrófico	469550
Médio Tietê/ Alto Sorocaba	Ipaneminha	IP2–V	23°32'37.68''S, 47°31'4.38''W	P	Mesotrófico	469528
Médio Tietê/ Alto Sorocaba	Ipaneminha	IP3–V	23°32'34.62''S, 47°31'8.88''W	P	Mesotrófico	469530
Médio Tietê/ Alto Sorocaba	Itupararanga	IT1–I	23°37'11.58''S, 47°13'59.34''W	S	Mesotrófico	469232
Médio Tietê/ Alto Sorocaba	Itupararanga	IT2–I	23°36'51.96''S, 47°18'5.22''W	S	Mesotrófico	469233
Médio Tietê/ Alto Sorocaba	Itupararanga	IT3–I	23°37'12.96''S, 47°19'37.2''W	S	Mesotrófico	469234
Médio Tietê/ Alto Sorocaba	Itupararanga	IT4–I	23°38'0.36''S, 47°22'14.52''W	F	Mesotrófico	469500
Médio Tietê/ Alto Sorocaba	Itupararanga	IT4–V	23°38'0.36''S, 47°22'14.52''W	F	Mesotrófico	469495
Médio Tietê/ Alto Sorocaba	Itupararanga	IT4–I	23°38'0.36''S, 47°22'14.52''W	S	Mesotrófico	469235
Médio Tietê/ Alto Sorocaba	Itupararanga	IT5–I	23°36'53.1''S, 47°23'34.7''W	F	Mesotrófico	469501
Médio Tietê/ Alto Sorocaba	Itupararanga	IT5–I	23°36'53.1''S, 47°23'34.7''W	S	Mesotrófico	469236

Bacia	Local	Estação de amostragem	Coordenadas geográficas	Habitat	Estado trófico	Código de herbário
Médio Tietê/ Alto Sorocaba	Santa Helena	SH1-I	23°34'49.92''S, 47°25'32.64''W	S	Oligotrófico	469229
Médio Tietê/ Alto Sorocaba	Santa Helena	SH2-V	23°34'58.56''S, 47°25'50.52''W	P	Oligotrófico	469524
Médio Tietê/ Alto Sorocaba	Santa Helena	SH2-I	23°34'58.56''S, 47°25'50.52''W	S	Oligotrófico	469230
Piracicaba, Capivari, Jundiá	Atibainha	AT1-V	23°08'50''S, 46°18'49''W	F	Oligotrófico	469275
Piracicaba, Capivari, Jundiá	Atibainha	AT1-I	23°08'50''S, 46°18'49''W	S	Oligotrófico	469253
Piracicaba, Capivari, Jundiá	Atibainha	AT2-I	23°09'42''S, 46°21'44''W	F	Oligotrófico	469298
Piracicaba, Capivari, Jundiá	Atibainha	AT2-V	23°09'42''S, 46°21'44''W	F	Oligotrófico	469276
Piracicaba, Capivari, Jundiá	Atibainha	AT2-I	23°09'42''S, 46°21'44''W	S	Oligotrófico	469254
Piracicaba, Capivari, Jundiá	Atibainha	AT5-I	23°12'46''S, 46°22'45''W	S	Oligotrófico	469257
Piracicaba, Capivari, Jundiá	Cachoeira	CA1-I	23°00'35''S, 46°16'05''W	F	Oligotrófico	469292
Piracicaba, Capivari, Jundiá	Cachoeira	CA1-I	23°00'35''S, 46°16'05''W	S	Oligotrófico	469248
Piracicaba, Capivari, Jundiá	Cachoeira	CA2-V	23°00'37''S, 46°17'11''W	F	Oligotrófico	469271
Piracicaba, Capivari, Jundiá	Cachoeira	CA3-I	23°01'56''S, 46°17'20''W	F	Oligotrófico	469294
Piracicaba, Capivari, Jundiá	Cachoeira	CA3-V	23°01'56''S, 46°17'20''W	F	Oligotrófico	469272
Piracicaba, Capivari, Jundiá	Cachoeira	CA3-I	23°01'56''S, 46°17'20''W	S	Oligotrófico	469250
Piracicaba, Capivari, Jundiá	Cachoeira	CA4-I	23°03'00''S, 46°19'07''W	S	Oligotrófico	469251
Piracicaba, Capivari, Jundiá	Cachoeira	CA5-I	23°04'11''S, 46°18'41''W	F	Oligotrófico	469296
Piracicaba, Capivari, Jundiá	Cachoeira	CA5-I	23°04'11''S, 46°18'41''W	S	Oligotrófico	469252
Piracicaba, Capivari, Jundiá	Salto Grande	SG1-I	22°43'43''S, 47°13'56''W	F	Supereutrófico	469307
Piracicaba, Capivari, Jundiá	Salto Grande	SG2-I	22°42'59''S, 47°14'21''W	F	Supereutrófico	469308
Ribeira de Iguape e Litoral Sul	Cachoeira do França	FR2-I	23°55'33.7''S, 47°11'54.6''W	S	Oligotrófico	469389
Ribeira de Iguape e Litoral Sul	Cachoeira do França	FR3	23°55'53.4''S, 47°10'34.4''W	F	Oligotrófico	469410
Ribeira de Iguape e Litoral Sul	Jurupará	JP1-I	23°56'00''S, 47°22'18.0''W	S	Mesotrófico	469208
Ribeira de Iguape e Litoral Sul	Serraria	SE3-I	24°08'28.8''S, 47°32'32.3''W	S	Mesotrófico	469204
Rio Jeju	Jeju	G15-V	1°20'16''S, 47°32'39''W	F	NA	2009JS R007
Rio Jeju	Taciateua	G6-I	1°18'43''S, 47°25'28''W	F	NA	2009JS R026

Bacia	Local	Estação de amostragem	Coordenadas geográficas	Hábitat	Estado trófico	Código de herbário
Rio Jeju	Taciateua	G2-V	1°20'16''S, 47°32'39''W	F	NA	2010JS R010

Tabela 2. Variáveis limnológicas dos locais com ocorrência de *Rimoneis*. Médias da coluna d'água no verão e inverno. OD: oxigênio dissolvido; NT: nitrogênio total; PT: fósforo total, SSR: sílica solúvel reativa; Inv.: inverno, Ver.: verão e NA: não avaliado.

	Temperatura (°C)		pH		Condutividade (μS cm ⁻¹)		OD (mg L ⁻¹)		NT (μg L ⁻¹)		PT (μg L ⁻¹)		SSR (mg L ⁻¹)		Clorofila-a (μg L ⁻¹)	
	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.
AT	14,26	22,42	6,37	5,87	40,06	28,05	6,44	3,60	544,11	283,99	8,91	9,93	4,24	3,65	1,91	3,04
BB	18,32	26,70	7,32	7,66	389,80	348,53	5,26	3,44	5459,70	6444,58	249,21	245,50	1,93	3,60	48,55	40,82
CA	14,23	23,29	6,57	6,06	38,60	41,20	7,44	4,35	217,31	451,71	12,82	17,27	5,03	3,78	1,93	2,20
CG	17,05	23,44	5,91	6,44	14,70	17,50	9,37	5,99	290,04	209,86	15,52	4,06	5,29	3,07	2,17	5,62
FR	16,90	25,59	6,55	7,61	26,00	27,58	6,70	5,38	258,71	353,22	4,82	13,96	3,46	1,89	10,42	1,77
IP	20,09	23,27	7,43	6,70	167,20	159,66	9,62	3,46	1315,41	543,38	34,25	33,52	1,41	3,14	11,17	6,68
IT	17,36	21,02	6,86	6,98	103,67	97,86	6,00	4,72	988,06	1603,59	30,23	21,28	2,79	2,58	14,44	13,31
JP	18,43	25,49	6,12	5,80	26,67	31,75	6,74	4,10	361,79	1071,06	17,37	34,76	4,20	4,01	7,99	6,32
PC	16,60	23,61	6,18	5,91	58,58	28,91	7,01	4,75	278,72	259,87	11,34	14,22	4,27	4,01	1,07	1,93
PI	17,70	26,46	6,34	6,88	40,11	36,87	6,47	6,18	374,11	172,32	18,13	18,30	5,03	4,10	5,71	6,37
RG	17,21	25,12	7,12	6,43	198,58	55,62	6,69	3,14	1230,78	1108,91	32,92	41,14	1,52	2,20	18,81	17,22
SE	19,18	24,67	6,27	6,04	27,89	29,55	7,26	4,82	299,70	269,55	10,13	5,59	4,77	1,98	2,12	2,06
SG	21,62	27,49	7,09	7,16	388,00	211,75	4,50	5,21	2453,02	2723,74	158,76	65,45	5,55	4,12	87,23	55,17
Jeju ⁽¹⁾	27,40		6,52		45,00		6,71		NA		NA		1,16		NA	

(1): Dados obtidos em uma única coleta

Tabela 3. Comparação das características morfológicas das espécies do gênero *Rimoneis* descritas até o momento.

	<i>R. densestriata</i>	<i>R. inanis</i>	<i>Rimoneis</i> sp. nov. 1	<i>Rimoneis</i> sp. nov. 2
Poro apical	2 fendas	2 fendas	2 fendas	2 fendas
Cíngulo	Abertas, várias	Abertas, 3–6	Abertas, 3–6	Abertas, 3–6
Comp. (µm)	8,5–12	17–32,7	9–15	11,4–16
Largura (µm)	2,5–3,25	2,7–4,5	2,0–2,6	2,4–2,5
Estrias/10 µm	32	52–64	40–44	44–46
Forma da valva	Linear-lanceolada	Linear-lanceolada	Linear-lanceolada	Linear
Espinho	Cuneado	Ausente, elevação presente	Agudo	Agudo
Esterno	Amplo, lanceolado	Amplo, lanceolado	Estreito, linear	Inconspícuo, linear
Estrias	Curtas, paralelas	Curtas, paralelas	Estrias fantasmas, paralelas	Longas, alternas
Aréolas	Redondas, 3–4 por estria	Redonda, 2–6 por estria	Elíptica a redondas, 1–3 por estria	Elíptica a redondas, 1–7 por estria
Hábitat	Água doce	Água doce e salobra	Água doce	Água doce
Distribuição geográfica	Tropical	Subtropical e tropical	Tropical	Tropical
Referências	Simonsen (1987), Garcia (2010)	Garcia (2010), este estudo	Este estudo	Este estudo

New species and combinations on *Fragilariforma* (Bacillariophyta) from tropical freshwater environments

ABSTRACT

Several species currently belonging to the genus *Fragilariforma* D.M. WILLIAMS et ROUND are known worldwide. This genus is mainly characterized by regular spacing of the uniseriate striae composed of round areolae bearing simple vela, and simple apical pore fields. A large number of species has been recognised for some regions of South America and tropical Africa, but few studies encompass type material and/or the morphological variation existing within populations of the different species. The aim of this study is to identify and describe the morphology of these species from tropical environments under light and scanning electron microscopy and using available type material. Nomenclatural issues are examined and clarified for five taxa: *Fragilaria nitzschioides* var. *brasiliensis* GRUNOW, *F. undata* var. *brasiliensis* C. ZIMMERMANN, *F. strangulata* (ZANON) D.M. WILLIAMS et ROUND, *F. telum* J.R. CARTER et DENNY and *F. rolandschmidtii* METZELTIN et LANGE-BERTALOT. The type material of *F. nitzschioides* var. *brasiliensis*, housed in the Grunow Collection at the Naturhistorisches Museum Wien (W) was examined and its epitypification is proposed. One new species from the Amazon region *Fragilariforma* sp. nov. is presented and described.

KEYWORDS: Africa, Brazil, diatoms, Grunow Collection, morphology, taxonomy, type material, ultrastructure

1. INTRODUCTION

The genus *Fragilariforma* was erected to include *Fragilariforma virescens* (RALES) D.M. WILLIAMS et ROUND and related species. Initially named *Neofragilaria* D.M. WILLIAMS et ROUND, this name was deemed a superfluous homonym, triggering the recombination of species under the new name *Fragilariforma* (WILLIAMS & ROUND 1987, 1988). This genus comprises several species that are distinguished from *Fragilaria sensu stricto* by the thin or absent sternum; larger, wider valves; higher number of copulae composing the cingulum; usually acute spines, not always linking contiguous valves; uniseriate striae composed mostly of rounded areolae bearing simple vela; and simple apical pore fields (WILLIAMS 1986, 1996; WILLIAMS & ROUND 1987; KILROY et al. 2003, MORALES et al. 2012; WETZEL et al. 2013).

According to WILLIAMS (1996), the striae run from the sternum to the valve mantle, and the spines are tubular and located at the junction of the valve face/mantle. Under scanning electron microscopy (SEM), the apical pore fields are present at both apices and are composed of several rows of small and round poroids. The girdle bands are open, ligulate, and bear a single row of round areolae. One rimoportula is located along a stria at one of the valve apices (WILLIAMS & ROUND 1987; KILROY et al. 2003; MORALES et al. 2012).

At the time the genus was proposed, six species were transferred from *Fragilaria* by WILLIAMS & ROUND (1988). Since then, several others have been transferred, and some others described as new (KILROY et al. 2003; WETZEL et al. 2013; WILLIAMS & BUCZKÓ 2016). However, the literature still contains taxa within *Fragilaria* that need to be transferred to *Fragilariforma*, such is the case of *F. nitzschioides* var. *brasiliensis* GRUNOW and *F. telum* J.R. CARTER et DENNY.

As a whole, *Fragilariforma* shows great diversity in valve outline, but it is character-poor under light microscopy (LM) with the consequent formation of species complexes (KINGSTON et al. 2001). Within each complex there are only subtle variations among taxa, requiring the use of sophisticated tools for their separation (KINGSTON & PAPPAS 2009). The existence of these complexes is further complicated by inadequate original descriptions, lacking sufficient detail and studies to show variability at the population level. Moreover, size reduction due to cell division during asexual reproduction frequently produces elliptic or rhombic valve shapes that are difficult to resolve even by morphometric methods (KINGSTON & PAPPAS 2009). All this has resulted in multiple taxonomic confusions and in a literature that is difficult to interpret. According to WILLIAMS & BUCZKÓ (2016), at present there are about 30 species of *Fragilariforma*, although some of those questionably included should perhaps be placed elsewhere.

Fragilariforma virescens, for example, is reported as a cosmopolitan species (WILLIAMS 2001). Despite it being the generitype, there are more than 7 synonyms for the epithet *virescens* and 15 additional related taxa names, in addition to the 54 infraspecific entries associated to this single diatom (VANLANDINGHAM 1971; REID et al. 1994). According to the INDEX NOMINUM ALGARUM (2015), 52 infraspecific entries are found for the epithet *virescens* in the database.

Certainly, these complications have immediate repercussions on the use of these diatoms as ecological indicators and in the determination of their ranges of distribution (COX 1998, 1999; MORALES et al. 2001).

Fragilariforma is reported mainly from dystrophic waters varying from slightly to strongly acidic, oligo to mesotrophic environments (RENBORG 1977; WILLIAMS 1990; KINGSTON et al. 2001; KILROY et al. 2003; MORALES et al. 2012; WETZEL et al. 2013).

Three taxa in particular are frequently mentioned for tropical environments, i.e. *Fragilariforma javanica* (HUSTEDT) C.E. WETZEL et al., *F. strangulata* (ZANON) D.M. WILLIAMS et ROUND and *Fragilaria telum* J.R. CARTER et DENNY, which have been historically confused with each other (HUSTEDT 1949; WILLIAMS & ROUND 1987; FERRARI & LUDWIG 2007; WETZEL et al. 2013), and require more ultrastructural studies for the establishment of taxonomic boundaries. In Brazil, *Fragilariforma javanica*, *Fragilaria nitzschioides* var. *brasiliensis*, *Fragilariforma strangulata* and *F. virescens* are usually mentioned in freshwater environments (BRASSAC & LUDWIG 2003; LANDUCCI & LUDWIG 2005; DUNCK et al. 2012; WETZEL et al. 2012a, b; NARDELLI et al. 2014). Working in the Amazon region, WETZEL (2011) reported a high diversity of *Fragilariforma*, citing seven taxa for this region, including *F. javanica*, *F. nitzschioides* var. *brasiliensis*, *F. rolandschmidtii* METZELTIN et LANGE-BERTALOT and *F. virescens* f. *undatiformis* (ANT. MAYER) CLEVE-EULER. These species share characteristics that overlap, forming a complex. Also recorded from Brazil, *F. undata* var. *brasiliensis* C. ZIMMERMANN was originally described from the Northeastern Atlantic Forest in Brazil, but no other record was found in the literature. Therefore, there is a common occurrence of taxa within *Fragilariforma* in Brazil, especially in the Amazon Region and the Atlantic Forest.

Up until now, *Fragilaria javanica* and *F. nitzschioides* var. *brasiliensis* have been treated as synonyms (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991; METZELTIN & LANGE-BERTALOT 1998), but there has been no confirmation of this synonymy based on studies of type material and cross-checking with other populations. In the present paper, we study freshwater populations from rivers in the Atlantic Forest (Paiva Castro reservoir) and the Amazon basin (Rio Negro) in Brazil and additional material from Zambia, in an attempt to clarify the identity of *F. nitzschioides* var. *brasiliensis*, including analyses of the type

material from the Grunow Collection. Additional SEM images from type material of *F. javanica* are also presented. A new species, *Fragilariforma* sp. nov., is described from the Amazon region. Discussions for all taxa in the context of available literature, several synonymizations, and new combinations were provided in the submitted manuscript.

2. MATERIAL AND METHODS

All the material used in the present manuscript is listed with additional information in Table 1. Observations are based on the original type material of *Fragilaria nitzschioides* var. *brasiliensis* from the Grunow Collection, housed in the Naturhistorisches Museum Wien (W), slide 2318. Light microscopy images were provided by Dr. Anton Igersheim, and also the drawing in plate 44, fig. 11 in VAN HEURCK (1881), including notes from Grunow's notebook on sample n° 2318 (Fig. 1 herein). Unfortunately, raw material sample n° 2318 was not available for SEM analysis.

Additional SEM images of type material of *F. javanica* (also illustrated in WETZEL et al. 2013) were obtained from the sample AS500 housed at the Hustedt Collection in Bremerhaven (BRM), Germany. Periphytic samples from Africa (Zambia) and Brazil were also studied in LM and SEM. Material from Zambia was collected scraping the surface of rocks covered with detrital material with a spoon. The collection site was located in a seep in the spray zone near the main cataract of Ntumbachushi Falls, Ngona River, Luapula Province (leg. Jonathan Taylor). Physico-chemical variables were measured concurrent with the collection of the diatom sample using a YSI 556 MPS multi parameter for temperature, electrical conductivity and oxygen concentration and a portable meter Hanna HI 98129 for pH. More details about physical-chemistry analyses were provided by TAYLOR et al. (2014).

Samples and water chemistry data from the Brazilian Amazon were collected from several microhabitats in the Rio Negro basin, following procedures explained in WETZEL et al. (2012a, b). Samples from southeastern Brazil were collected from Paiva Castro Reservoir in 2013; an oligotrophic reservoir, part of the Cantareira Water Supply System, municipality Franco da Rocha, State of São Paulo. The periphytic material was collected from the natural substratum (*Salvinia* sp.) with a toothbrush and rinsed with distilled water. Temperature (°C), pH and conductivity ($\mu\text{S cm}^{-1}$) were measured in the field using standard electrodes (Horiba U-53). Analytical procedures for dissolved oxygen (mg L^{-1}), alkalinity (mEq L^{-1}), total nitrogen and total phosphorus ($\mu\text{g L}^{-1}$) followed Standard Methods (APHA 2005).

Samples were oxidized according to methods described by the EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (2003) using concentrated H_2O_2 (37%) and HCl. Oxidized subsamples were rinsed with deionized water and permanent slides were prepared using Naphrax[®] as mounting medium. LM images were taken at a magnification of 1000 $\times$ with a Zeiss microscope Axioskop 2 equipped with DIC and phase contrast. Based on the width of the centre of the valve, apices width, width of apices at 3 μm and density of striae in 10 μm , morphometric analysis was conducted using R program (R Core Team 2016). For SEM studies, aliquots of processed material were filtered and rinsed with deionized water through a 3 μm Isopore[™] polycarbonate membrane filter (Merck Millipore). Filters were mounted on aluminium stubs and coated with platinum using BAL-TEC Med 020 Modular High Vacuum Coating System for 30 s at 100 mA. Cleaned samples were examined using an ultra-high resolution analytical field emission (FE) scanning electron microscope Hitachi SU-70 (Hitachi High Technologies) operated at 5 kV at 10 mm distance. Micrographs were digitally manipulated and plates containing LM and SEM images were created using CorelDraw X7[®]. Morphological terminology was based on

BARBER & HAWORTH (1981) for feature of valve and ROUND et al. (1990) for ultrastructure and SEM terminology.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Fragilariforma sp. nov. (Figs 2–34)

Description: Valves linear, strongly constricted at the centre, marking four distinct portions; protracted apices, capitate to subcapitate in small cells (Figs 2–26). The striae are uniseriate, parallel, composed of small, circular areolae, continuous onto the mantle (Figs 27–30). Velum not observed. Narrow central sternum visible (Figs 2–9, 20–22, 27–30, 32). Spines present along valve edges (Figs 5, 10–13, 27–30). Apical pore fields well-developed at both apices, with several round poroids, irregularly disposed and with few spines (Figs 2–30). One rimoportula per valve near the apex, aligned with a stria (Figs 2–5, 27, 28). Spines with acutely denticulate morphology, resembling shark teeth (Figs 27–29). Girdle consisting of open bands and bearing one row of poroids (Fig. 34). Measurements from type material: length 12.0–67.0 μm , width at central area 2.2–5.3 μm , width at 1/3 the valve 3.6–6.5 μm , width at apices 1.9–4.5 μm , width at in 3 μm underneath apex 1.8–4.5 μm , striae 18–25 in 10 μm ($n=48$).

Holotype, isotype and type locality were designated in the submitted manuscript.

Material analysed: Collected at “Igapó Ibará” a left bank tributary of the Negro river, Rio Negro hydrographical basin, State of Amazonas, Brazil. 0°17'11" S, 66°35'18" W. Epilithic sample collected by C.E. Wetzel and L. Ector, sample 177 (SP-400392) on 07 March 2005.

Taxonomical remarks: *Fragilariforma* sp. nov. shows some similarities to *F. constricta* and *F. javanica* but differs by narrower valves and the strongly extended capitate to subcapitate apices (Table 2). In SEM, the sternum of *Fragilariforma* sp. nov. is very

narrow and often difficult to observe; spines are hollow, with ridges that are more pronounced near the base (expanding contact surface with the valve face), and disappear towards the tip of spines. The new species was found as epilithic in a tributary from the Negro River. *Fragilariforma* sp. nov. showed a few similarities with *F. constricta* for the valve outline divided in four portions and density of striae. *Fragilariforma constricta* has wider central area and slightly rostrate apices (PATRICK & REIMER 1966; ZIMMERMANN et al. 2010). SEM analyses revealed that spines found in *Fragilariforma* sp. nov. are morphologically similar to those found in *F. telum* and in *F. javanica*, but in the latter, the hollow or solid feature has not been shown. Narrow valves with extended apices and denticulate spines is a set of features only found in *Fragilariforma* sp. nov. thus far (Table 2).

Fragilaria nitzschioides var.? *brasiliensis* GRUNOW in VAN HEURCK, Synopsis des Diatomées de Belgique, pl. 44, fig. 11, 1881. **(Figs 35–70)**

Holotype: Slide 2318!, Grunow Collection, housed in Naturhistorisches Museum Wien (W), illustrated here in Figs 35–38.

Epitype (designated in the submitted manuscript): Brazil, São Paulo, Paiva Castro Reservoir, Slide SP-469176 housed in Herbário Científico do Estado Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo (SP). 23°20'15'' S, 46°39'41'' W. Epiphytic sample collected by S. Zorzal and D.C. Bicudo, sample PC-03 on July 2013.

Description: Frustules rectangular in girdle view (Fig. 52). Valves linear to lanceolate, constricted in the middle, subcapitate to rostrate ends (Figs 35–38 [holotype], 40–60). Some valves slightly asymmetric, small valves sometimes eccentric along the apical axis (Figs 53–60). A series of small spines is visible in LM in some valves along the valve margin (Figs 42–43). Striae uniseriate, parallel, composed of small, circular areolae,

extending onto mantle, interrupted or not by spines. Each areola occluded by velum positioned near areolar outer opening (Figs 63, 68–70). One well-developed rimoportula per valve, outer opening aligned with a stria (Figs 40–46, 64, 65). Position of rimoportula in relation to valve face variable. The sternum very narrow, difficult to see even in SEM, except in valves with narrow and linear sternum (Figs 56, 61, 68). Apical pore fields simple with several round poroids radially disposed from valve face to mantle at both valve apices. Spines sometimes present on apical pore fields, irregularly arranged or in semicircle (Figs 62, 63, 68, 69). Spines solid, conical, acutely ended, slightly curved and irregularly positioned on costae or striae (Figs 61, 68–70). Mantle deep, ornamented at abvalvar margin with plaques (Fig. 67). Cell dimensions from type and epitype material: length 10.7–74.4 μm , width at central area 3.5–6.7 μm , width at 1/3 the valve 3.6–6.5 μm , width at apices 1.9–4.4 μm , width at in 3 μm underneath apex 1.2–4.7 μm , striae 19–26 in 10 μm ($n=80$).

Taxonomical remarks: Based on LM analysis, the recent freshwater material collected in Paiva Castro Reservoir (São Paulo) is very similar to *Fragilaria nitzschioides* var. *brasiliensis* described by GRUNOW in VAN HEURCK 1881 from Branco River, Santos, São Paulo (Fig. 70). The description of *Fragilaria nitzschioides* var.? *brasiliensis* presented here is supported by the drawing in VAN HEURCK and images taken from the holotype slide included here (Figs 35–38). This taxon differs from *F. nitzschioides* (GRUNOW) LANGE-BERTALOT in HOFMANN et al. by the shape of the apices, spines, sternum, frustule shape in girdle view; therefore, it can no longer be considered as a variety (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991; HOWARD & MORALES 2012). The apices of *F. nitzschioides* are slightly rostrate to abruptly rounded, sternum is present along the apical axis, striae on either side of the sternum, short spines, of the valve and frustules arranged in ribbon-like colonies (HOWARD & MORALES 2012; WOJTAL 2013). *Fragilaria nitzschioides* var.?

brasiliensis has prominent apices, very narrow sternum, or absent in some valves, and in this study, we could not find evidence of colonies or linking spines. Thus, a new nomenclatural status was required.

Fragilaria nitzschioides var.? *brasiliensis* was treated as a synonym of *F. javanica* (HUSTEDT) C.E. WETZEL, E. MORALES et ECTOR by KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1991) and METZELTIN & LANGE-BERTALOT (1998). The identification of *Fragilaria nitzschioides* var.? *brasiliensis* in Brazil was based on these references and, therefore, *Fragilaria nitzschioides* var.? *brasiliensis* was mistaken as *F. javanica* in different regions of the country (METZELTIN & LANGE-BERTALOT 1998; BRASSAC & LUDWIG 2003; LANDUCCI & LUDWIG 2005; FERRARI & LUDWIG 2007; WETZEL 2011; DUNCK et al. 2012; NARDELLI et al. 2014). We show, by means of LM and SEM information that these species differ in form and width of apices and kind of spines (Figs 62–70). In the type material, *F. javanica* valves did not present rimoportula (WETZEL et al. 2013, see figs 18–20), new photos obtained from this type material, revealed a slender septum (Figs 71, 72), although in the material from Brazil the valves did not present this structure, thus indicating that populations studied here belong to *Fragilaria nitzschioides* var.? *brasiliensis*.

To clarify the separation of *Fragilaria nitzschioides* var.? *brasiliensis* and *F. javanica*, a comparison between both taxa under SEM was necessary. Unfortunately, there was no raw material of *Fragilaria nitzschioides* var.? *brasiliensis* at the Grunow Collection for SEM, consequently, an epitype from Paiva Castro reservoir (São Paulo) was selected in the submitted manuscript to facilitate interpretation, as recommended by the International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (REID et al. 1994; JAHN & KUSBER 2009, MCNEILL et al. 2012). The designation of an epitype was necessary given the importance of unmounted material for SEM analysis. The type

material present in the Grunow Collection (W) consists only of a permanent slide, and it is not possible to use it for the ultrastructural analyzes that are required.

This reservoir was selected due to the large population found developing in the periphyton (on *Salvinia* sp.), but also because the type locality of Branco River, Santos, São Paulo disappeared due to urban development.

Fragilariforma undata var. *brasiliensis* C. ZIMMERMANN was described from the State of Bahia, northeastern Brazil. This taxon differed from *Fragilaria nitzschioides* var.? *brasiliensis* by its inconspicuous sternum and absence of spines according to ZIMMERMANN (1919). However, these characters are not sufficient for consistent differentiation of taxa according to the revision of the genus by WILLIAMS & ROUND (1987), where the authors state that in taxa within *Fragilariforma* spines may not be observed in some specimens (Figs 39, 44–46) and the sternum is variable (WILLIAMS 1996; KILROY et al. 2003; MORALES et al. 2012). Therefore, the synonymization of *F. undata* var. *brasiliensis* with *Fragilaria nitzschioides* var.? *brasiliensis* was proposed in the submitted manuscript since both taxa clearly coincide in shape variability (valve outline) and morphometric measures (see Figs 35–60). The synonymization of *Fragilaria nitzschioides* var.? *brasiliensis* with *F. undata* var. *brasiliensis* is justified based on the lack of a valid diagnostic character of this variety. Unfortunately, the fate of Zimmermann's collection is unknown, and any slides used by Zimmermann in his studies are unavailable (GOMES et al. 2012).

***Fragilariforma strangulata* (ZANON) D.M. WILLIAMS ET ROUND (Figs 73–94)**

Basionym: *Synedra strangulata* ZANON, Pontificia Academia Scientiarum, p. 587, fig. 14, 1938.

Material analysed: Zambia, Ntumbachushi Falls, Ngona River, Luapula Province, sample CCA-1237, BR-4375.

Description: Frustules rectangular in girdle view (Figs 83, 84). Valves linear to widely lanceolate, slightly concave valvar sides in larger specimens, gibbous outline in smaller ones (Figs 78, 80–82). Ends capitate to subcapitate (Figs 73–82). Striae uniseriate, parallel, composed of small, circular areolae. Striae extending from valve face to mantle (Figs 85–87). Velum not observed. Narrow sternum, absent in some valves (Fig. 85). Apical pore fields well-developed at both apices, with several round poroids, irregularly disposed; sometimes with spines (Figs 88–91). Spines solid, conical-acute slightly curved, irregularly positioned (Figs 93, 94). One rimoportula per valve near the apex, located along a stria, internally well-developed (Figs 81, 82, 85, 86, 89, 91). Mantle wide, ornamented with irregularly spaced silica plaques (Fig. 87). Girdle consists of up to eight open bands and bearing one row of poroids (Fig. 87). Cell dimensions measured in material from Zambia, Austral Africa: length 26.0–64.0 μm , width at central area 4.0–8.1 μm , width at 1/3 the valve 3.9–6.8 μm , width at apices 2.8–3.8 μm , width at in 3 μm underneath apex 2.2–4.7 μm , striae 17–24 in 10 μm ($n=36$).

Taxonomical remarks: The population analyzed from Zambia, identified as *F. strangulata*, is consistent with descriptions and illustrations presented in ZANON (1938) and HUSTEDT (1949). This taxon was originally found in material from Africa and Ecuador by ZANON, who selected samples from Congo as the type of what he called *Synedra strangulata*. In the same paper (ZANON 1938), one new variety was described, *Synedra famelica* var. *enflata* ZANON also from Congo. This variety was posteriorly placed within a continuum of the *F. strangulata* variability by HUSTEDT (1949). In the latter concept, *F. strangulata* includes extremely variable morphologies, the smaller valves are distended transapically, while longer valves tend to be linear, spines and

narrow sternum are not constant, and there is one rimoportula near the apex (HUSTEDT 1949).

Fragilariforma strangulata is closely related with *F. javanica*, due to similar shape of valves and presence of spines (WILLIAMS & ROUND 1987). In this study, the comparison between the type material of *F. javanica* (Table 2) and analyses of populations of *F. strangulata* evidenced differences in LM and SEM such as presence of rimoportula, shape and width of apices, spines shape, sternum, and velum confirming the distinction between these two taxa (see also WETZEL et al. 2013).

Fragilaria telum J.R. CARTER et DENNY, Nova Hedwigia 44, pl. 11, fig. 25, 1987. **(Figs 95–129)**

Material analysed: Brazil, Rio Negro basin, Santa Isabel, sample RN65, SP400280.

Description: Valves linear to narrow elliptic, with slightly median constriction, capitate to subcapitate apices (Figs 95–106). Small cells with projection along apical axis (Figs 107–117). Striae uniseriate, parallel, composed of small, circular areolae. Striae extending from valve face to mantle (Figs 120–125). Velum not observed. Sternum variable, difficult to visualize in LM, absent (Fig. 126) or restricted to distal portion in some valves (Fig. 118). Apical pore fields of different sizes, composed of several round poroids irregularly disposed on valve mantle and bearing few spines (Figs 120–123). Small spines very difficult to visualize (Figs 106, 110). Spines hollow, acutely denticulate, resembling shark teeth (Figs 118, 124, 126). One rimoportula is aligned with a striae, internally well-developed (Figs 120, 122, 128). Cell dimensions measured in population from Negro River in Brazilian Amazon: length 4.0–100.0 µm, width at central area 3.7–6.3 µm, width at 1/3 the valve 3.5–6.5 µm, width at apices 1.9–5.8 µm, width at in 3 µm underneath apex 2.1–4.0 µm, striae 16–22 in 10 µm ($n=70$).

Taxonomical remarks: We identified a population obtained from Negro River as *Fragilaria telum* following illustrations presented in CARTER & DENNY (1987). The type material of *F. telum* was described from Sierra Leone (Africa) with diagnosis very closely related to *F. javanica*, but it differs in the morphology of spines and always absent sternum. These two characters are very difficult to observe in LM and were not illustrated in CARTER & DENNY (1987). Another taxon very similar is *F. rolandschmidtii* described from the Amazon region by METZELTIN & LANGE-BERTALOT (1998). Since both taxa are similar concerning their diagnoses, including valve shape, length and width ranges, and density of striae in 10 µm (Table 2), there are no exclusive characters to separate these taxa and so should be treated as one, possessing a wide distribution in tropical environments and was considered by us as synonyms in the submitted manuscript.

Our results in SEM showed presence of small marginal spines in *Fragilaria telum*. The spine shapes are similar to those found in *F. javanica* (WETZEL et al. 2013), nevertheless in *Fragilaria telum* spines are hollow, smaller and irregularly distributed in the margins of valves. Recently, ALFINITO & LANGE-BERTALOT (2013) studied diatoms from Sierra Leone and identified a taxon without spines as *F. javanica*. These authors emphasize the similarities between *Fragilaria telum* and *F. javanica* and the necessity to compare them under SEM to understand their relatedness. *Fragilaria javanica* HUSTEDT was transferred to the genus *Fragilariforma* based on detailed analysis of type material using LM, SEM, ecological and distribution data (WETZEL et al. 2013). This taxon is commonly reported from tropical and subtropical areas (as subfossil) and it is closely related to taxa currently associated with *F. virescens* (WETZEL et al. 2013). As in *F. javanica*, the regular absence of rimoportula could also be observed (see Fig. 129). In the submitted manuscript, we transferred *Fragilaria telum* J.R. CARTER et DENNY into *Fragilariforma*.

In summary, the ultrastructural analysis of the type material from Brazil was necessary to partially solve the identity of *Fragilariforma* species complex involving tropical species as *Fragilaria nitzschoides* var.? *brasiliensis*, *F. javanica*, *Fragilaria telum* and *F. strangulata*. The environmental data showed in Table 1 indicate slightly acidic, oligo to mesotrophic environments.

After this analysis we consider that there are significant differences in morphometric parameters and ultrastructural analyses as spines, rimoportula and setum involving the taxonomy of this genus. We also describe *Fragilariforma* sp. nov., previously identified as *F. nitzschoides* var. *brasiliensis*.

The taxonomic synonymization presented in the submitted manuscript is according to priority rules at International Code of algae, fungi, and plants (Melbourne Code).

Regarding the morphometric analysis, our data corroborate the separation of *Fragilariforma* sp. nov., *F. nitzschoides* var.? *brasiliensis*, *F. strangulata* and *Fragilaria telum* (Fig. 130), and these taxa should be recognized as distinct. *Fragilariforma* has a broad morphological variability and the analysis provides a more comprehensive approach to these characters. For a correct identification of species in *Fragilariforma* the populational analysis and environmental conditions in habitats where the species were collected should be prioritized. Our studies show that, despite the frequent occurrence of this genus in tropical environments, knowledge about their distribution and species number is still uncertain.

4. ACKNOWLEDGEMENTS

This study was carried out within the framework of the AcquaSed project supported by funds from FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, AcquaSed Project, nº 2009/53898–9), and was undertaken as part of PDA's PhD thesis (FAPESP

doctoral fellowship 2014/13179–1 to PDA) at the Instituto de Botânica – IBt (São Paulo, Brazil). Funding was also provided by CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Grant 310940/2013–3 to DCB and 207702/2014–4–SWE to PDA) and LIST, Luxembourg Institute of Science and Technology (DIATOMS project). We deeply appreciate the valuable assistance of personnel from the agency in charge of the public water supply in São Paulo – SABESP/RHMS (Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo, Divisão de Recursos Hídricos Metropolitanos Sudoeste). We also thank Dr. Jonathan Taylor for sharing Zambia samples and Dr. Stéfano Zorzal de Almeida for information about Paiva Castro reservoir. We thank the students and technicians from the Department of Ecology, Institute of Botany, involved in field and laboratory work.

5. REFERENCES

- ALFINITO, S. & LANGE–BERTALOT, H. (2013): Contribution to the knowledge of the freshwater algae of Sierra Leone (Tropical West Africa): diatoms from Loma Mountains and Bumbuna Falls, the Northern Province. – *Biodiversity Journal* 4: 135–178.
- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (2005): *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st Edition, Washington, DC, 1368 pp.
- BARBER, H.G. & HAWORTH, E.Y. (1981): *A guide to the morphology of the diatom frustules with a key to the British freshwater genera*. – Freshwater Biological Association, Scientific Publication 44: 1–111.
- 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.
- CARTER, J.R. & DENNY, P. (1987): Freshwater algae of Sierra Leone IV. Bacillariophyceae; Part (II) diatoms from the coastal region of the southern province. – *Nova Hedwigia* 44: 229–275.

- COX, E.J. (1998): The identity and typification of some naviculoid diatoms (Bacillariophyta) from freshwater or brackish habitats. – *Phycologia* 37: 162–175.
- COX, E.J. (1999): Studies on the diatom genus *Navicula* Bory. VIII. Variation in valve morphology in relation to the generic diagnosis based on *Navicula tripunctata* (O.F. Müller) Bory. – *Diatom Research* 14: 207–237.
- DUNCK, B.; NOGUEIRA, I.S. & MACHADO, M.G. (2012): Planktonic diatoms in lotic and lentic environments in the Lago dos Tigres hydrologic system (Britânia, Goiás, Brazil): Coscinodiscophyceae and Fragilariophyceae. – *Brazilian Journal of Botany* 35: 181–193.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (2003): Water Quality –Guidance Standard for the Routine Sampling and Pretreatment of Benthic Diatoms from Rivers. European Standard EN 13946. – European Committee for Standardization, Brussels, 14 pp.
- 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 Brasilica* 21: 421–441.
- GOMES, D.F., CALDAS, O., DA SILVA, E.M., GELL, P.A. & WILLIAMS, D.M. (2012): Father Zimmermann (1871–1950): the first Brazilian diatomist. – *Diatom Research* 27: 177–188.
- HOWARD, K. & MORALES, E.A. (2012): *Fragilariforma nitzschoides*. – Diatoms of the United States. Available online 10/04/2015 at http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/fragilariforma_nitzschoides
- HUSTEDT, F. (1949): Diatomeen von der Sinai-Halbinsel und aus dem Libanon-Gebiet. – *Hydrobiologia* 2: 24–55.

- INDEX NOMINUM ALGARUM (2015): University Herbarium, University of California, Berkeley. – SILVA, P. Available online 10/04/2015 at <http://ucjeps.berkeley.edu/CPD/>
- JAHN, R. & KUSBER, W. (2009): A key to diatom nomenclature. – *Diatom Research* 24: 101–111.
- KILROY, C.; SABBE, K.; BERGEY, E.A.; VYVERMAN, W. & LOWE, R. (2003): New species of *Fragilariforma* (Bacillariophyceae) from New Zealand and Australia. – *New Zealand Journal of Botany* 41: 535–554.
- KINGSTON, J.C. & PAPPAS, J.L. (2009): Quantitative shape analysis as a diagnostic and prescriptive tool in determining *Fragilariforma* (Bacillariophyta) taxon status. – *Nova Hedwigia, Beiheft* 135: 103–119.
- KINGSTON, J.C.; SHERWOOD, A.R. & BENGTTSSON, R. (2001): Morphology and taxonomy of several *Fragilariforma* taxa from Fennoscandia and North America. – In: Economou-Amilli A. (ed.): *Proceedings of the 16th International Diatom Symposium*, 25 Aug. – 1 Sept. 2000, Athens & Aegean Islands: – pp. 73–88, Amvrosiou Press, Athens.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1991): Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. – In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heynig, H. & Mollenhauer, D. (eds.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2/3. 576 pp., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart – Jena.
- LANDUCCI, M. & LUDWIG, T.A.V. (2005): Diatomáceas de rios da bacia hidrográfica Litorânea, PR, Brasil: Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae. – *Acta Botanica Brasilica* 19: 345–357.
- MCNEILL, J.; BARRIE, F. R.; BUCK, W. R.; DEMOULIN, V.; GREUTER, W.; HAWKSWORTH, D. L.; HERENDEEN, P. S.; KNAPP, S.; MARHOLD, K.; PRADO, J.; PRUD'HOMME VAN REINE, W. F.; SMITH, G. F.; WIERSEMA, J. H. & TURLAND, N. J. (2012): *International Code of*

algae, fungi, and plants (Melbourne Code) adopted by the Eighteenth International Botanical Congress Melbourne, Australia, July 2011. – *Regnum Vegetabile* 154: 1–240.

METZELTIN, D. & LANGE-BERTALOT, H. (1998): Tropical diatoms of South America I. About 700 predominantly rarely known or new taxa representative of the neotropical flora. – *Iconographia Diatomologica* 5: 1–695.

MORALES, E.A.; SIVER, P. & TRAINOR, F. (2001): Identification of diatoms (Bacillariophyceae) during ecological assessments: comparison between light microscopy and scanning electron microscopy techniques. – *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 151: 95–103.

MORALES, E.A.; MANOYLOV, K. & BAHLS, L.L. (2012): *Fragilariforma horstii* sp. nov. (Bacillariophyceae) a new araphid species from the northern United States of America. – *Nova Hedwigia, Beiheft* 141: 141–154.

NARDELLI, M.S.; BUENO, N.C.; LUDWIG, T.A.V; TREMARIN, P.I. & BARTOZEK, E.C.R. (2014): Coscinodiscophyceae and Fragilariophyceae (Diatomeae) in the Iguaçu River, Paraná, Brazil. – *Acta Botanica Brasilica* 28: 127–140.

PATRICK, R.M. & REIMER, C.W. (1966): The diatoms of the United States, exclusive of Alaska and Hawaii. Vol. 1: Fragilariaceae, Eunotiaceae, Achnanthaceae, Naviculaceae. – *Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 13: 1–688.

R Core Team (2016): R: A language and environment for statistical computing. – R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

REID, G.; HUXLEY, R. & WILLIAMS, D.M. (1994): Preliminary efforts towards a diatom type catalogue with an example from *Fragilariforma virescens*. – In: MARIANO, D. & MONTRESOR, M. (eds): *Proceedings of the 13th International Diatom Symposium*. – pp. 423–429, Biopress Ltd., Bristol.

- RENNBERG, I. (1977). *Fragilaria lata*, a new diatom species. – Botaniser Notiser 130: 315–318.
- ROUND, F.E.; CRAWFORD, R.M.; & MANN, D.G. (1990): The Diatoms. Biology & morphology of the genera. – 741 pp., Cambridge University Press, Cambridge.
- TAYLOR, J.C.; KARTHICK, B.; KOCIOLEK, J.P.; WETZEL, C.E. & COCQUYT, C. (2014): *Actinellopsis murphyi* gen. et spec. nov.: A new small celled freshwater diatom (Bacillariophyta, Eunotiales) from Zambia. – Phytotaxa 178: 128–137.
- VAN HEURCK, H. (1881): Synopsis des Diatomées de Belgique. Atlas. – 31–77 pls. Édité par l’auteur, Anvers.
- VANLANDINGHAM, S.L. (1971): Catalogue of the fossil and recent genera and species of diatoms and their synonyms. Part IV. *Fragilaria* through *Naunema*: 1790–1791. – Cramer, Vaduz.
- WETZEL, C.E. (2011): Biodiversidade e distribuição de diatomáceas (Ochrophyta, Bacillariophyceae) na bacia hidrográfica do Rio Negro, Amazonas, Brasil. [PhD thesis]. – 1876 pp., Instituto de Botânica de São Paulo – Secretaria do Meio Ambiente.
- WETZEL, C.E.; LANGE-BERTALOT, H.; MORALES, E.A.; BICUDO, D.C.; HOFFMANN, L. & ECTOR, L. (2012a): *Bicudoa amazonica* gen. et sp. nov. (Bacillariophyta): a new freshwater diatom from the Amazon basin with a complete raphe loss in the Eunotioid lineage. – Phytotaxa 75: 1–18.
- WETZEL, C.E.; BICUDO, D.C.; ECTOR, L.; LOBO, E.A.; SOININEN, J., LANDEIRO, V.L. & BINI, L.M. (2012b): Distance decay of similarity in Neotropical diatom communities. – PLoS ONE 7: e45071.
- WETZEL, C.E.; MORALES, E.A.; HINZ, F.; BICUDO, D.C. & ECTOR, L. (2013): *Fragilariforma javanica* comb. nov.: analysis of type material of a widely reported species with a tropical distribution. – Diatom Research 28: 373–379.

- WILLIAMS, D.M. (1986): Comparative morphology of some species of *Synedra* Ehrenb. with a new definition of the genus. – *Diatom Research* 1: 131–152.
- WILLIAMS, D.M. (1990): *Fragilaria floridiana* Hanna: ultrastructure of the valve and girdle and its transference to *Fragilariforma* Williams & Round. In: M. RICARD (ed.). *Ouvrage dédié à la Mémoire du Professeur Henry Germain (1903–1989)*. pp. 259–265. Koeltz Scientific Books, Königstein.
- WILLIAMS, D.M. (1996): Notes on the genus *Fragilariforma* (Fragilariophyceae: Bacillariophyta) with a description of a new Miocene fossil species, *Fragilariforma platensis*. – *Nova Hedwigia*, Beiheft 112: 283–288.
- WILLIAMS, D.M. (2001): Comments on the structure of ‘post-auxospore’ valves of *Fragilariforma virescens*. – In: JAHN, R., KOCIOLEK, J.P., WITKOWSKI, A. & COMPÈRE, P. (eds): *Lange-Bertalot-Festschrift. Studies on diatoms. Dedicated to Prof. Dr. Dr. h.c. Horst Lange-Bertalot on the occasion of his 65th birthday*. – pp. 103–117. A.R.G. Gantner, Ruggell.
- WILLIAMS, D.M. & BUCZKÓ, K. (2016): *Fragilariforma Hajósiae*: re-description and revision of Pantocsek’s species *Diatoma fossile* (Bacillariophyta). – *Phytotaxa* 244: 181–190.
- WILLIAMS, D.M. & ROUND, F.E. (1987): Revision of the genus *Fragilaria*. – *Diatom Research* 2: 267–288.
- WILLIAMS, D.M. & ROUND, F.E. (1988): *Fragilariforma*, *nom. nov.*, a new generic name for *Neofragilaria* WILLIAMS & ROUND. – *Diatom Research* 3: 265–266.
- WOJTAL, A.Z. (2013): Species composition and distribution of diatom assemblages in spring waters from various geological formations in southern Poland. – *Bibliotheca Diatomologica* 59: 1–436.

ZANON, V. (1938): Diatomee della regione del Kivu (Congo Belga). – *Commentationes, Pontificia Academia Scientiarum* 2: 535–668.

ZIMMERMANN, C.S.J. (1919): Quelques diatomées nouvelles ou curieuses. – *Broteria, Serie Botanica* 17: 97–100.

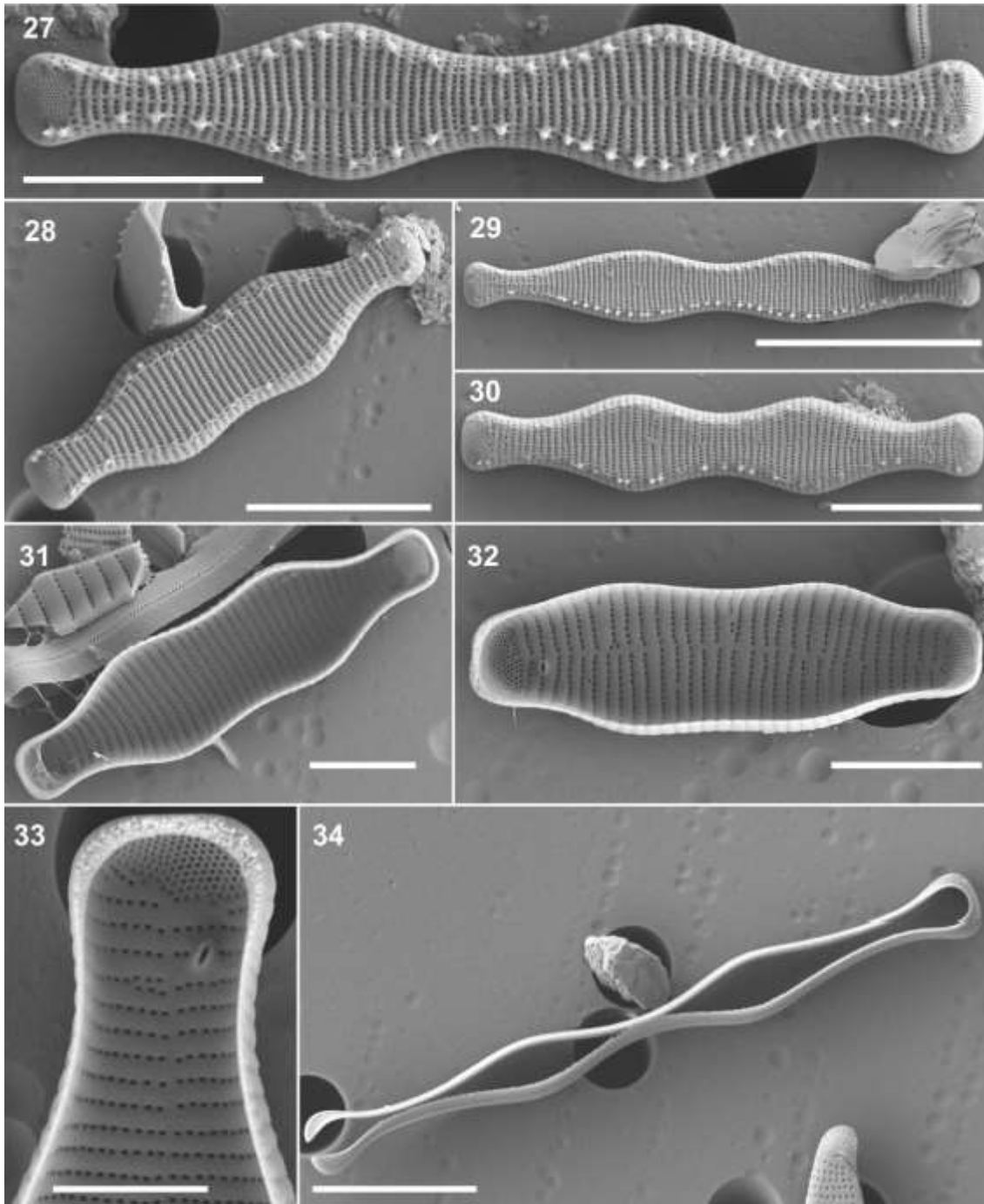
ZIMMERMANN, C.; POULIN, M. & PIENITZ, R. (2010): Diatoms of North America: The Pliocene-Pleistocene freshwater flora of Bylot Island, Nunavut, Canadian High Arctic. *Iconographia Diatomologica* 21: 1–407.

Table 1. Year, locality, and environmental data for the samples analyzed in the present study. Used abbreviations: “N/A” = data not available; “T” = Temperature in °C; “Cond.” = Conductivity in $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; “Alk.” alkalinity in mEq l^{-1} ; “pH” = potential hydrogen; “TN” = Total nitrogen in $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$; “TP” = Total phosphorus in $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, and “DO.” = Dissolved oxygen in $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

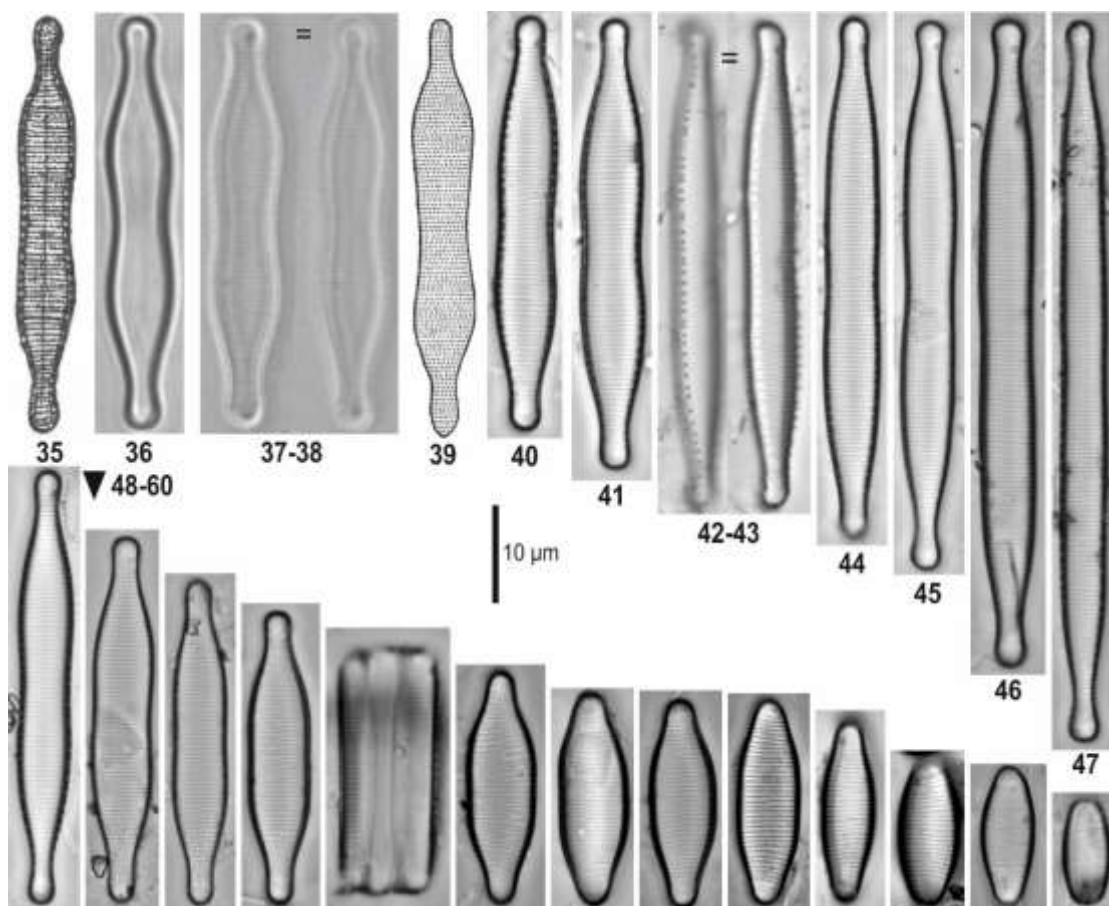
Year	Sample	Localization	Collection	Habitat	Geographic coordinates	Environmental data	Species illustrated
1881 1928	2318 BRM- AS500	Brazil, São Paulo, Santos, Rio Branco Java, Buitenzorg, Tjiliwong	Naturhistorisches Museum Wien Hustedt Collection in Bremerhaven, Germany	N/A N/A	N/A N/A	N/A N/A	<i>Fragilaria nitzschioides</i> var.? <i>brasiliensis</i> <i>Fragilariforma javanica</i>
2005	SP- 400280	Brazil, Amazonas, Rio Negro	Herbário Científico do Estado Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo, São Paulo, Brazil.	Periphyton	63°18'42" W 0°23'06" S	T: 25.7; Cond. 10.1; pH: 4.75; DO: 3.50.	<i>Fragilaria telum</i>
2005	SP- 400392	Brazil, Amazonas, Rio Negro	Herbário Científico do Estado Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo, São Paulo, Brazil.	Periphyton	66°35'18" W 0°17'11" S	T: 25.2; Cond. 14.7; pH: 5. 5; DO: 7.3.	<i>Fragilariforma</i> sp. nov.
2010	CCA- 1237	Zambia, Luapula Province, Ntumbachushi Falls on Ngona River	Botanic Garden Meise	Periphyton	28°56'40.9" E 9°51'13.4" S	T: 18.13; Cond.: 4; pH: 6.56; DO: 9.70	<i>Fragilariforma strangulata</i>
2013	SP- 469176	Brazil, São Paulo, Franco da Rocha, Paiva Castro reservoir	Herbário Científico do Estado Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo, São Paulo, Brazil.	Periphyton	46°39'41" W 23°20'15" S	T: 16–19; Cond.:31–64; Alk.: 0.30–0.31; pH: 5.9–6.4; TN: 229.98–262.15; TP: 7.44–14.60; DO: 5.7–7.1	<i>Fragilaria nitzschioides</i> var.? <i>brasiliensis</i>

Table 2. Morphological features of *Fragilariforma* sp. nov. and related taxa.

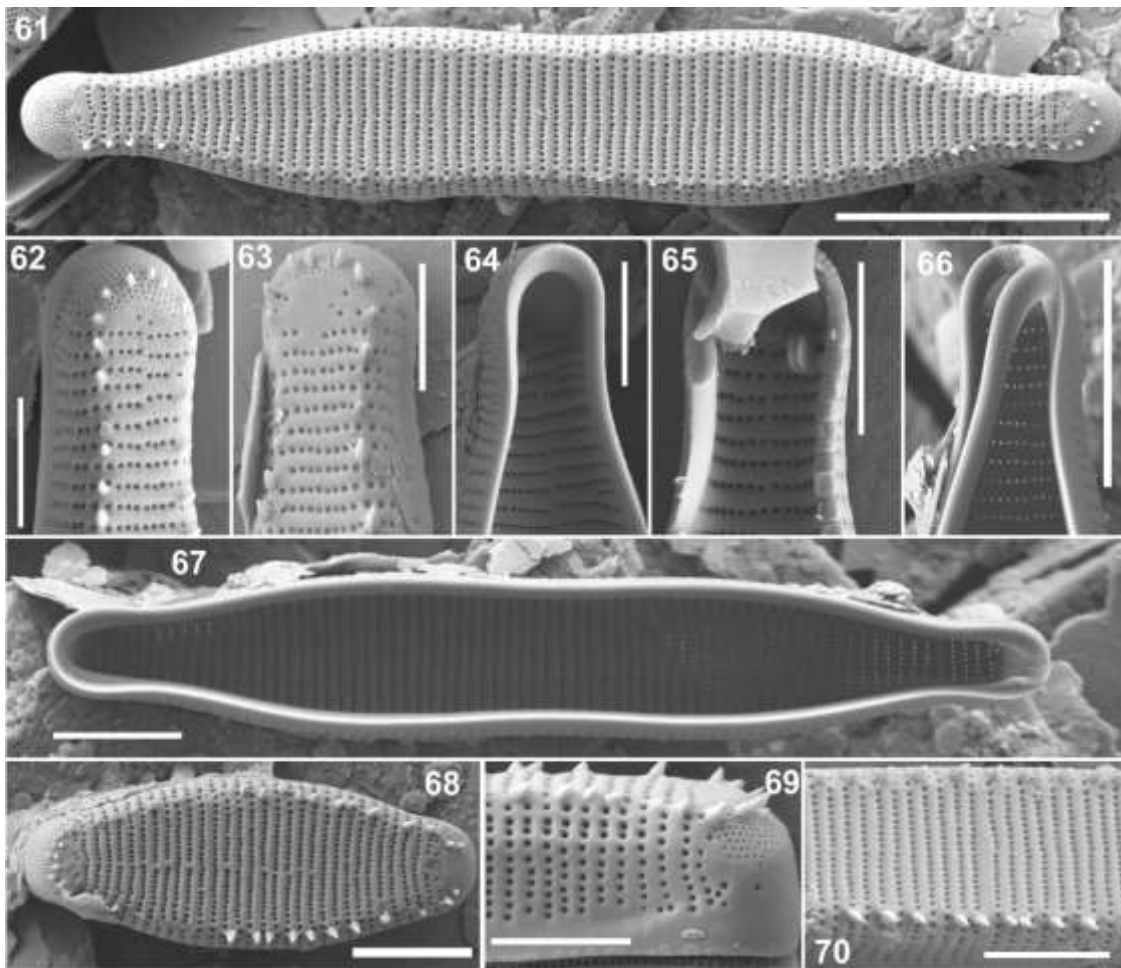
	<i>Fragilariforma</i> sp. nov. (this study)	<i>Fragilaria</i> <i>nitzschioides</i> var.? <i>brasiliensis</i> (this study)	<i>Fragilariforma</i> <i>strangulata</i> (this study)	<i>Fragilaria</i> <i>telum</i> (this study)	<i>Fragilariforma</i> <i>constricta</i> (Patrick & Reimer 1966)	<i>Fragilariforma</i> <i>javanica</i> (Wetzel <i>et al.</i> 2013)	<i>Fragilaria</i> <i>rolandschmidtii</i> (Metzeltin & Lange-Bertalot 1998)	<i>Fragilaria</i> <i>strangulata</i> (Zanon 1938, Hustedt 1949)	<i>Fragilaria telum</i> (Carter & Denny 1987)
Length (µm)	11.8–67.2	14.9–73.1	25.9–64.2	4–100	20–70	26.4–82.5	60–90	23–80	85
Width of central area (µm)	2.2–5.2	3.9–8.1	4–8.1	3.7–6.3	6–16	5–6.6	4–5	6–8	4–5
Ratio length: width	2.5–23	2.5–16.4	3.4–14.9	1–23	N/A	1–23	15.8–22.5	3–3.5	
Width of 1/3 valve (µm)	3.6–6.4	3.9–6.8	3.9–6.8	3.5–6.5	N/A	3.5–5	3.7–4.5	3.1–5.6	5
Width of apices (µm)	1.8–4.5	1.2–3.8	2.8–3.8	1.1–5.8	N/A	2.1–4.3	3–3.5	4	5.6
Width of apices in 3 µm (µm)	0.6–3.8	1.6–4.8	2.2–4.7	1.9–4.1	N/A	2.1–3.5	2–2.7	2.7–3.7	4.7
Number of striae in 10 µm	18–25	17–26	17–24	16–22	13–18	16–20	20–23	20–22 (30)	18
Apices	Capitate to subcapitate	Subcapitate to rostrate	Capitate to subcapitate	Capitate to subcapitate Absent or slightly constricted or inflate in specimens smaller	Capitate to rostrate	Capitate to rostrate	Capitate to subcapitate	Capitate	Slightly capitate
Central area	Strongly constricted	Constricted to slightly inflate in one side	Variable, slightly constricted or inflate in one or both side	Variable, slightly constricted or inflate in one or both side	Variable, slightly constricted or inflate in one or both side	Slightly constricted in some specimens	Not observed	Slightly constricted to inflate in specimens smaller	Not observed
Spines	Hollow, acutely denticulate	Solid, conical– acute slightly curved	Solid, conical– acute slightly curved	Hollow, acutely denticulate	Sometimes present on the margins	Small, acutely denticulate	Not observed	Marginal and diminutive	Not observed
Sternum	Visible in LM and in SEM	Variable, absent, or partially present	Visible in SEM	Visible in SEM	Indistinct, often it seems to be absent	Variable, not visible in most specimens	Not observed	Variable, absent, or partially present	Not observed
Rimoportula	One small near the apex	One small near the apex	One visible near the apex	One small near the apex	Not observed	Absent	Not observed	One visible near the apex	Not observed



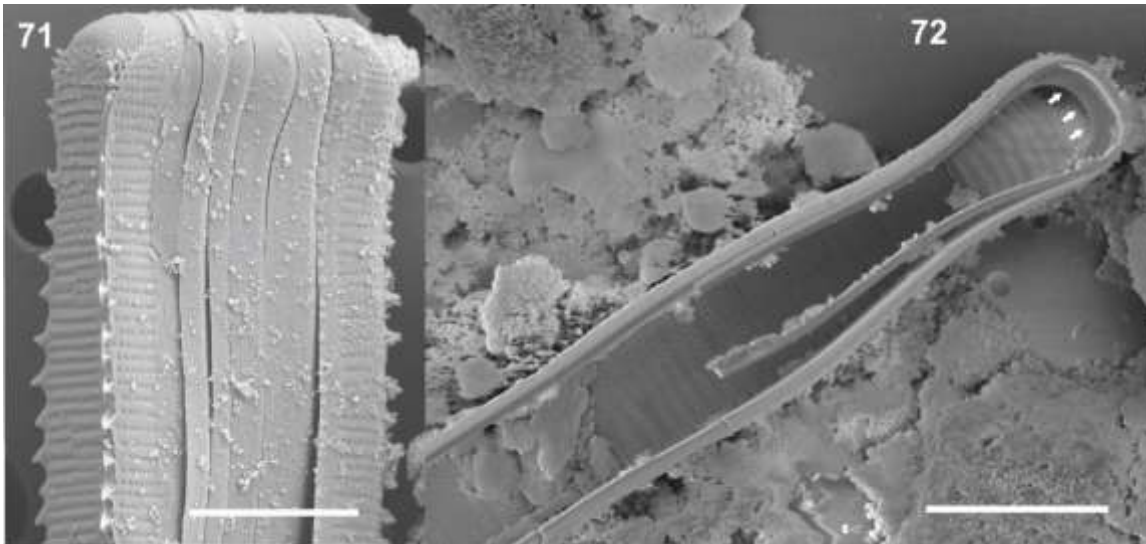
Figs 27–34. SEM images of *Fragilariforma* sp. nov. Valves in external view. 31–32. Valves in internal view. 33. Apex with rimoportula in internal view. 34. Girdle band open with ornamentation. Scale bar 20 μm (29), 10 μm (27, 28, 30, 34), 5 μm (31, 32), 3 μm (33).



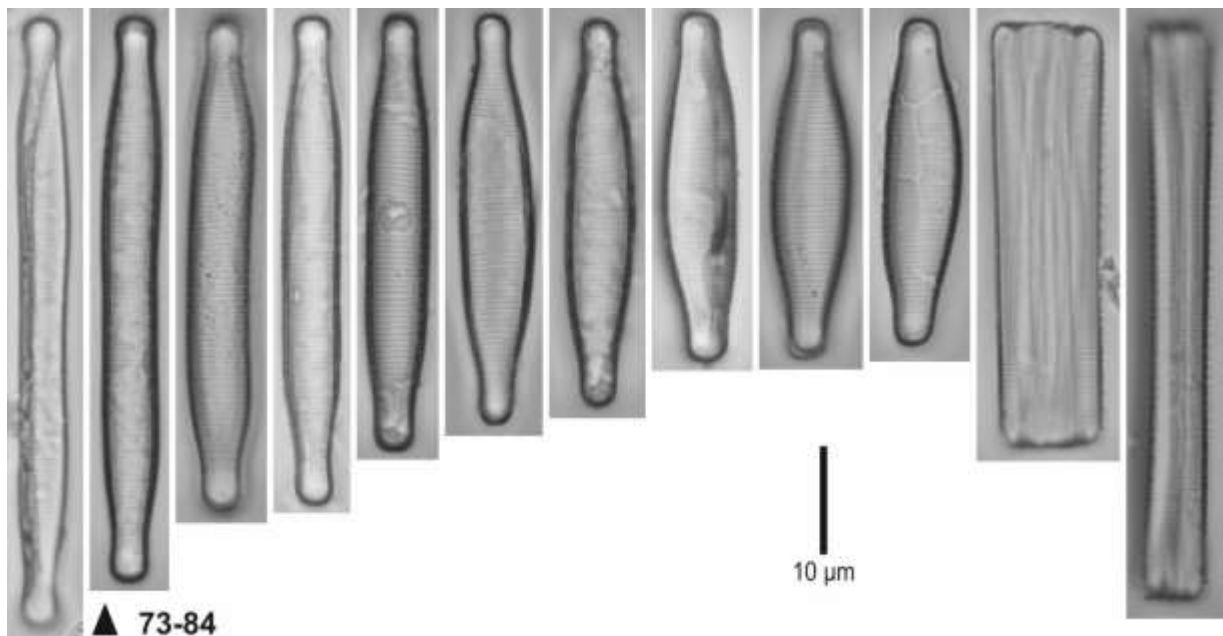
Figs 35–60. Images of *Fragilaria nitzschioides* var.? *brasiliensis*. Figs 35–38 images from type material. Fig. 1 Iconotype. Figs 36–38 LM images from type material (slide 2318). Fig. 39 Iconotype of *Fragilaria undata* var. *brasiliensis*. Figs 40–60 LM images of population from epitype locality Paiva Castro reservoir (SP469176). Scale bar 10 µm.



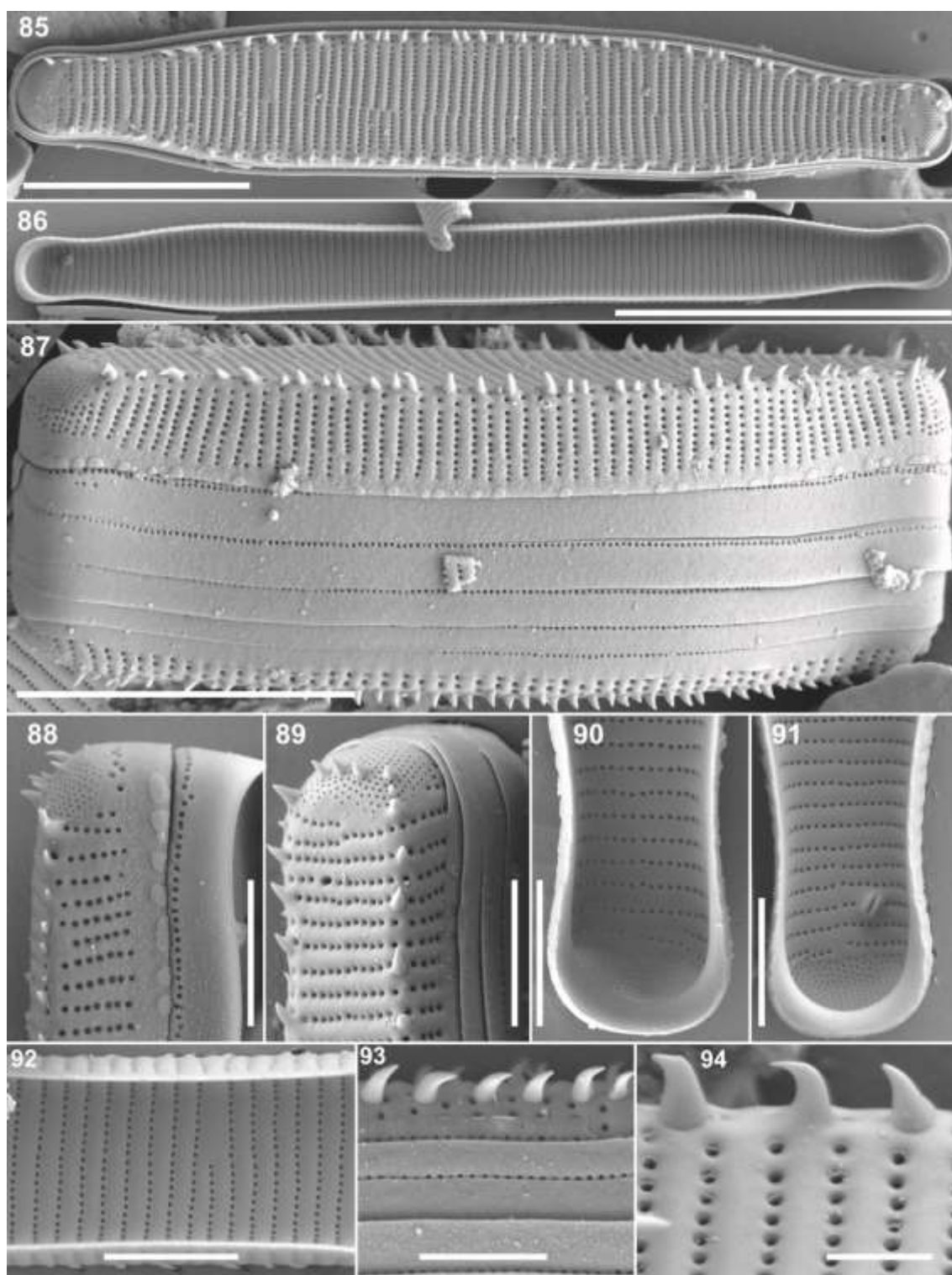
Figs 61–70. SEM images of *Fragilaria nitzschioides* var.? *brasiliensis* from Paiva Castro Reservoir (SP469176). 61, 68. Valves in external view. 62–63. Apices in external view without rimoportula. 64–66. Apices in internal view. 64–65. Apices with rimoportula. 67. Valve in internal view. 69. Apex in girdle view showing curved spines. 70. Central area in external view with conical–acute spines. Scale bar 10 μm (61, 67), 4 μm (64, 66, 70), 3 μm (62, 63, 65, 68, 69).



Figs 71, 72. SEM images from type material (BRM–AS500) of *Fragilariforma javanica* C.E. WETZEL, E. MORALES et ECTOR and septum. 71. Frustule in girdle view showing denticulate spines. 72. Valve in internal view showing septum (white arrow). Scale bars 10 µm.

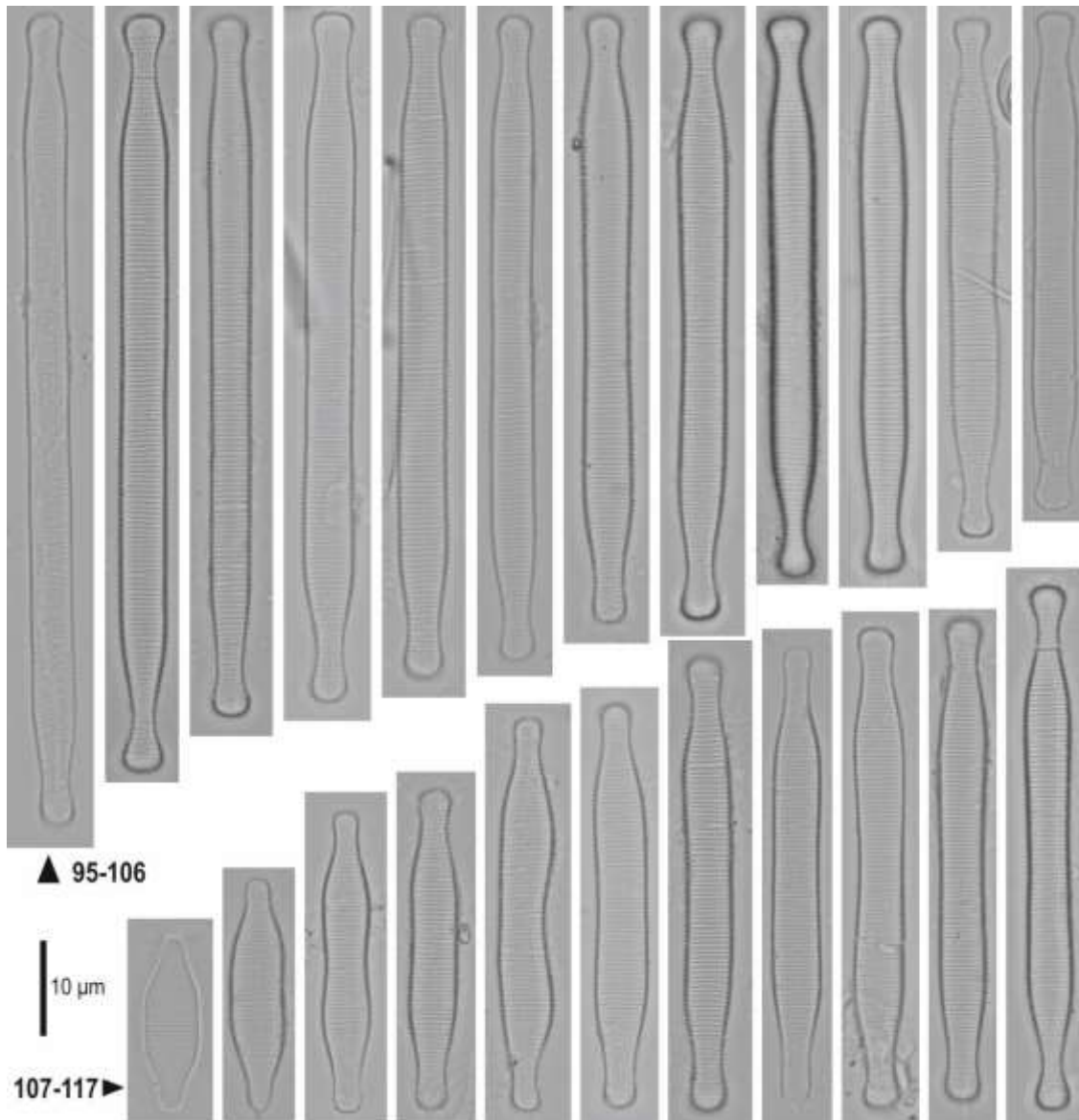


Figs 73–84. LM images of *Fragilariforma strangulata* (ZANON) D.M. WILLIAMS & ROUND from Ntumbachushi Falls, Zambia (CCA–1237). Scale bar 10 µm.

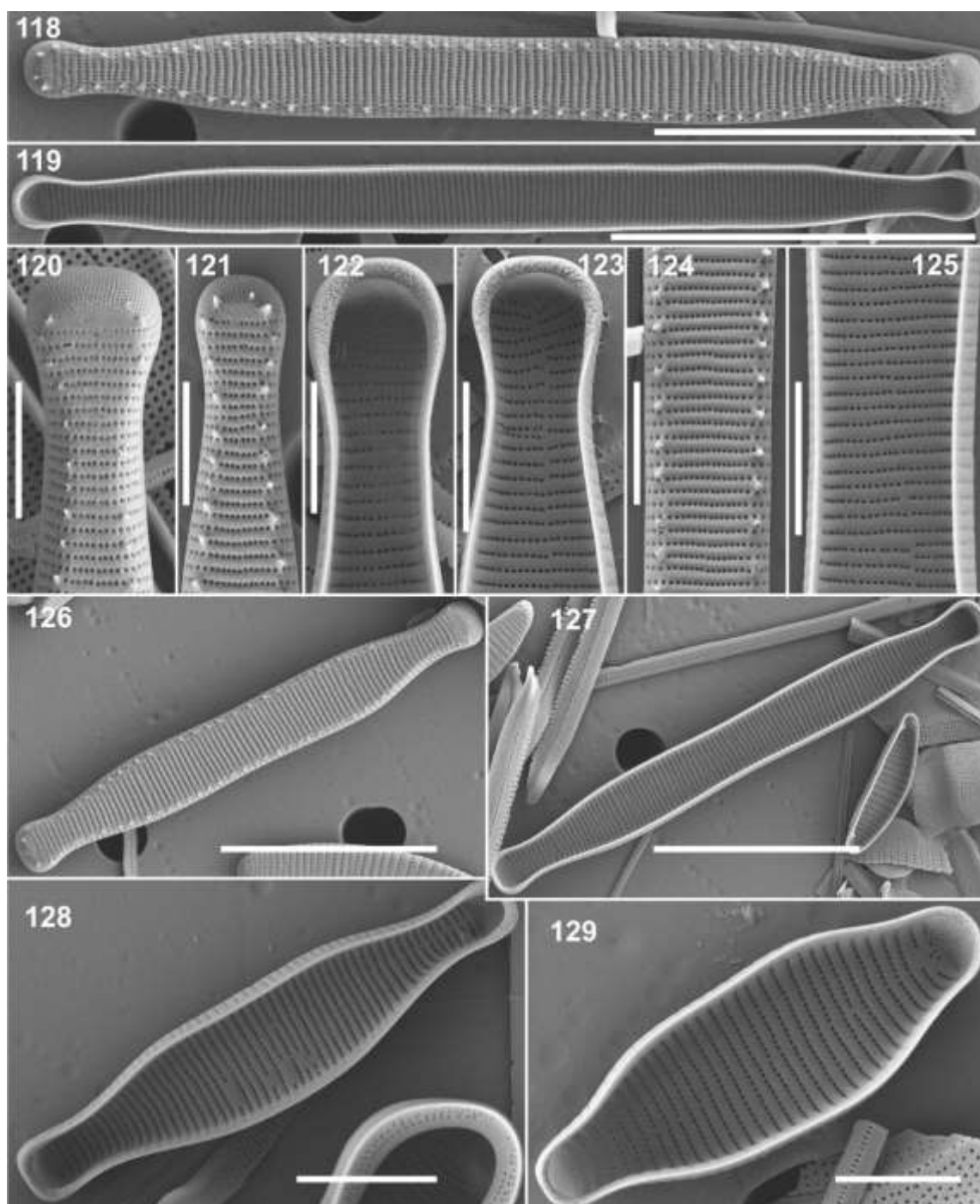


Figs 85–94. SEM images of *Fragilariforma strangulata* (ZANON) D.M. WILLIAMS & ROUND from Ntumbachushi Falls, Zambia (CCA-1237). 85. Valve in external view. 86. Valve in internal view. 87. Frustule in girdle view showing several spines. 88. Apex in girdle view showing spines and numerous silica plaques on mantle. 89. Apices in external view with rimoportula. 90–91. Apices in internal view. 91. Apex with rimoportula. 92. Central area in internal view with one shortened stria. 93. Frustule in

girdle view showing spines. 94. Central area with curved spines. Scale bar 20 μm (86), 10 μm (85, 87), 3 μm (88–91), 2 μm (92, 93), 1 μm (94).



Figs 95–117. LM images of *Fragilaria telum* J.R. CARTER et DENNY from Negro river (SP400280), Amazon, Brazil. Scale bar 10 μm .



Figs 118–129. SEM images of *Fragilaria telum* J.R. CARTER et DENNY from Negro river (SP400280), Amazon, Brazil. 118, 126. Valves in external view. 119, 127–129. Valves in internal view. 120–121. Apices in external view. 120. Apex with rimoportula. 122–123. Apices in external view showing narrow sternum. 122. Apex with rimoportula. 124. Central area in external view showing denticulate spines. 125 Central area in internal view. Scale bar 30 µm (119), 20 µm (118, 126, 127), 10 µm (128), 5 µm (120, 121, 123–125, 129), 4 µm (122).

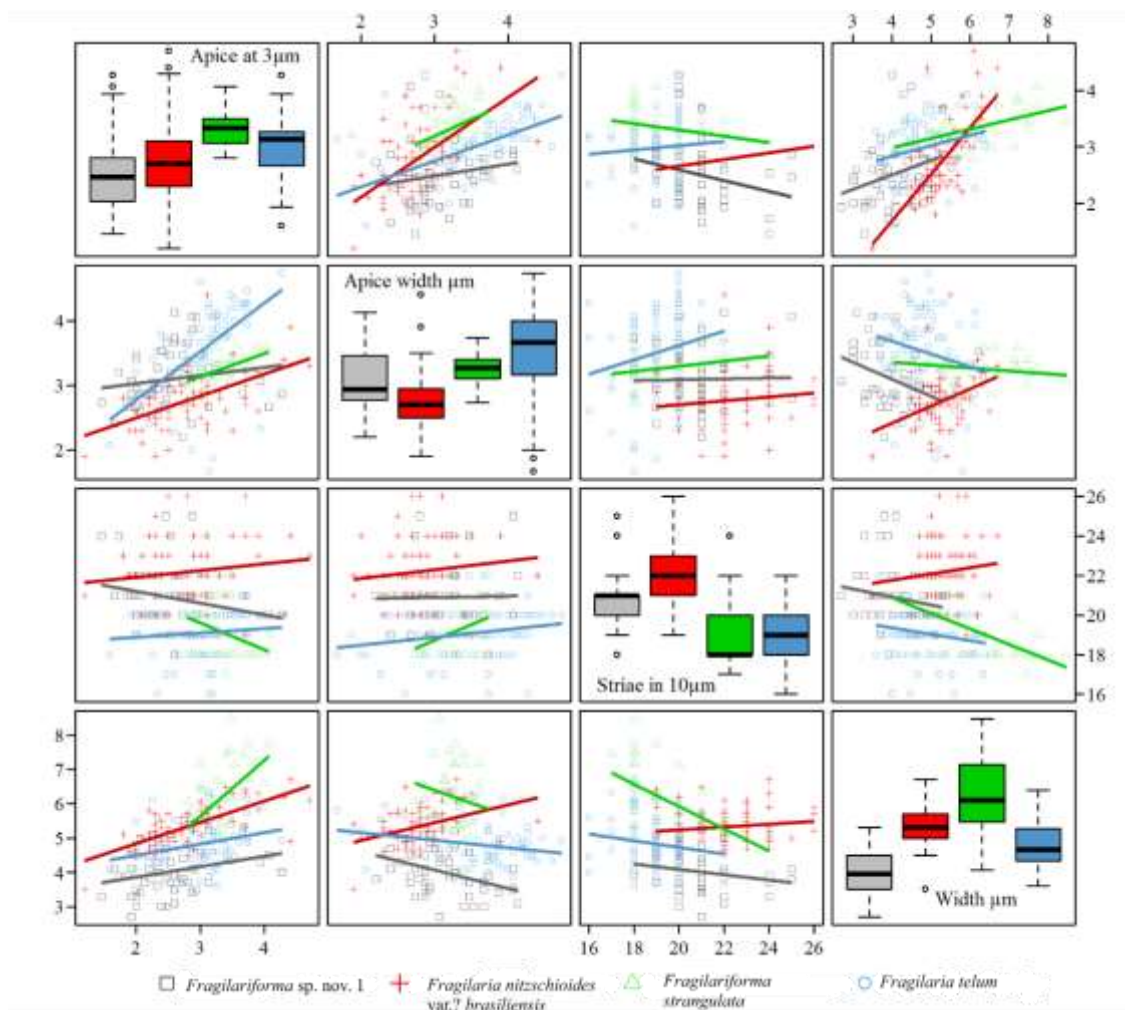


Fig. 130. Morphometric data for separation between *Fragilariforma* species from tropical environments.

Novas espécies de diatomáceas arrafídeas penadas descritas para o Estado de São Paulo

RESUMO

Este capítulo reúne três publicações relativas às novas espécies de diatomáceas arrafídeas penadas para o Estado de São Paulo. São descritas quatro espécies distribuídas em dois gêneros. No primeiro artigo, uma espécie de *Staurosirella* D.M. Williams & Round é proposta. A mesma foi reportada em abundância no sedimento superficial e em dois reservatórios mesotróficos inseridos em uma área de proteção ambiental da região metropolitana de São Paulo. A nova espécie é descrita usando microscopia de luz e eletrônica de varredura, e tem como principais características valvas rômbo-lanceoladas, ápices acuminados a rostrados, estrias unisseriadas e uma linha dupla de espinhos entre as estrias, sendo a primeira vez que uma dupla fileira de espinhos é reportada para o gênero. Nesse artigo, é realizada a transferência de *Fragilaria acutirostrata* Metzeltin & Lange-Bertalot para o gênero *Staurosirella*, esse táxon tem sido reportado para ambientes no Sudeste e no Centro-Oeste do país. No segundo artigo, dois táxons pertencentes ao gênero *Fragilaria* Lyngbye são descritos a partir da análise de seis reservatórios com diferente estado tróficos. *Fragilaria neotropica* Almeida *et al.* apresenta elevada densidade de estrias, área central ampla e ápices capitados. Espécimes com área central deformada e ápices defletidos foram registrados em alta abundância. Embora descrito para ambientes mesotróficos, este táxon foi muito provavelmente afetado pela contaminação pontual por metal pesado resultando na observação de valvas deformadas. A outra espécie descrita é *F. spectra* Almeida *et al.* que apresenta estrias indistintas em microscopia de luz, amplo esterno e duas rimopórtulas por valva. Ambos os táxons fazem parte do complexo grupo de táxons incluídos no grupo “*Fragilaria*-em forma de agulha” com contornos bastante similares e, portanto, para fins de comparação e elucidação o material-tipo de *F. tenera* foi analisado. No terceiro artigo, uma espécie previamente identificada como *S. rumpens* var. *fusa* R.M. Patrick é descrita como uma nova espécie de *Fragilaria* e a partir de material perifítico de um reservatório de uso múltiplo. O material-tipo de *S. rumpens* var. *fusa* foi reexaminado para comparação com a nova espécie e sua transferência para o gênero *Fragilaria* foi formalizada. A descrição das novas espécies reflete a necessidade de ampliar o conhecimento da flora de diatomáceas principalmente

considerando que as taxas de desmatamento avançam em proporção maior do que o conhecimento da biodiversidade brasileira. As novas espécies são as primeiras espécies de *Fragilaria* e *Staurosirella* descritas a partir de amostras do Estado de São Paulo e estão acompanhadas de informações limnológicas dos ambientes em que ocorreram. Essas amostras foram obtidas junto ao Projeto AcquaSed que buscou diferentes marcadores biológicos e químicos da qualidade da água em reservatórios com amplo gradiente trófico. Por ser tratar de um projeto multidisciplinar, a rede de amostragem contemplou análises físicas, químicas e biológicas da água e dos sedimentos superficiais. Tal abordagem, integrando taxonomia e ecologia, representa um avanço para a caracterização das espécies, uma vez que também possibilita avaliar a distribuição das espécies em função de suas preferências ecológicas.

Palavras-chave: Autoecologia, biodiversidade, Brasil, reservatórios, taxonomia.

***Staurosirella acidophila* sp. nov., a new araphid diatom (Bacillariophyta) from southeastern Brazil: ultrastructure, distribution and autecology**

Pryscilla D. ALMEIDA^{a,b*}, Carlos E. WETZEL^b, Eduardo A. MORALES^c,
Luc ECTOR^b & Denise C. BICUDO^a

^aInstituto de Botânica, Department of Ecology, Av. Miguel Stéfano 3687,
04301-902 São Paulo, SP, Brazil

^bLuxembourg Institute of Science and Technology (LIST), Environmental
Research and Innovation Department (ERIN), 41 rue du Brill, L-4422
Belvaux, Luxembourg

^cHerbario Criptogámico, Universidad Católica Boliviana San Pablo, Calle
M. Márquez esq. Plaza Jorge Trigo s/n, P.O. Box 5381, Cochabamba,
Bolivia

Abstract – A new diatom species, *Staurosirella acidophila*, is described from surface sediments and phytoplankton samples from tropical reservoirs in São Paulo, Brazil. Description of the new taxon is based on morphological characteristics observed using light (LM) and scanning electron microscopy (SEM). The new species is characterized by having rhombic-lanceolate valves with acuminate to rostrate ends, striae uniseriate, uninterrupted from valve face to valve mantle and areolae elongated, slit-like. Double line of incipient spines is for the first time reported for the genus *Staurosirella*. It belongs to the group of species morphologically related to *Staurosirella pinnata* sensu auct. non null. and shares some resemblance with species currently belonging to the genus *Punctastriata*. Comparison with similar species currently ascribed to the genera *Punctastriata*, *Staurosira* and *Staurosirella* are provided. The new species is described from sites that represent good ecological status (low nutrient concentrations and low pH) for the Metropolitan Region of São Paulo. Relative abundances and autecological information complement the present study, which is a contribution to the knowledge of diatoms thriving in environments with good ecological conditions in Brazil.

Araphid diatoms / morphology / new species / São Paulo / taxonomy / tropical reservoirs

Résumé – Une nouvelle espèce de diatomée, *Staurosirella acidophila*, est décrite à partir de sédiments de surface et d'échantillons de phytoplancton de réservoirs tropicaux de São Paulo, Brésil. La description du nouveau taxon est basée sur les caractéristiques morphologiques observées à l'aide de la microscopie optique (MO) et électronique à balayage (MEB). La nouvelle espèce est caractérisée par des valves rhombiques-lancéolées avec des extrémités acuminées à rostrées, des stries unisériées, sans interruption entre la face valvaire et le manteau, et des aréoles allongées, en forme de fente. Une double ligne d'épines marginales est pour la première fois signalée pour le genre *Staurosirella*. Elle appartient au groupe d'espèces morphologiquement liées à *Staurosirella pinnata* sensu auct. non null. et partage quelque ressemblance avec des espèces appartenant au genre *Punctastriata*.

* Corresponding author: pry Almeida@gmail.com

Des comparaisons avec des espèces similaires actuellement attribuées aux genres *Punctastriata*, *Staurosira* et *Staurosirella* sont fournies. La nouvelle espèce est décrite à partir de sites qui représentent le bon état écologique (faibles concentrations en nutriments et pH bas) pour la Région Métropolitaine de São Paulo. Des informations sur les abondances relatives et l'autécologie viennent compléter cette étude, qui est une contribution à la connaissance des diatomées dans un environnement avec de bonnes conditions écologiques au Brésil.

Diatomées araphidées / morphologie / nouvelle espèce / São Paulo / réservoirs tropicaux / taxonomie

INTRODUCTION

The genus *Staurosirella* D.M.Williams & Round *emend.* E.Morales (Williams & Round, 1987; Morales & Manoylov, 2006a) was created to accommodate a group of species characterized by uniseriate striae composed of lineolae bearing developed volae, a wide sternum, and apical pore fields of variable size composed of several rows of round areolae. The genus also has wide valvocopulae with well-developed fimbriae and girdle bands that can be open or closed, as well as an abvalvar edge of the mantle only slightly convex or parallel to the valve face-mantle junction.

The taxonomy and circumscription of this genus have long been problematic, especially in reference to species within *Staurosirella*, *Staurosira* Ehrenb. and *Punctastriata* D.M.Williams & Round, among which there are apparent morphological and molecular intergradations (Morales, 2001; Medlin *et al.*, 2008). In addition, there are taxonomic drift and nomenclatural problems, as well as a considerable trail of publications containing few or no ultrastructural analysis (Morales *et al.*, 2014a).

A recent revision of type material of *Staurosirella pinnata* (Ehrenb.) D.M.Williams & Round concluded that this material did not correspond to *Staurosirella*, but a species related to *Denticula* Kützinger (Morales *et al.*, 2013a). Several illustrated reports of *S. pinnata* in the literature show to at least a dozen morphological variants, some of which could be related to known taxa, but still needing to be reassessed in the light of detailed data on the type material (Gaul *et al.*, 1993; Henderson & Reimer, 2003). In spite of their common occurrence, the taxonomy of many small fragilarioid species remains largely unresolved (Morales, 2005; Morales *et al.*, 2013a).

Aiming at solving some of this taxonomic morass, species have been transferred to or described as new within *Staurosira*, *Staurosirella* and *Punctastriata* (e.g. Morales & Edlund, 2003; Morales, 2005; Garcia, 2006; Morales & Manoylov, 2006b; Levkov & Williams, 2011; Rioual *et al.*, 2014), in many cases based on the revision of type materials (e.g. Hamilton & Siver, 2008; Morales *et al.*, 2010, 2013b).

The abundance and distribution of fragilarioids are directly related to water physical and chemical conditions (Morales, 2001; Kingston, 2003; Potapova & Charles, 2003), therefore the correct identification of taxa is associated to a proper determination of their autecology and biogeography (Cox, 1987; Morales *et al.*, 2014b). The association of LM and SEM analysis in diatom investigations, especially for the study of small-sized fragilarioid taxa, is crucial for identification since diagnostic characters are beyond the limit of resolution of the light microscope

(Morales *et al.*, 2010). When taxa sharing similar morphology are analyzed using only LM, their identification results in a combination of different taxa under a common name, with the consequent misinterpretation of their environmental requirements and geographical distributions (Lobo *et al.*, 1990; Morales *et al.*, 2001, 2014b; Potapova & Charles, 2002).

Diatoms are sensitive to water quality and are good indicators of current trophic status. When stored in sediments, they also provide a rather accurate record of past ecological changes (Bennion & Simpson, 2011; Fontana *et al.*, 2014). Nevertheless, diatom knowledge from sites that hold good ecological quality is still needed, giving the increasing threats of freshwater ecosystems by human impacts (Dudgeon *et al.*, 2005; Kociolek & Stoermer, 2009).

In the present work, we describe a new species of *Staurosirella* combining the use of LM and SEM, and provide ecological information for it. This is a common taxon in two water supply reservoirs of the Alto Cotia System, which is located in one of the largest forested areas in the Atlantic Plateau (Metzger *et al.*, 2006). The reservoirs are well protected and may be considered reference sites for pre-enrichment conditions for the Metropolitan Region of São Paulo (CETESB, 2011; Almeida & Bicudo, 2014).

MATERIAL AND METHODS

Study area

The Alto Cotia System belongs to the Cotia River basin and has two reservoirs, Pedro Beicht (23°39'S, 46°57'W) and Cachoeira da Garça (23°44'S, 46°58'W), both located within the Biological Reserve of Morro Grande (Cotia, São Paulo State, Brazil, Fig. 1, Table 1). The elevation of this forest area ranges from 860 to 1,075 m a.s.l., the air temperature oscillates between 13 and 21°C, and the annual precipitation average is 1,339 mm. The average precipitation for the driest month (winter) ranges from 30 to 60 mm, and for the wettest month (summer) varies from 150 to 200 mm (Metzger *et al.*, 2006). Pedro Beicht reservoir was built in 1933, has a surface area of 2.9 km², a maximum depth of 10 m and a volume of 14,800 × 10³ m³. Cachoeira da Graça reservoir was built in 1916, has a surface area of 0.2 km², a maximum depth of 3.0 m and a volume of 2 × 10⁶ m³. Pedro Beicht reservoir is located upstream and regulates the flow of the Cotia River, discharging directly into the Cachoeira da Graça reservoir. The Alto Cotia System provides drinking water for ca. 500,000 inhabitants of the Metropolitan Region of São Paulo (Metzger *et al.*, 2006; Almeida & Bicudo, 2014).

Sample preparation and analysis

Seven sampling stations were defined (Fig. 1), distributed along the Pedro Beicht reservoir (5 stations) and Cachoeira da Graça reservoir (2 stations). Sampling was carried out during winter (June 2010) and summer (December 2010). At each sampling site, water samples were collected with a Van Dorn sampler along the reservoir vertical profile (subsurface, mean depth, and 1 m above the sediments) for phytoplankton and limnological analyses. Temperature (°C), pH and conductivity (µS cm⁻¹) were measured in the field using standard electrodes (Horiba U-53).

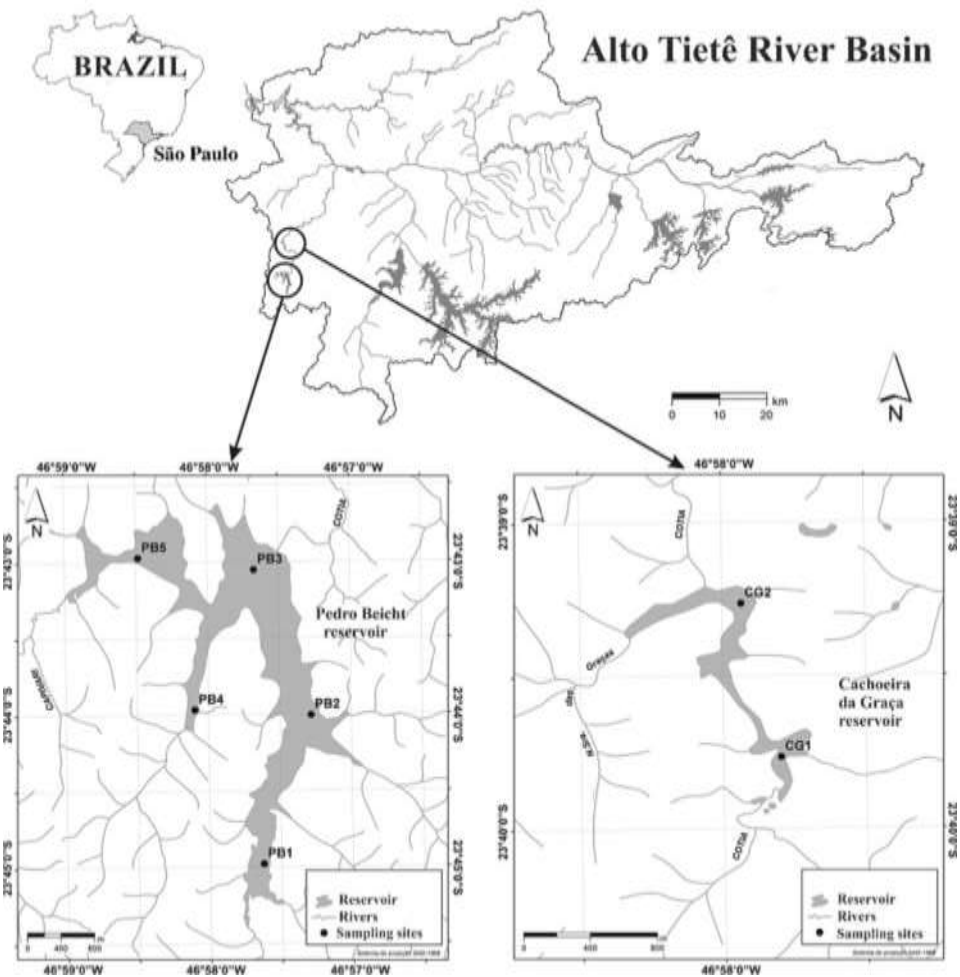


Fig. 1. Location of the Alto Cotia Water Supply System in the Tietê River Basin, Metropolitan Region of São Paulo, São Paulo State, Brazil. The sampling sites in Pedro Beicht (PB) and Cachoeira da Graça (CG) reservoirs appear depicted in the frames at the bottom of the figure.

Analytical procedure for dissolved oxygen (mg L^{-1}), ammonium ($\mu\text{g L}^{-1}$), nitrate ($\mu\text{g L}^{-1}$), soluble reactive silica (mg L^{-1}), total nitrogen and total phosphorus ($\mu\text{g L}^{-1}$), free carbon dioxide (mg L^{-1}), and bicarbonate ions (mg L^{-1}) followed Standard Methods (APHA, 2005). Chlorophyll *a* ($\mu\text{g L}^{-1}$) corrected for phaeophytin analysis was measured using 90% ethanol (Sartory & Grobbelaar, 1984).

Short sediments cores were collected during winter, with a gravity corer (UWITEC® Mondsee, Austria), and the top 2 cm section saved for analyses. Analyses included total phosphorus (TP), total organic carbon (TOC), total nitrogen (TN), grain size and diatoms. Methods are described in Wengrat & Bicudo (2011) and Fontana *et al.* (2014).

Table 1. Occurrence of *Staurosirella acidophila* in the Alto Cotia System reservoirs

Reservoir	Station	Geographic coordinates	Date	Habitat	Depth (m)	Register herbarium	Abundance (%)
Pedro Beicht	PB1	23°44'94.6"S 46°57'66.0"W	18.06.10	Surface sediments	2.7	SP427578	0.1
Pedro Beicht	PB3	23°43'04.8"S 46°57'67.6"W	18.06.10	Surface sediments	10.0	SP427580	0.2
Pedro Beicht	PB4	23°44'09.5"S 46°58'16.0"W	18.06.10	Surface sediments	1.0	SP427581	1.4
Pedro Beicht	PB5	23°43'00.0"S 46°58'64.7"W	18.06.10	Surface sediments	3.0	SP427582	1.2
Pedro Beicht	PB4	23°44'09.5"S 46°58'16.0"W	18.06.10	Phytoplankton	0.5	SP427595	0.2
Cachoeira da Graça	CG1	23°39'77.9"S 46°57'92.8"W	18.06.10	Surface sediments	1.6	SP427583	6.3
Cachoeira da Graça	CG2	23°39'29.0"S 46°57'78.4"W	18.06.10	Surface sediments	1.8	SP427584	6.8
Cachoeira da Graça	CG2	23°39'29.0"S 46°57'78.4"W	07.12.10	Phytoplankton	0.5	SP427591	0.2

Diatom samples (surface sediments and phytoplankton) were oxidized according to methods described by the European Committee for Standardization (2003) using concentrated H₂O₂ (37%) and hydrochloric acid. Oxidized subsamples were rinsed with deionized water and permanent slides were prepared using Naphrax[®] mounting medium. For SEM studies, aliquots of processed material were filtered and rinsed with deionized water through a 3 µm Isopore[™] polycarbonate membrane filter (Merck Millipore). Filters were mounted on aluminum stubs and coated with platinum using a BAL-TEC Med 020 Modular High Vacuum Coating System for 30 s at 100 mA. The cleaned samples were examined using an ultra-high resolution analytical field emission (FE) scanning electron microscope Hitachi SU-70 (Hitachi High Technologies) operated at 5 kV and 10 mm distance. LM images were taken with a Leica DFC 45D microscope and images were captured and measured using Leica Application Suite (LAS) program. Micrographs were digitally manipulated and plates containing LM and SEM images were created using CorelDraw X6[®].

Abundance and morphometric analyses

Diatom quantification was made at a magnification of 1,000× using a Zeiss microscope (Axioskop 2 *plus* Type) with oil immersion objective. At least 400 valves were counted per slide (Battarbee, 1986), and until reaching a sampling efficiency of 90% (Pappas & Stoermer, 1996). Species abundances were calculated as percentage of the total counts. In total, 21 samples were analyzed for diatoms, 7 from surface sediments and 14 from phytoplankton (7 from winter and 7 from summer). Taxonomic metrics such as length, width (middle of valve), width at apex (at 2 µm before the end of the valve), and striae density were taken from the LM digitized images. Terminology of valve morphology was based on Ross *et al.* (1979) and Barber & Haworth (1981).

The form factor was used as an aid in the description of the morphology of valves. The factor is a dimensionless ratio that relates the area of a specimen to its perimeter using the following relationship:

$$\text{Form factor} = (4\pi A)/P^2$$

where A is the area and P is the perimeter. The ratio is normalized, so that the measurements range between 0 (a line) and 1 (a circle). Measurements were done following Siver & Baskette (2004). For this, the mathematical shape of a rhombus was considered. The area was calculated by multiplying the lengths of the diagonals, i.e., multiplying the width at the middle of valve by its length. The perimeter of the valve was represented by the addition of the length of each side of the rhombus, i.e. the distances of the apex to middle of the valve.

RESULTS

Staurosirella acidophila sp. nov.

Figs 2-41

Valvae rhombeae-lanceolatae isopolares vel nonnunquam heteropolares apicibus acuminatisve rostratis. Sternum amplum lineare-lanceolatum intra extraque elevatum. Longitudo: 10.8-19.5 µm; latitudo: 4.5-6.8 µm; ratio longitudinis/latitudinis 2.4-3.7 latitudo ad apices 1.5-2.7 µm. Striae alternantes vel leviter radiatae ad extremos, 8-9 in 10 µm. Areolae non discernendae in microscopio photonico, apicaliter elongatae in microscopio electronico, rimiformes. Volae parvae e marginibus interioribus longioribus exorientes. Spinae inceptivae nonnusquam bifurcatae, spinubus linea duplicate in nonnullis valvis observata. Areae pororum apicales effectae ambabus apicibus, Singulae porelli rotundi a margine albido obtecti. Cingulum ex taeniis apertis amplis nonporosis.

Frustules rectangular in girdle view, usually solitary or attached by until two cells (Fig. 2). Central area absent. Sternum raised internally and externally (Figs 18-21). Costae raised internally and externally, giving the characteristic “punch-hole” appearance to striae (Figs 33, 34). Abvalvar edge of valve parallel to valve face/mantle edge. Striae uniseriate, uninterrupted from valve face to mantle (Figs 36, 38). First areola very evident (Figs 35, 37). Spines irregularly located on the costae. Rimoportula absent. Valvocopulae wider, bearing short fimbriae (Fig. 41).

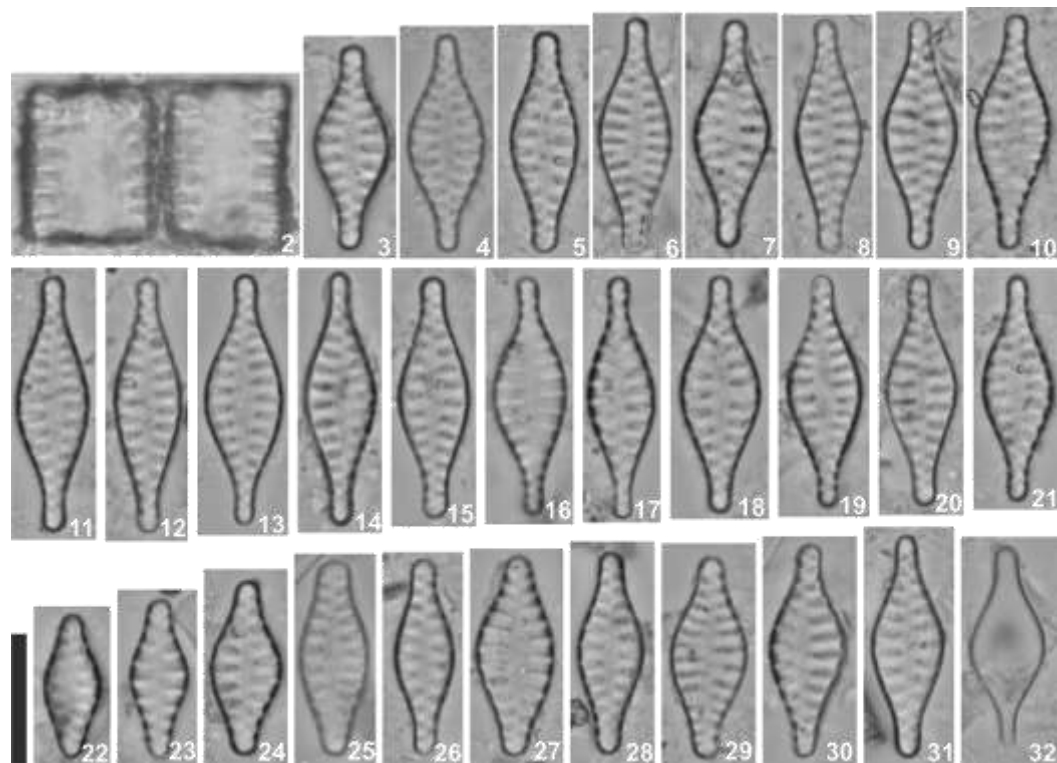
Holotypus: Population on slide SP427584, partially illustrated here in Figs 2-32 (Herbário Científico do Estado Maria Eneyda P. Kauffmann, Instituto de Botânica, São Paulo State, Brazil), collected by P. D. Almeida & D. C. Bicudo, 18-VI-2010 (Table 1).

Isotypus: Population on slide BR-4418 (Botanical Garden Meise).

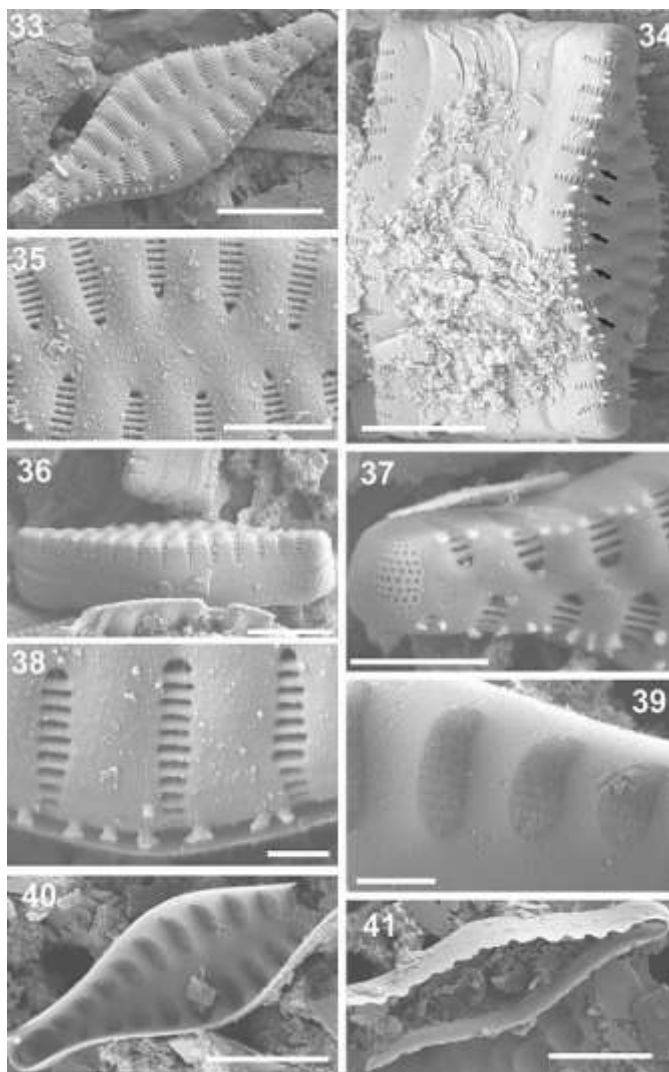
Type Locality: Cachoeira da Graça reservoir, Cotia, São Paulo, Brazil (23°39'05"S, 46°57'58"W).

Etymology: The specific epithet *acidophila* refers to the slightly acidic waters (5.8-6.9) where this species was found.

Taxonomic remarks: *Staurosirella acidophila* has several morphological features of the genus *Staurosirella* such as uniseriate striae composed by slit-like areolae, punch-hole striae, a wide sternum, well-developed apical pore fields, valvocopulae with well-developed fimbriae and girdle bands open (Morales & Manoylov, 2006b). Therefore, the allocation of the new species in *Staurosirella* is justified.



Figs 2-32. LM. *Staurosirella acidophila* from type material (SP SP427584). 2-32. Individuals showing size diminution series. 2. Two sibling cells attached. 32. Copula view. Fig. 13 is of holotype. Scale bar = 10 μ m.



Figs 33–41. SEM. *Staurosirella acidophila* from type material (SP SP427584). **33.** Valve in external view with spines. **34.** Valve in external view with a double line of spines (arrows). **35.** Narrow sternum and areolae. **36.** Frustule in girdle view showing copulae without ornamentation. **37.** Apical pore fields and initial semicircular areolae. **38.** Striae uniseriate with lineolae. **39–40.** Well-developed volae in internal view. **41.** Fimbriae on valvocopula. Scale bar represents 5 μm except in Fig. 38 where scale bar = 1 μm and Figs 35 and 37 where scale bar = 2 μm .

As in *Staurosirella confusa* E.Morales the striae are very refractive under LM (Morales, 2005), yet the new species differs in the arrangement and density of the striae (Table 3). *Staurosirella acidophila* also shows similarity to other species currently in *Staurosirella* such as *S. oldenburgiana* (Hust.) E.Morales and *S. subcapitata* (Freng.) E.Morales. The new species differs from *S. oldenburgiana* in the width at the valve centre and the relatively small areolae present in *S. oldenburgiana* (Morales, 2005). In *S. subcapitata*, smaller specimens tend to lose their typical lanceolate outline, which does not occur in *S. acidophila*. The same shape variation trend can be observed in *S. dubia* (Grunow) E.Morales & Manoylov (Morales & Manoylov, 2006b), in which larger valves are lanceolate, but without expanded central area as in *S. acidophila*, and smaller valves are elliptical, not lanceolate or slightly rhombic as it occurs in *S. acidophila*.

Staurosirella acidophila also resembles smaller and medium-size representatives of *S. rhomboides* (Grunow) E.Morales & Manoylov that show rounded apices and similar sternum. However, *S. rhomboides* differs in the shape of valves and type of spines (Table 3). The maximum length observed in *S. acidophila* was 19.5 µm, whereas in *S. rhomboides* the length ranges is 13-55 µm with a more pronounced central expansion (Morales & Manoylov, 2006b).

The form factors calculated for the populations from Brazil were near 1, demonstrating that the form is strongly influenced by valve width. This metric corroborates the stability observed from larger to smaller valves. From scanned images the form factor was calculated for *Staurosirella confusa*, *S. oldenburgiana*, *S. subcapitata*, *S. rhomboides*, *Punctastriata lancettula* (Schum.) P.B.Hamilton & Siver, *P. mimetica* E.Morales, *Staurosira acutirostrata* (Metzeltin & Lange-Bert.) Metzeltin & Lange-Bert. and *Fragilaria pinnata* var. *acuminata* Ant.Mayer (Table 3). The mean of the values found for these species was similar to the average found for *S. acidophila* (average: 0.6), however for *Staurosira acutirostrata* and *F. pinnata* var. *acuminata* the values were smaller. Smaller values also were obtained by Rioual *et al.* (2014) for *Staurosira longwanensis* P.Rioual, E.Morales & Ector. Therefore, *Staurosira acutirostrata*, *F. pinnata* var. *acuminata* and *S. longwanensis* are species for which the form factor is controlled by valve length, with smaller specimens losing the narrowly lanceolate shape of larger specimens and becoming elliptic as size decreases.

Staurosirella acidophila has similar valve shape, length and width as *Punctastriata lancettula* and *P. mimetica*. However, the ultrastructure of the striae is different since it is composed of a net of transapical and apical silicified bars (Williams & Round, 1987; Morales, 2005; Hamilton & Siver, 2008). This net, gives a diffuse, blurry aspect to the striae under LM, instead of the refractive, brighter appearance in *S. acidophila*.

Another similar taxon is *Staurosira acutirostrata*, which has lanceolate valves, greater length (22-36 µm), central inflation less apparent, and the striae tend to be less radiate than in *S. acidophila* (Metzeltin & Lange-Bertalot, 1998). Nevertheless, under SEM, both of these taxa have incipient spines, and the striae and areolae also look similar. Although *S. acutirostrata* is currently ascribed to

Staurosira, it has characters of *Staurosirella* such as developed apical pore fields and lineolae. Despite the fact that too little microscopical information was given by Metzeltin & Lange-Bertalot (1998) at the time of description, and the reasons exposed by Metzeltin *et al.* (2005), the transfer of *S. acutirostrata* to *Staurosirella* is recommended (see below).

An additional taxon that is morphologically similar to *S. acidophila* is *Fragilaria pinnata* var. *acuminata*, at least as it appears depicted in some current references. The iconotype presented in Mayer (1937 see fig. 18) show this variety as having lanceolate valves, without a pronounced central inflation and apices not as protracted as in *S. acidophila*. Furthermore, the same author depicted his new variety as having slender and parallel striae, two features absent in *S. acidophila*. The current concept of *F. pinnata* var. *acuminata* is different from Mayer's, as adopted in studies by Reavie & Smol (1998), Camburn & Charles (2000) and Vermaire & Gregory-Eaves (2008), for example. A clarification of the taxonomy of this taxon through examination of the type material is required.

Ecology and associated diatom flora: *Staurosirella acidophila* was found in shallow mesotrophic reservoirs (Gianesella-Galvão & Arcifa, 1988; Almeida & Bicudo, 2014) with higher relative abundance in the surface sediments than in phytoplankton. The highest abundance occurred in Cachoeira da Graça (Table 1),

Table 2. Water chemistry data for Pedro Beicht (PB) and Cachoeira da Graça (CG) reservoirs (mean values for the water column) during winter (W) and summer (S). < below detection limit

Station	Temperature		Conductivity		pH		OD		N-NH ₄		N-NO ₃		TN		TP		SRS		free CO ₂		HCO ₃		Chlorophyll a	
	(°C)		(μS cm ⁻¹)				(mg L ⁻¹)		(μg L ⁻¹)		(μg L ⁻¹)		(μg L ⁻¹)		(μg L ⁻¹)		(mg L ⁻¹)		(μg L ⁻¹)		(μg L ⁻¹)		(μg L ⁻¹)	
	WS		WS		WS		WS		WS		WS		WS		WS		WS		WS		WS		WS	
PB1	16.9	22.9	13.3	16.2	6.2	6.0	8.6	4.8	12.5	26.6	14.7	22.5	380.2	283.8	15.4	16.0	2.3	2.9	7.0	11.8	5.7	5.9	8.0	20.2
PB2	16.4	24.4	13.1	15.0	6.2	6.2	5.2	5.9	< 10	13.5	9.7	< 8	317.8	233.8	14.2	10.3	2.2	2.2	6.5	7.6	5.5	5.5	8.7	< 0.5
PB3	16.1	23.9	13.2	16.4	6.0	6.1	6.5	5.1	< 10	21.5	15.2	< 8	266.6	192.6	14.0	9.7	2.0	2.2	10.2	17.0	5.8	5.9	11.4	10.1
PB4	18.0	27.0	13.2	14.9	6.2	6.3	7.5	2.5	< 10	14.7	18.9	< 8	272.6	197.4	15.4	14.5	2.2	2.4	6.0	5.3	5.2	5.8	15.8	6.1
PB5	16.5	25.0	13.2	15.2	6.4	6.2	7.2	4.6	< 10	39.8	11.4	< 8	234.6	168.1	14.6	13.6	2.3	2.8	4.8	6.4	5.7	5.0	6.4	10.5
CG1	19.6	24.8	14.6	17.7	5.8	6.9	7.5	6.6	14.2	48.9	24.4	< 8	450.9	340.6	16.3	14.9	3.3	3.0	16.1	1.2	6.2	6.0	1.0	2.6
CG2	15.8	24.3	14.6	17.2	5.9	6.5	9.7	6.7	< 10	18.8	29.4	< 8	335.1	313.3	15.1	18.5	3.4	3.1	14.5	3.5	6.9	6.3	2.5	11.4

Table 3. Morphological features of *Staurosirella acidophila* sp. nov. and comparable species

	<i>Staurosirella acidophila</i>	<i>Staurosirella confusa</i>	<i>Staurosirella oldenburgiana</i>	<i>Staurosirella subcapitata</i>	<i>Staurosirella rhomboides</i>	<i>Punctastriata lancettula</i>	<i>Punctastriata mimetica</i>	<i>Staurosira acutirostrata</i>	<i>Fragilaria pinnata</i> var. <i>acuminata</i>
Reference	This study	Morales (2005)	Morales (2005)	Morales & Manoylov (2006b)	Morales & Manoylov (2006b)	Hamilton & Siver (2008)	Morales (2005)	Metzeltin & Lange-Bertalot (1998), Metzeltin <i>et al.</i> (2005)	Mayer (1937)
Valve shape	Isopolar to slightly heteropolar, rhombic-lanceolate	Slightly heteropolar, lanceolate	Isopolar, linear to lanceolate	Lanceolate	Rhomboid	Slightly heteropolar, elliptical-lanceolate	Slightly heteropolar, cruciform to rhomboid	Fusiforme, lanceolate	Lanceolate
Apices	Acuminate to rostrate-rounded	Acuminate	Rostrate to subcapitate, clearly protracted	Acute rostrate to subrostrate	Broadly rounded	Rostrate to lanceolate	Acuminate to subrostrate	Rostrate-protracted	Rounded to acuminate
Sternum	Variable, linear to lanceolate	Variable, linear to lanceolate	Variable, narrowly linear-lanceolate to linear	Lanceolate	Lanceolate	Variable, linear to lanceolate	Variable, linear to lanceolate	Variable, narrowly linear-lanceolate to linear	Linear
Length (µm)	10.8-19.5	11-20	13-24	8-27	13-55	5.7-14	7-22.5	22-36 µm	15-30
Width (µm)	4.5-6.8	3.5-4.5	2.5	4-5.5	5.5-9	4.4-5.2	5-7	4-6 µm	4-6
Striae in 10 µm	8-9	11	13-14	7-9	6.5-9	10-12	9-11	7-9	–
Striae	Alternate to slightly radiate	Parallel to slightly radial toward the apices	Parallel or alternate	Parallel to radial toward the apices	Parallel to slightly radial toward the apices	Linear, multiseriate, oval to elliptical	Parallel to slightly radiate, multiseriate	Alternate, transapical, linear	Parallel or alternate
Areolae	Areolae slit-like, the first semicircular, evident	Areolae slit-like	Small elliptical	Areolae slit-like	Areolae slit-like	Small and round	Small and round	Slit-like, the first semicircular, evident	–
Volae	Branched and originated from the sides of the areolae	Well-developed	Branched and originate from the sides of the areolae	Delicate and branched	Branched and originated from the sides of the areolae	Recessed	Not observed	Well-developed	–
Apical pore fields	Present at both apices, composed by round poroids, surrounded by siliceous rim	A few or numerous row of round poroids	Well developed at both apices, composed by round poroids sometimes surrounded by siliceous rim	Well developed at both apices, composed by round poroids	Developed at both apices, probably heteropolar, composed by several round poroids	At one apex well-developed, the opposite apex smaller or not observed	Present, at both apices	Present, at both apices	–
Spines	Small, 2-3 located in costae valve, sometimes in double line	Solid, spatulate, 2-3 located in costae valve, sometimes absent	Externally, the costae bear rudimentary spines	Two kinds on the costae, sometimes absent	Flattened and located on the costae	Spatulate	Bifurcate, solid	Small, 2-3 located in costae valve	–
Girdle bands	Open, wide, without perforations	Open, numerous and without perforation	Open, without perforation	Numerous, unknown details	Several, valvocopulae larger than the other elements	Two to four copulae, unknown details	Open, without perforation	Unknown	–
Form factor ranges	0.2-0.9 (n = 68)	0.8-0.9 (n = 5)	0.5-1.0 (n = 12)	0.4-0.9 (n = 23)	0.5-1.0 (n = 8)	0.6-1.0 (n = 7)	0.6-1.0 (n = 14)	0.2 (n = 2)	0.3-0.6 (n = 3)

the shallower reservoir, with very low nutrient concentrations, and a well-illuminated water column, with occurrence of benthic species.

The low nutrient concentrations in the reservoirs (Table 2) are typical of tropical oligo- to mesotrophic environments (Arcifa *et al.*, 1981; Lopes *et al.*, 2005; Vercellino & Bicudo, 2006; Santos & Ferragut, 2013). The granulometric texture (0.2% sand, 19.1% clay and 80.7% silt) indicates environments with low hydrodynamic changes and not subjected to erosion (Fontana *et al.*, 2014). High C/N ratios (mean values of 13 and 12, respectively for Pedro Beicht and Cachoeira da Graça reservoir) indicate the presence of humic compounds derived from decomposition of vascular plants (Håkanson, 1984; Meyers, 2003). Given that the reservoirs are located in a well-protected area, their mesotrophic status probably derived from the early phase when vegetation was flooded by the dam construction, and later on by the organic matter from surrounding vegetation. The sediment TP concentrations (mean values of 0.280 mg g⁻¹ and 0.104 mg g⁻¹, respectively for Pedro Beicht and Cachoeira da Graça reservoir) are compatible with values found below 0.750 mg g⁻¹ in continental crust (Wedepöhl, 1995; CETESB 2011).

In the studied samples, the diatom assemblage was composed of 98 taxa. Twenty three of these taxa (arranged in 11 genera) presented relative abundance ≥ 2%. The two most common genera were *Eunotia* Ehrenb. [*E. bilunaris* (Ehrenb.) M.G.M.Souza, *E. botuliformis* F.Wild, Nörpel & Lange-Bert., *E. incisa* W.Greg., *E. mucophila* (Lange-Bert. & Nörpel-Schempp) Lange-Bert., *E. muscicola* var. *tridentula* Nörpel-Schempp & Lange-Bert. and *E. veneris* (Kütz.) De Toni] and *Aulacoseira* Thwaites [*A. ambigua* (Grunow) Simonsen, *A. brasiliensis* Tremarin, Ludwig & Torgan, *A. granulata* (Ehrenb.) Simonsen, *A. herzogii* (Lemmermann) Simonsen and *A. tenella* (Nygaard) Simonsen]. The genus *Eunotia* has mainly been recorded from oligotrophic, slightly acidic and well-illuminated environments (Round *et al.*, 1990; Furey *et al.*, 2011, Fontana *et al.*, 2014). While *Aulacoseira* has a worldwide distribution and generally represents an important component of the phytoplankton of eutrophic lakes, lagoons and rivers, however it is also distributed in oligotrophic waters (Denys *et al.*, 2003; Tremarin *et al.*, 2013).

DISCUSSION

Staurosirella acidophila is a new species with several characters that allow its allocation into *Staurosirella* as far as we know the double line of incipient spines is for the first time reported for the genus *Staurosirella*. The new diatom most probably occurs in naturally mesotrophic reservoirs that may be considered reference sites for pre-enriched conditions for the Metropolitan Region of São Paulo.

Despite the recent publications on South American diatoms, small araphids are not frequently reported and are usually identified only at the genus level (Metzeltin & Lange-Bertalot, 1998; Rumrich *et al.*, 2000; Metzeltin *et al.*, 2005), deriving in a poor representation of the araphid flora of the region. More recently, five new araphid species were described from the Bolivian Altiplano (Morales *et al.*, 2012, 2014b), indicating that taxonomic studies in this group can potentially contribute to the increase of species richness in tropical regions. Few species, belonging to the “small araphids” group, have been reported for Brazil, such as *Staurosirella leptostauron* (Ehrenb.) D.M.Williams & Round, *S. leptostauron* var. *dubia* (Grunow) Edlund, *S. martyi* (Héribaud) E.Morales & Manoylov, *S. pinnata*

and *S. subcapitata* (Tremarin *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2011), *S. crassa* (Metzeltin & Lange-Bert.) F.C.P.Ribeiro & Torgan and *Staurosira acutirostrata* (Fontana & Bicudo, 2009; Ribeiro *et al.*, 2010; Dunck *et al.*, 2012). However, few of these studies use a combination of LM and SEM, thus impeding taxonomical confirmations.

Our findings showed that *Staurosirella acidophila* has a benthic habitat, occurring in slightly acidic waters, with low nutrient concentrations and well-illuminated conditions.

Concerning biodiversity conservation, freshwater issues have globally acquired increasing importance (Dudgeon *et al.*, 2005; Kociolek & Stoermer, 2009). In this context, we describe herein a new species of fragilarioid diatom from reservoirs that hold good ecological conditions and are located in a biological reserve of Atlantic Forest, increasing the knowledge on biodiversity and ecology of this diatom group in Neotropical protected areas.

In addition, based on LM and SEM illustrations presented by Metzeltin & Lange-Bertalot (1998) and the reasons given above, *Staurosira acutirostrata* a species originally described for the Amazonian region (Demerara River, Guyana) is here transferred to the genus *Staurosirella*:

Staurosirella acutirostrata (Metzeltin & Lange-Bert.) P.D.Almeida & C.E.Wetzel **comb. nov.**

Basionym: *Fragilaria acutirostrata* Metzeltin & Lange-Bert. 1998, *Iconographia Diatomologica* vol. 5, p. 89, pl. 1, figs 18, 19; pl. 2, fig. 4.

≡ *Staurosira acutirostrata* (Metzeltin & Lange-Bert.) Metzeltin & Lange-Bert. in Metzeltin *et al.* 2005, *Iconographia Diatomologica*, vol. 15, p. 229.

Acknowledgments. This work was supported by funds provided by FAPESP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (AcquaSed project, nº 2009/53898-9), and was undertaken as part of PDA's PhD thesis (FAPESP doctoral fellowship 2014/13179-1 to PDA) at the Instituto de Botânica – IBt (São Paulo, Brazil). Funding was also provided by CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Grant 310940/2013-3 to DCB and 207702/2014-4-SWE to PDA) and the LIST, Luxembourg Institute of Science and Technology (TAXODIA project). We are deeply grateful to the valuable assistance of personnel from Sabesp (Divisão de Recursos Hídricos Metropolitanos Sudoeste) for their valuable logistical support during fieldwork. We are also grateful to Prof. William de Queiróz (Universidade de Guarulhos, Laboratório de Geoprocessamento) for providing the illustration of the study area. We thank students and technicians of IBt involved in laboratory and fieldwork. We thank Saúl Blanco (University of León, Spain) for kindly revising the manuscript and providing the Latin description.

REFERENCES

- ALMEIDA P.D. & BICUDO D.C., 2014 — Diatomáceas planctônicas e de sedimento superficial em represas de abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo, SP, Sudeste do Brasil. *Hoehnea* 41: 187-207.
- APHA, 2005 — Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th ed. USA: Washington, American Publication Health Association, 1368 p.
- ARCIFA M.S., CARVALHO M.A.J., GIANESSELLA-GALVÃO S.M.F., SHIMIZU G.Y., FROELICH C.G. & CASTRO R.M.C., 1981 — Limnology of ten reservoirs in Southeastern Brazil. *Verhandlungen des internationalen Verein Limnologie* 21: 1048-1053.
- BARBER H.G. & HAWORTH E.Y., 1981 — A guide to the morphology of the diatom frustules with a key to the British freshwater genera. *Freshwater biological association, Scientific publication* 44: 1-112.
- BATTARBEE R.W., 1986 — Diatoms analysis. In: Berglund B.E. (ed.) *Handbook of Holocene Palaeohydrology*. New York, John Wiley & Sons, pp. 527-570.

- BENNION H. & SIMPSON G.L., 2011 — The use of diatom records to establish reference conditions for UK lakes subject to eutrophication. *Journal of paleolimnology* 45: 469-488.
- CAMBURN K.E. & CHARLES D.F., 2000 — Diatoms of low-alkalinity lakes in the Northeastern United States. *Academy of natural sciences of Philadelphia, Special publication* 18: 1-152.
- CETESB, 2011 — *Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2010*. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, São Paulo, CETESB, 289 p.
- COX E.J., 1987 — Studies on the diatom genus *Navicula* Bory. VI. The identity, structure and ecology of some freshwater species. *Diatom research* 2: 159-174.
- DENYS L., MUYLAERT K., KRAMMER K., JOOSTEN T., REID M. & RIOUAL, P. 2003 — *Aulacoseira subborealis* stat. nov. (Bacillariophyceae): a common but neglected plankton diatom. *Nova Hedwigia* 77: 407-427.
- DUDGEON D., ARTHINGTON A.H., GESSNER M.O., KAWABATA Z.-I., KNOWLER D.J., LÉVÊQUE C., NAIMAN R.J., PRIEUR-RICHARD A.-H., SOTO D., STIASSNY M.L.J. & SULLIVAN C.A., 2005 — Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological reviews* 81: 163-182.
- DUNCK B., NOGUEIRA I.S. & MACHADO M.G., 2012 — Planktonic diatoms on lotic and lentic environments in the Lago dos Tigres hydrologic system (Britânia, Goiás, Brazil): Coscinodiscophyceae and Fragilariophyceae. *Brazilian journal of botany* 35: 181-193.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2003 — *Water Quality – Guidance Standard for the Routine Sampling and Pretreatment of Benthic Diatoms from Rivers*. Brussels, European Standard EN 13946. European Committee for Standardization, 14 p.
- FONTANA L. & BICUDO D.C., 2009 — Diatomáceas (Bacillariophyceae) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR, Brasil): Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae. *Hoehnea* 36: 375-386.
- FONTANA L., SPADANO-ALBUQUERQUE A.L., BRENNER M., BONOTTO D.M., SABARIS T.P.P., PIRES M.A.F., COTRIM M.E.B. & BICUDO D.C., 2014 — The eutrophication history of Guarapiranga Reservoir, São Paulo, Brazil. *Journal of paleolimnology* 51: 29-43.
- FUREY P.C., LOWE R.L. & JOHANSEN J.R., 2011 — *Eunotia* Ehrenberg (Bacillariophyta) of the Great Smoky Mountains National Park, USA. *Bibliotheca diatomologica* 56: 1-134.
- GARCIA M., 2006 — The transfer of *Fragilaria obtusa* Hustedt to the genus *Staurosira* Ehrenberg (Bacillariophyceae). *Phycological research* 54: 87-93.
- GAUL U., GEISSLER U., HENDERSON M., MAHONEY R. & REIMER C.W., 1993 — Bibliography on the fine-structure of diatom frustules (Bacillariophyceae). *Proceedings of the academy of natural sciences of Philadelphia* 144: 69-238.
- GIANESELLA-GALVÃO S.M.F. & ARCIFA M.S., 1988 — The ionic composition of ten reservoirs in southern Brazil. *Revue d'hydrobiologie tropicale* 21: 93-99.
- HÅKANSON L., 1984 — On the relationship between lake trophic level and lake sediments. *Water research* 18: 303-314.
- HAMILTON P.B. & SIVER P.A., 2008 — The type of *Fragilaria lancettula* Schumann 1867 and transfer to the genus *Punctastriata* as *P. lancettula* (Schum.) Hamilton & Siver comb. nov. *Diatom research* 23: 355-365.
- HENDERSON M.V. & REIMER C.W., 2003 — Bibliography on the fine structure of diatom frustules (Bacillariophyceae). II. (+Deletions, addenda and corrigenda for bibliography I). *Diatom monographs* 3: 1-372.
- KINGSTON J., 2003 — Araphid and monoraphid diatoms. In: Wehr J.D. & Sheath R.G. *Freshwater algae of North America: Classification and Ecology*, San Diego, Academic Press, pp. 595-636.
- KOCIOLEK J.P. & STOERMER E.F., 2009 — Oligotrophy: the forgotten end of an ecological spectrum. *Acta botanica Croatica* 68: 465-472.
- LEVKOV Z. & WILLIAMS D.M., 2011 — Fifteen new diatom (Bacillariophyta) species from Lake Ohrid, Macedonia. *Phytotaxa* 30: 1-41.
- LOBO E.A., KITAZAWA S. & KOBAYASI H., 1990 — The use of the scanning electron microscopy as a necessary complement of light microscopy diatom examination for ecological studies. *Diatom* 5: 33-43.
- LOPES M.R.M., BICUDO C.E.M. & FERRAGUT C., 2005 — Short term spatial and temporal variation of phytoplankton in a shallow oligotrophic reservoir, southeast Brazil. *Hydrobiologia* 542: 235-247.
- MAYER A., 1937 — Die Bacillariophyten-Gattungen *Fragilaria* und *Asterionella* in Bayern. *Berichte der Bayerischen botanischen Gesellschaft* 22: 50-85.
- MEDLIN L.K., JUNG I., BAHULIKAR R., MENDGEN K., KROTH P. & KOOISTRA W.H.C.F., 2008 — Evolution of the diatoms. VI. Assessment of the new genera in the araphids using molecular data. *Nova Hedwigia* 133: 81-100.

- METZELTIN D. & LANGE-BERTALOT H., 1998 — Tropical diatoms of South America I. About 700 predominantly rarely known or new taxa representative of the neotropical flora. *Iconographia diatomologica* 5: 1-695.
- METZELTIN D., LANGE-BERTALOT H. & GARCIA-RODRIGUEZ F., 2005 — Diatoms of Uruguay. *Iconographia diatomologica* 15: 1-736.
- METZGER J.P., ALVES L.F., GOULART W., TEIXEIRA A.M.G., SIMOES S.J.C. & CATHARINO E.L.M., 2006 — Uma área de relevante interesse biológico, porém pouco conhecida: a Reserva Florestal do Morro Grande. *Biota neotropica* 6: 1-33.
- MEYERS P.A., 2003 — Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes. *Organic geochemistry* 34: 261-289.
- MORALES E.A., 2001 — Morphological studies in selected fragilarioid diatoms (Bacillariophyceae) from Connecticut waters (U.S.A.). *Proceedings of the academy of natural sciences of Philadelphia* 151: 105-120.
- MORALES E.A., 2005 — Observations of the morphology of some known and new fragilarioid diatoms (Bacillariophyceae) from rivers in the USA. *Phycological research* 53: 113-133.
- MORALES E.A. & EDLUND M.B., 2003 — Studies in selected fragilarioid diatoms (Bacillariophyceae) from Lake Hovsgol, Mongolia. *Phycological research* 51: 225-239.
- MORALES E.A. & MANOYLOV K.M., 2006a — *Staurosirella incognita* Morales et Manoylov sp. nov., a non-spiny species from North America, with an emended description of *Staurosirella* Williams et Round (Bacillariophyceae). In: Witkowski A. (ed.). *Eighteenth International Diatom Symposium 2004, Miedzyzdroje, Poland*. Biopress Limited, Bristol, pp. 325-336.
- MORALES E.A. & MANOYLOV K.M., 2006b — Morphological studies on selected taxa in the genus *Staurosirella* Williams et Round (Bacillariophyceae) from rivers in North America. *Diatom research* 21: 343-364.
- MORALES E.A., SIVER P.A. & TRAINOR F.R., 2001 — Identification of diatoms (Bacillariophyceae) during ecological assessments: comparison between light microscopy and scanning electron microscopy techniques. *Proceedings of the academy of natural sciences of Philadelphia* 151: 95-103.
- MORALES E.A., MANOYLOV K.M. & BAHLS L.L., 2010 — Three new araphid diatoms (Bacillariophyta) from rivers in North America. *Proceedings of the academy of natural sciences of Philadelphia* 160: 29-46.
- MORALES E.A., NOVAIS M.H., CHAVEZ G., HOFFMANN L. & ECTOR L., 2012 — Diatoms (Bacillariophyceae) from the Bolivian Altiplano: three new araphid species from the Desaguadero River draining Lake Titicaca. *Fottea* 12: 41-58.
- MORALES E.A., GUERRERO J.M., WETZEL C.E., SALA S. & ECTOR L., 2013a — Unraveling the identity of *Fragilaria pinnata* Ehrenberg and *Staurosira pinnata* Ehrenberg: research in progress on a convoluted story. *Cryptogamie, Algologie* 34: 89-102.
- MORALES E.A., BUCZKÓ K., WETZEL C.E., NOVAIS M.H., OGNJANOVA-RUMENOVA N., HOFFMANN L. & ECTOR L., 2013b — Transfer of *Staurosira grunowii* to *Staurosirella*. *Diatom research* 29: 105-110.
- MORALES E.A., WETZEL C.E., RIVERA S.F., VAN DE VIJVER B. & ECTOR L., 2014a — Current taxonomic studies on the diatom flora (Bacillariophyceae) of the Bolivian Altiplano, South America, with possible consequences for palaeoecological assessments. *Journal of micropalaeontology* 33: 121-129.
- MORALES E.A., RIVERA S.F., WETZEL C.E., NOVAIS M.H., HAMILTON P.B., HOFFMANN L. & ECTOR L., 2014b — New epiphytic araphid diatoms in the genus *Ulnaria* (Bacillariophyta) from Lake Titicaca (Bolivia). *Diatom research* 29: 41-54.
- PAPPAS J.L. & STOERMER E.F., 1996 — Quantitative method for determining a representative algal sample count. *Journal of phycology* 32: 393-696.
- POTAPOVA M.G. & CHARLES D.F., 2002 — Benthic diatoms in USA rivers: distributions along spatial and environmental gradients. *Journal of biogeography* 29: 167-187.
- POTAPOVA M.G. & CHARLES D.F., 2003 — Distribution of benthic diatoms in U.S. rivers in relation to conductivity and ionic composition. *Freshwater biology* 48: 1311-1328.
- REAVIE E.D. & SMOL J.P., 1998 — Epilithic diatoms of the St. Lawrence River and their relationships to water quality. *Canadian journal of botany* 76: 251-257.
- RIBEIRO F.C.P., SENNA C.S.F. & TORGAN L.C., 2010 — The use of diatoms for paleohydrological and paleoenvironmental reconstructions of Itupanema Beach, Pará State, Amazon Region, during the last millennium. *Revista Brasileira de paleontologia* 13: 2-32.
- RIOUAL P., MORALES E.A., CHU G., HAN J., LI D., LIU J., LIU Q., MINGRAM J. & ECTOR L., 2014 — *Staurosira longwanensis* sp. nov., a new araphid diatom (Bacillariophyta) from Northeast China. *Fottea* 14: 91-100.

- ROSS R., COX E.J., KARAYEVA N.I., MANN D.G., PADDOCK T.B.B., SIMONSEN R. & SIMS P.A., 1979 — An amended terminology for the siliceous components of the diatom cell. *Nova Hedwigia Beihefte* 64: 513-533.
- ROUND F.E., CRAWFORD R.M. & MANN D.G., 1990 — *The Diatoms. Biology and morphology of the genera*. Cambridge, Cambridge University Press, 747 p.
- RUMRICH U., LANGE-BERTALOT H. & RUMRICH M., 2000 — Diatomeen der Anden. Von Venezuela bis Patagonien/Feuerland [Diatoms of the Andes. From Venezuela to Patagonia/ Tierra del Fuego]. *Iconographia diatomologica* 9: 1-649.
- SANTOS T.R. & FERRAGUT C., 2013 — The successional phases of a periphytic algal community in a shallow tropical reservoir during the dry and rainy seasons. *Limnetica* 32: 337-352.
- SARTORY D.P. & GROBBELAAR J.U., 1984 — Extraction of chlorophyll *a* from freshwater phytoplankton for spectrophotometric analysis. *Hydrobiologia* 114: 177-187.
- SILVA W.J., NOGUEIRA I.S. & SOUZA M.G.M., 2011 — Catálogo de diatomáceas da região Centro-Oeste brasileira. *Iheringia, Série Botânica* 66: 61-86.
- SIVER P.A. & BASKETTE G., 2004 — A morphological examination of *Frustulia* (Bacillariophyceae) from the Ocala National Forest, Florida, USA. *Canadian journal of botany* 82: 629-644.
- 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.
- TREMARIN P.I., LUDWIG T.A.V. & TORGAN L.C., 2013 — Morphological variation and distribution of the freshwater diatom *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen in Brazilian continental environments. *Iheringia, Série Botânica* 68: 139-157.
- VERCELLINO I.M.S. & BICUDO D.C., 2006 — Sucessão da comunidade de algas perifíticas em reservatório oligotrófico tropical (São Paulo, Brasil): comparação entre período seco e chuvoso. *Revista Brasileira de botânica* 29: 363-377.
- VERMAIRE J. & GREGORY-EAVES I., 2008 — Reconstructing changes in macrophyte cover in lakes across the northeastern United States based on sedimentary diatom assemblages. *Journal of paleolimnology* 39: 477-490.
- WEDEPÖHL K.H., 1995 — The composition of the continental crust. *Geochimica et cosmochimica acta* 59: 1217-1232.
- WENGRAT S. & BICUDO D.C., 2011 — Spatial evaluation of water quality in an urban reservoir (Billings Complex, southeastern Brazil). *Acta limnologica Brasiliensia* 23: 200-216.
- WILLIAMS D.M. & ROUND F.E., 1987 — Revision of the genus *Fragilaria*. *Diatom research* 2: 267-288.



Two new diatoms in the genus *Fragilaria* Lyngbye (Fragilariophyceae) from tropical reservoirs in Brazil and comparison with type material of *F. tenera*

PRYSCILLA D. ALMEIDA^{1*}, EDUARDO A. MORALES², CARLOS E. WETZEL³, LUC ECTOR³ & DENISE C. BICUDO¹

¹Instituto de Botânica, Department of Ecology, Av. Miguel Stefano 3687, 04301-902, São Paulo, SP, Brazil

²Herbario Criptogâmico, Universidad Católica Boliviana San Pablo, Calle M. Márquez esq. Plaza Jorge Trigo s/n, P.O. Box 5381, Cochabamba, Bolivia

³Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), Environmental Research and Innovation Department (ERIN), 41 rue du Brill, L-4422 Belvaux, Luxembourg

* Corresponding author (E-mail: pryalmeida@gmail.com)

Abstract

Two new diatom species, *Fragilaria neotropica* sp. nov. and *F. spectra* sp. nov., from six reservoirs with different trophic status in the Alto Tietê River Basin, São Paulo, Brazil, are described. Descriptions are based on light (LM) and scanning elec-tron microscopy (SEM) data revealing that both taxa have distinctive features that separate them from each other and from other taxa currently in *Fragilaria*. *Fragilaria neotropica* has high stria density, broader (sometimes deformed) central area, and capitate (often deflected) apices. This species was found in high abundance as part of the phytoplankton, periphyton and surface sediments in mesotrophic reservoirs. On the other hand, *F. spectra* has indistinct striae (not clearly seen in LM), wide sternum, two rimoportulae per valve and lacks spines. This taxon was abundant in the phytoplankton and periphyton of oli-gotrophic to mesotrophic reservoirs. A discussion of morphological and ecological aspects in the light of available literature is presented, as well as a morphological comparison based on LM and SEM analysis of the original material of *F. tenera*.

Keywords: Bacillariophyta, morphology, Neotropics, new species, São Paulo, systematics, taxonomy

Introduction

The genus *Fragilaria* Lyngbye (1819: 182) is morphologically heterogeneous and is distributed in freshwaters worldwide (Lange-Bertalot 1980, Williams & Round 1987, Lange-Bertalot & Ulrich 2014). It has been the subject of a large number of studies yielding new species (Morales 2003, Linares-Cuesta & Sanchez-Castillo 2007) as a result of advances in electron microscopy and molecular analyses (Medlin *et al.* 2008).

The revision of the genus *Fragilaria* by Williams & Round (1987, 1988) yielded a narrow circumscription of the genus, including species similar to *Fragilaria capucina* Desmazières (1830: 453). The rest of the species were placed into five other genera: *Fragilariforma* Williams & Round (1988: 265), *Pseudostaurosira* Williams & Round (1987: 276), *Punctastriata* Williams & Round (1987: 278), *Staurosira* Ehrenberg (1843: 45) and *Staurosirella* Williams & Round (1987: 274) (Williams & Round 1987, 1988).

The characters utilized in the revision of *Fragilaria sensu stricto* were uniseriate striae, open girdle bands, and ocellulimbus-type apical pore fields on each pole (Williams & Round 1987), features that were observed under SEM. There has been substantial revision of taxonomic and nomenclatural aspects of *Fragilaria*, including the typification of the genus and the study of type material of several of its species (Tuji & Williams 2006, 2008a, b). Nevertheless, studies on valve structure and phylogeny suggest a need for further investigation because the characters that delimit genera are currently insufficient to characterize species (Medlin *et al.* 2008, Cox 2009).

Although the report of fragilarioid diatoms in ecological assessments is frequent, documentation of their biodiversity in continental waters seems to be far from complete, since most studies only show taxa lists without illustrations, taxonomic discussions or taxonomic references (Manoylov *et al.* 2003, Morales 2003, Linares-Cuesta & Sanchez-Castillo 2007, Morales *et al.* 2010).

The genus *Fragilaria* has been widely cited in ecological studies, but knowledge on its taxonomy at the species level is limited. Consequently, taxa names have probably been used inconsistently (Lange-Bertalot & Ulrich 2014). The latter authors analyzed several original drawings and historical collections, including type material, and proposed seven new taxa. Specifically, the set of taxa with very long and narrow forms is rather insufficiently characterized in the literature and has been recently examined in detail by Lange-Bertalot & Ulrich (2014). Among the species of *Fragilaria* with very long and narrow forms, the *F. tenera* (Smith 1856: 98) Lange-Bertalot (1980: 746) complex was also re-analyzed by Lange-Bertalot & Ulrich (2014). Nonetheless, that work and all existing literature on the group are insufficient to identify many populations in tropical environments, specifically in reservoirs from Brazil.

In South America, recent studies on diatom diversity have led to description of many new species (e.g. Metzeltin & Lange-Bertalot 1998, 2007, Kociolek *et al.* 2001, Morales & Vis 2007, Morales *et al.* 2008, 2009). For Brazil, several new taxa at the genus and species levels were described in a small number of studies (e.g. Patrick 1940a, Garcia 2010, 2012, Wetzel *et al.* 2011, 2012, Tremarin *et al.* 2012, Canani & Torgan 2013, Ferrari *et al.* 2014, Silva & Souza 2015). Although there are some studies focused on the Fragilariaceae from Brazil, including *Fragilaria sensu stricto*, (Ludwig & Flôres 1997, Flôres *et al.* 1999, Brassac & Ludwig 2003, Landucci & Ludwig 2005, Ferrari & Ludwig 2007, Fontana & Bicudo 2009, Dunck *et al.* 2012, Nardelli *et al.* 2014), only one single variety of *Fragilaria* has been described: *Synedra rumpens* var. *fusa* Patrick (1940b: 218). And, interestingly, the same set of names is reported for different environments as denoted in the website for the Brazilian flora (Eskinazi-Leça *et al.* 2015).

The objective of the present work is to contribute to the taxonomic and ecological knowledge of the fragilarioid flora in tropical reservoirs, specifically in reservoirs of the Alto Tietê River Basin in São Paulo, Brazil. Two new species of *Fragilaria* with long and narrow shape are proposed based on LM and SEM analyses. Type material of *Synedra tenera* Smith (1856: 98) was studied for comparison with the new taxa from Brazil and to complement the information given in the revision of this complex by Lange-Bertalot & Ulrich (2014). The taxonomy of all three species in relation to other morphologically similar taxa is discussed.

Material and Methods

Study Area:—Six reservoirs with different trophic status and located in the Alto Tietê River Basin (São Paulo) are the focus of this study. The basin is situated in the São Paulo Metropolitan Region (RMSP), southeastern Brazil, covering an area of 5,900 km² with large urban development. The reservoirs supply drinking water to the surrounding population distributed in 35 towns (Silva & Porto 2003). Seventeen sampling sites were distributed along the reservoirs (Fig. 1, Table 1): Ponte Nova (3 sites), Paraitinga (2 sites), Cachoeira da Graça (2 sites), Pedro Beicht (5 sites), Jundiaí (3 sites) and Taiacupeba (2 sites).

Sample preparation and analysis:—For water chemistry analyses, 39 samples were collected during winter (June and August, 2010) and summer (January, February and December, 2010) with a Van Dorn sampler along a vertical profile. Temperature (°C), pH and conductivity (µS cm⁻¹) were measured in the field using standard electrodes (Horiba U-53). The analytical procedure for dissolved oxygen (mg L⁻¹), ammonium (µg L⁻¹), nitrate (µg L⁻¹), soluble reactive silica (mg L⁻¹), total nitrogen and total phosphorus (µg L⁻¹), free carbon dioxide (mg L⁻¹) and bicarbonate ions (mg L⁻¹) followed Standard Methods (APHA 2005). Chlorophyll *a* (µg L⁻¹), corrected for phaeophytin, was measured using 90% ethanol (Sartory & Grobbelaar 1984).

Diatoms from three different compartments (plankton, periphyton and surface sediments) were sampled. Planktonic and periphytic diatoms were sampled in summer and winter, whereas surface sediments were sampled only in winter, given they provide a temporal integrated sample (Smol 2008). Planktonic diatoms were collected with a Van Dorn sampler along a vertical profile. Periphytic diatoms were collected from macrophytes (*Nymphoides* sp. and *Salvinia* sp.) by brushing them off with a toothbrush and rinsing with distilled water. Short sediment cores were collected with a gravity corer (UWITEC® Mondsee, Austria) and the top 2 cm sections were used for analyses. Material fixed with Lugol's solution was analyzed on wet mounts to observe cytoplasmic structures with a Zeiss Axioskop 2 microscope at a magnification of 400×.

Samples were oxidized according to methods described by the European Committee for Standardization (2003) using concentrated hydrogen peroxide (H₂O₂ 37%) and hydrochloric acid (HCl 37%). Oxidized subsamples were rinsed with deionized water and permanent slides were prepared using Naphrax® as mounting medium. LM images were taken at a magnification of 1000× with a Zeiss microscope Axioskop 2 plus equipped with DIC, digital camera



FIGURE 1. Location of the Alto Tietê Water Supply System and sampling reservoirs in the Tietê River Basin, São Paulo Metropolitan Region, São Paulo State, Brazil.

model AxioCamMR5 and phase contrast. For SEM studies, aliquots of processed material were filtered and rinsed with deionized water through a 3 μm Isopore™ polycarbonate membrane filter (Merck Millipore). Filters were mounted on aluminum stubs and coated with platinum using BAL-TEC Med 020 Modular High Vacuum Coating System for 30 s at 100 mA. The cleaned samples were examined using an ultra-high resolution analytical field emission (FE) scanning electron microscope Hitachi SU-70 (Hitachi High Technologies) operated at 5 kV at 10 mm distance. Micrographs were digitally manipulated and plates containing LM and SEM images were created using CorelDraw X6®.

For identification, we used specific references such as Lange-Bertalot (1980), Tuji (2004), Tuji & Williams (2006, 2008a, b), Lange-Bertalot & Ulrich (2014). For identification of diatom assemblage general floras were consulted such as Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991), Simonsen (1987), Metzeltin & Lange-Bertalot (1998, 2007), Rumrich *et al.* (2000), Metzeltin *et al.* (2005), as well as recent articles Houk & Klee (2004), Tremarin *et al.* (2012, 2013), Almeida *et al.* (2015), Wengrat *et al.* (2015).

The type material of *S. tenera* Smith from the Van Heurck Collection housed at the Botanic Garden Meise was analyzed under LM and SEM for comparison with the new taxa discussed here. A new slide (isotype) was prepared from the original gathering and was deposited at the Botanical Garden Meise under the access number BR-4434.

Quantitative and morphometric analyses:—Diatom quantification was made at 1000 $\times$ magnification using a Zeiss Axioskop 2 microscope. At least 400 valves were counted per slide (Battarbee 1986) with a minimum sampling efficiency of 90% (Pappas & Stoermer 1996). Species abundances were calculated as a percentage of total counts. Taxonomic measurements such as length, width (at middle of valve) and stria density were obtained from LM and SEM images. Morphologic terminology was based on Ross *et al.* (1979), Barber & Haworth (1981), Williams & Round (1986) and Round *et al.* (1990).

TABLE 1. Data from sampling sites of *Fragilaria neotropica* and *F. spectra* in reservoirs in the Alto Tietê Basin, São Paulo, Brazil, compartments and herbarium codes. Winter (W) and Summer (S).

Reservoir	Station	Herbarium code	Geographic coordinates	Habitat	Trophic status	Species
Cachoeira da Graça	CG1-W	SP427590	23° 39' 77.9" S 46° 57' 92.8" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>
Cachoeira da Graça	CG2-W	SP427591	23° 39' 29.0" S 46° 57' 78.4" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>
Cachoeira da Graça	CG1-S	SP427592	23° 39' 77.9" S 46° 57' 92.8" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>
Cachoeira da Graça	CG2-S	SP427593	23° 39' 29.0" S 46° 57' 78.4" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>
Jundiaí	JU1-S	SP427996	23° 38' 50.2" S 46° 09' 48.1" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. spectra</i>
Jundiaí	JU2-S	SP427997	23° 39' 07.2" S 46° 11' 34.3" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. spectra</i>
Jundiaí	JU3-S	SP468829	23° 37' 33.7" S 46° 11' 13.4" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. spectra</i>
Jundiaí	JU1-W	SP468830	23° 38' 50.2" S 46° 09' 48.1" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. spectra</i>
Jundiaí	JU2-W	SP468831	23° 39' 07.2" S 46° 11' 34.3" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. spectra</i>
Jundiaí	JU3-W	SP468832	23° 39' 07.2" S 46° 11' 34.3" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. spectra</i>
Paraitinga	PA1-S	SP427992	23° 31' 22.0" S 45° 54' 17.8" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. spectra</i>
Paraitinga	PA2-S	SP427993	23° 31' 41.3" S 45° 56' 29.2" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. spectra</i>
Paraitinga	PA1-W	SP427994	23° 31' 22.0" S 45° 54' 17.8" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. spectra</i>
Paraitinga	PA2-W	SP427995	23° 31' 41.3" S 45° 56' 29.2" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. spectra</i>
Pedro Beicht	PB1-W	SP427586	23° 44' 94.6" S 46° 57' 66.0" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>
Pedro Beicht	PB2-W	SP427587	23° 44' 00.5" S 46° 57' 24.5" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>
Pedro Beicht	PB3-W	SP427588	23° 43' 04.8" S 46° 57' 67.6" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>
Pedro Beicht	PB4-W	SP427589	23° 44' 09.5" S 46° 58' 16.0" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>
Pedro Beicht	PB5-W	SP427590	23° 43' 00.0" S 46° 58' 64.7" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>
Pedro Beicht	PB1-S	SP427591	23° 44' 94.6" S 46° 57' 66.0" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>
Pedro Beicht	PB2-S	SP427592	23° 44' 00.5" S 46° 57' 24.5" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>
Pedro Beicht	PB3-S	SP427593	23° 43' 04.8" S 46° 57' 67.6" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>
Pedro Beicht	PB4-S	SP427594	23° 44' 09.5" S 46° 58' 16.0" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>
Pedro Beicht	PB5-S	SP427595	23° 43' 00.0" S 46° 58' 64.7" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>
Ponte Nova	PN2-S	SP427923	23° 36' 04.3" S 45° 55' 44.0" W	Phytoplankton	Oligotrophic	<i>F. spectra</i>

...continued on the next page

TABLE 1. (Continued)

Reservoir	Station	Herbarium code	Geographic coordinates	Habitat	Trophic status	Species
Ponte Nova	PN3-S	SP427924	23° 34' 48.2" S 45° 57' 57.9" W	Phytoplankton	Oligotrophic	<i>F. spectra</i>
Ponte Nova	PN2-W	SP427926	23° 36' 04.3" S 45° 55' 44.0" W	Phytoplankton	Oligotrophic	<i>F. spectra</i>
Ponte Nova	PN3-W	SP427927	23° 34' 48.2" S 45° 57' 57.9" W	Phytoplankton	Oligotrophic	<i>F. spectra</i>
Taiacupeba	TA1-S	SP468833	23° 36' 25.9" S 46° 15' 59.5" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. spectra</i>
Taiacupeba	TA2-S	SP468834	23° 34' 40.9" S 46° 16' 50.3" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. spectra</i>
Taiacupeba	TA1-W	SP468835	23° 36' 25.9" S 46° 15' 59.5" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. spectra</i>
Taiacupeba	TA2-W	SP468836	23° 34' 40.9" S 46° 16' 50.3" W	Phytoplankton	Mesotrophic	<i>F. spectra</i>
Paraitinga	PA1-S	SP427984	23° 31' 22.0" S 45° 54' 17.8" W	Periphyton	Mesotrophic	<i>F. spectra</i>
Pedro Beicht	PA-2W	SP468828	23° 44' 94.6" S 46° 57' 66.0" W	Periphyton	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>
Cachoeira da Graça	CG1-W	SP427582	23° 39' 77.9" S 46° 57' 92.8" W	Surface sediments	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>
Cachoeira da Graça	CG2-W	SP427583	23° 39' 29.0" S 46° 57' 78.4" W	Surface sediments	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>
Pedro Beicht	PB1-W	SP427578	23° 44' 94.6" S 46° 57' 66.0" W	Surface sediments	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>
Pedro Beicht	PB2-W	SP427579	23° 44' 00.5" S 46° 57' 24.5" W	Surface sediments	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>
Pedro Beicht	PB3-W	SP427580	23° 43' 04.8" S 46° 57' 67.6" W	Surface sediments	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>
Pedro Beicht	PB4-W	SP427581	23° 44' 09.5" S 46° 58' 16.0" W	Surface sediments	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>
Pedro Beicht	PB5-W	SP427585	23° 43' 00.0" S 46° 58' 64.7" W	Surface sediments	Mesotrophic	<i>F. neotropica</i>

Results

A total of 110 taxa at the species and variety levels, distributed in 39 genera were encountered. A high percentage of these taxa (38%) could not be identified, based on used literature, and were recorded only at the genus level. The species composition and relative abundance of the diatom community present in the two samples selected as type material for both of the new species are listed in Table 2. The selection of these two samples was based on abundance of the new species at Pedro Beicht (4.9%) and Paraitinga (16.7%) reservoirs.

Class Fragilariophyceae

Subclass Fragilariophycidae

Order Fragilariales

Family Fragilariaceae

Genus *Fragilaria*

TABLE 2. Species composition and relative abundance of the diatom community in the type material of *Fragilaria neotropica* and *F. spectra*.

Taxa at Pedro Beicht reservoir (SP427579)	%	Taxa at Paraitinga reservoir (SP427984)	%
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	2.9	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützinger) Czarnecki	2.9
<i>A. brasiliensis</i> Tremarin, Ludwig & Torgan	8.7	<i>A.cf. pseudolineare</i> Novais & Ector	6.9
<i>A. granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	1.3	<i>Actinella lange-bertalotii</i> Kociolek	1.0
<i>A. hergozii</i> (Lemmermann) Simonsen	1.0	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	2.7
<i>A. pusilla</i> (Meister) Tuji & Houki	2.9	<i>A. tenella</i> (Nygaard) Simonsen	7.8
<i>A. tenella</i> (Nygaard) Simonsen	3.9	<i>Craticula</i> sp. 1PARAIT	1.0
<i>Achnantheidium cf. microcephalum</i> Kützinger	2.9	<i>Cymbella</i> sp. 1PARAIT	1.0
<i>Brachysira brebissonii</i> Ross	6.8	<i>Cymboppleura naviculiformis</i> (Auerswald ex Heiberg) Krammer	1.0
<i>B. neoexilis</i> Lange-Bertalot	5.8	<i>Discostella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk & Klee	3.9
<i>B. serians</i> (Brébisson) Round & Mann	1.0	<i>D. stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee	11.8
<i>Encyonema neogracile</i> Krammer	1.0	<i>Eunotia botuliformis</i> Wild, Nörpel & Lange-Bertalot	1.0
<i>Encyonopsis sanctipaulensis</i> Wengrat, Marquardt & Wetzel	1.9	<i>E. meridiana</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1.0
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Souza	4.9	<i>Fragilaria fragilarioides</i> Grunow	6.9
<i>E. botuliformis</i> Wild, Nörpel & Lange-Bertalot	6.8	<i>F. gracilis</i> Østrup	3.9
<i>E. incisa</i> Gregory	1.9	<i>F. longifusiformis</i> (Hains & Sebring) Siver <i>et al.</i>	10.8
<i>E. mucophila</i> (Lange-Bertalot & Nörpel-Schempp) Lange-Bertalot	1.9	<i>F. pectinalis</i> Desmazières	5.9
<i>E. muscicola</i> var. <i>tridentula</i> Nörpel-Schempp & Lange-Bertalot	17.5	<i>F. spectra</i> sp. nov.	16.7
<i>Eunotia</i> sp. 1PBEICH	4.9	<i>Fragilaria</i> sp. 1PARAIT	2.9
<i>Fragilaria neotropica</i> sp. nov.	4.9	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	1.0
<i>Frustulia crassinervia</i> (Brébisson) Lange-Bertalot & Krammer	7.8	<i>Luticola fuhrmannii</i> Metzeltin & Levkov	1.0
<i>Frustulia cf. rexii</i> Graeff & Kociolek	1.0	<i>Navicula notha</i> Wallace	3.9
<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst	1.0	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	2.0
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	1.0	<i>Planothidium</i> sp. 1PARAIT	1.0
<i>Kobayasiella</i> sp. 1PBEICHT	1.0	<i>Thalassiosira</i> sp. 1PARAIT	1.0
<i>Navicula herbstiae</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1.0	<i>Ulnaria delicatissima</i> (Smith) Aboal & Silva	1.0
<i>Pinnularia brauniana</i> (Grunow) Studnicka	1.0		
<i>Stenopterobia cf. curvula</i> (Smith) Krammer	1.9		
<i>Stenopterobia</i> sp. 1PBEICHT	1.0		

***Fragilaria tenera* (Smith) Lange-Bertalot (Figs 2–22)**

Basionym: *Synedra tenera* Smith (1856: 98).

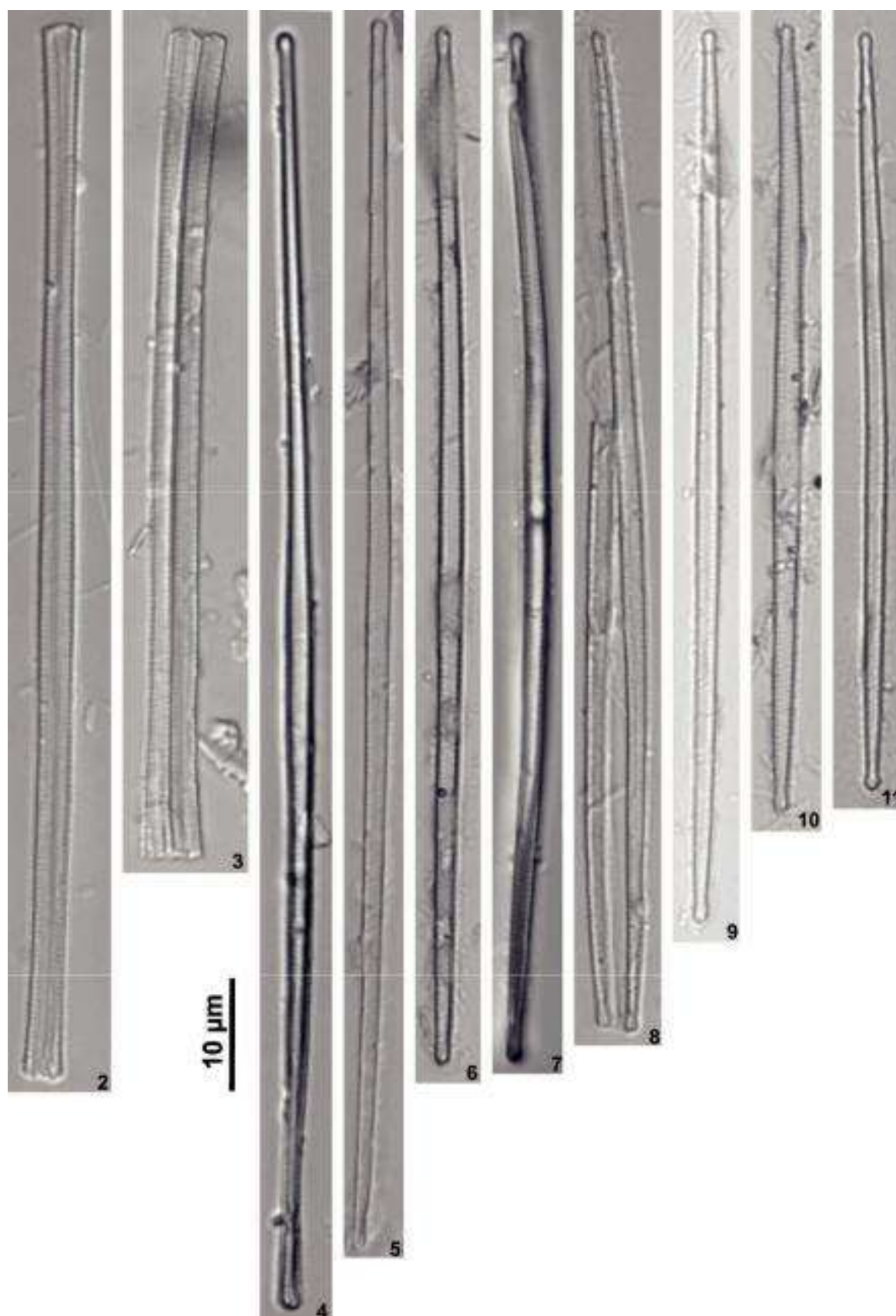
No illustrations accompanied the protologue of *S. tenera* Smith. Lange-Bertalot (1980) made the transfer of species to the genus *Fragilaria* and, more recently, the type material of *S. tenera* was lectotypified by Krammer & Lange-Bertalot (1991, pl. 115, figs 1–2). New photos from lectotype slide were provided and illustrated in Lange-Bertalot & Ulrich (2014).

The latter authors treated three varieties *F. tenera* var. *tenera*, *F. tenera* var. *nanana* (Lange-Bertalot 1993: 48) Lange-Bertalot & Ulrich (2014: 7) and *F. tenera* var. *lemanensis* Druart *et al.* (2007: 284). Due to its widespread occurrence *F. tenera sensu lato* has been considered as a complex by several authors in the past (*e.g.* Hustedt 1930, Cleve-Euler 1953, Patrick & Reimer 1966), but the complete description was given by Lange-Bertalot & Ulrich (2014). The results presented here expand the current knowledge about this complex.

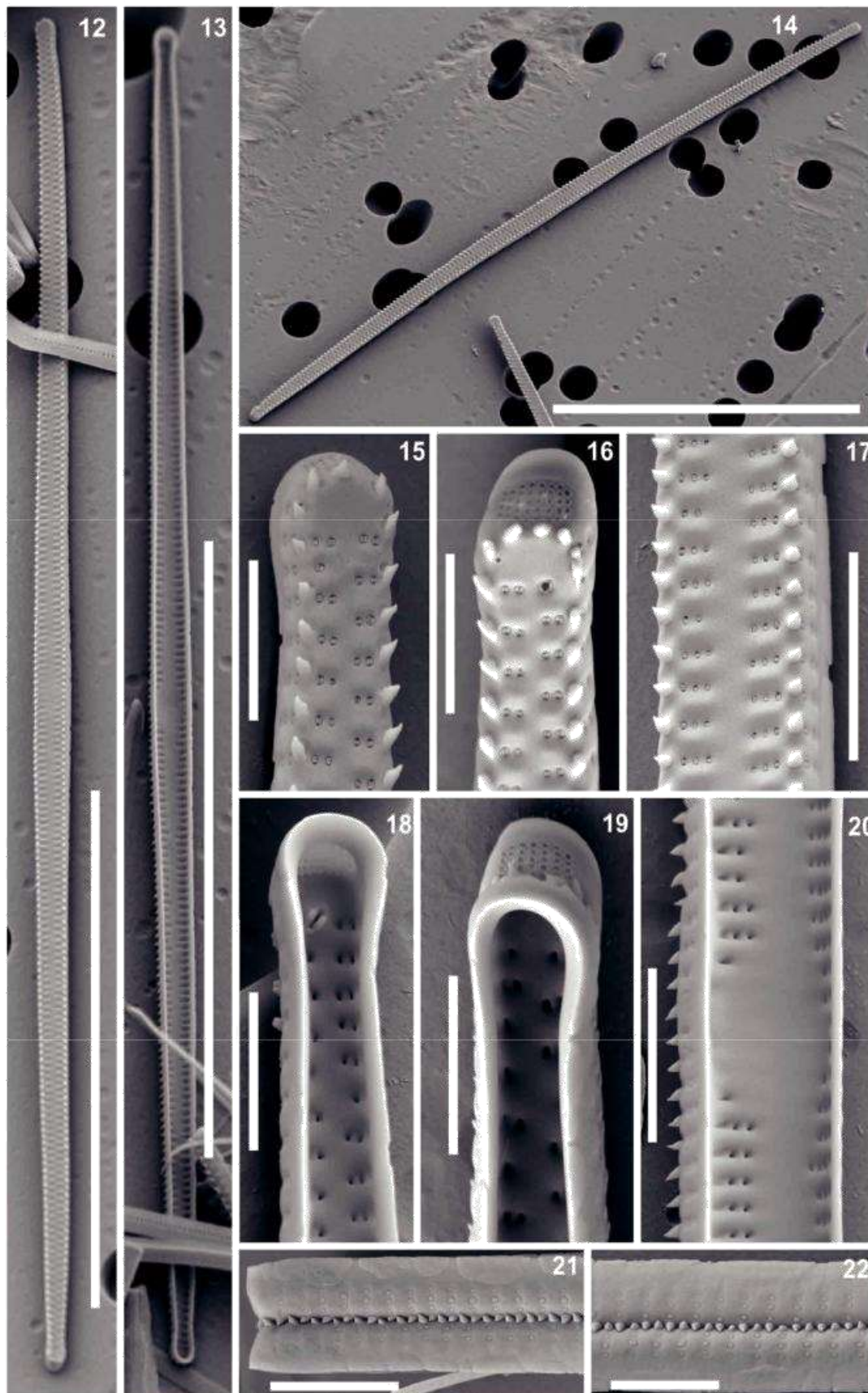
Type material analysis:—Specimens of *F. tenera* were abundant in the lectotype material from Collection Smith VI 46 C8, housed in the Botanic Garden Meise (BR!) and were suitable for LM and SEM imaging. Frustules slightly arched in girdle view (Figs 2, 3). Valves linear-lanceolate with slightly convex margins (Figs 5–7, 14). Apices subcapitate (Figs 4–15). Central area difficult to observe, sometimes inflated (Figs 4, 9, 10), and marked by ghost striae (Figs 12, 14, 17). In internal view, the central area is expanded bilaterally (Figs 13, 20). Sternum linear, conspicuous (Figs 5, 10, 11). Striae alternate, visible, with indistinct areolae (Figs 5–8). Pyramidal spines located throughout entire margin at junction between valve face/mantle (Figs 7–9). Spines (3–4) present also at poles (Figs 15, 16). Striae composed of 2–3 areolae on valve face and 2–3 areolae on mantle (Figs 15–22). Areolae rounded, covered with rotulae (Figs 15–17). Apical pore fields of the ocellulimbus type with 3–5 rows of poroids (Figs 16, 19). Plaques present on

abvalvar margin of mantle (Figs 21, 22). One small rimoportula present at one of the valve ends (Figs 16, 18).

Length: 68.1–114.4 μm , width: 1.9–2.1 μm , stria density 18–20 in 10 μm ($n = 12$).



FIGURES 2–11. LM. *Fragilaria tenera* (Smith) Lange-Bertalot. LM pictures taken from the isotype population (BR-4434) of *Synedra tenera* Smith. 2, 3. Frustules in girdle view. 4–11. Population showing variation in size and valve outline. Scale bar = 10 μm .



FIGURES 12–22. SEM. *Fragilaria tenera* (Smith) Lange-Bertalot. SEM images taken from the type material (BR-4434). 12, 14. Valves in external view. 13. Valve in internal view. 15, 16. External view of apices. 16. Apex showing rimoportulae. 17. Central area in external view showing pyramidal spines. 18, 19. Apices in internal view. 18. Apex showing rimoportulae in internal view. 20. Central area in internal view. 21, 22. Mantle with plaques on abvalvar margin. Scale bar = 40 μm in Figs 12–14. Scale bar = 3 μm in Figs 17, 20, 21. Scale bar = 2 μm in Figs 15, 16, 18, 19, 22.

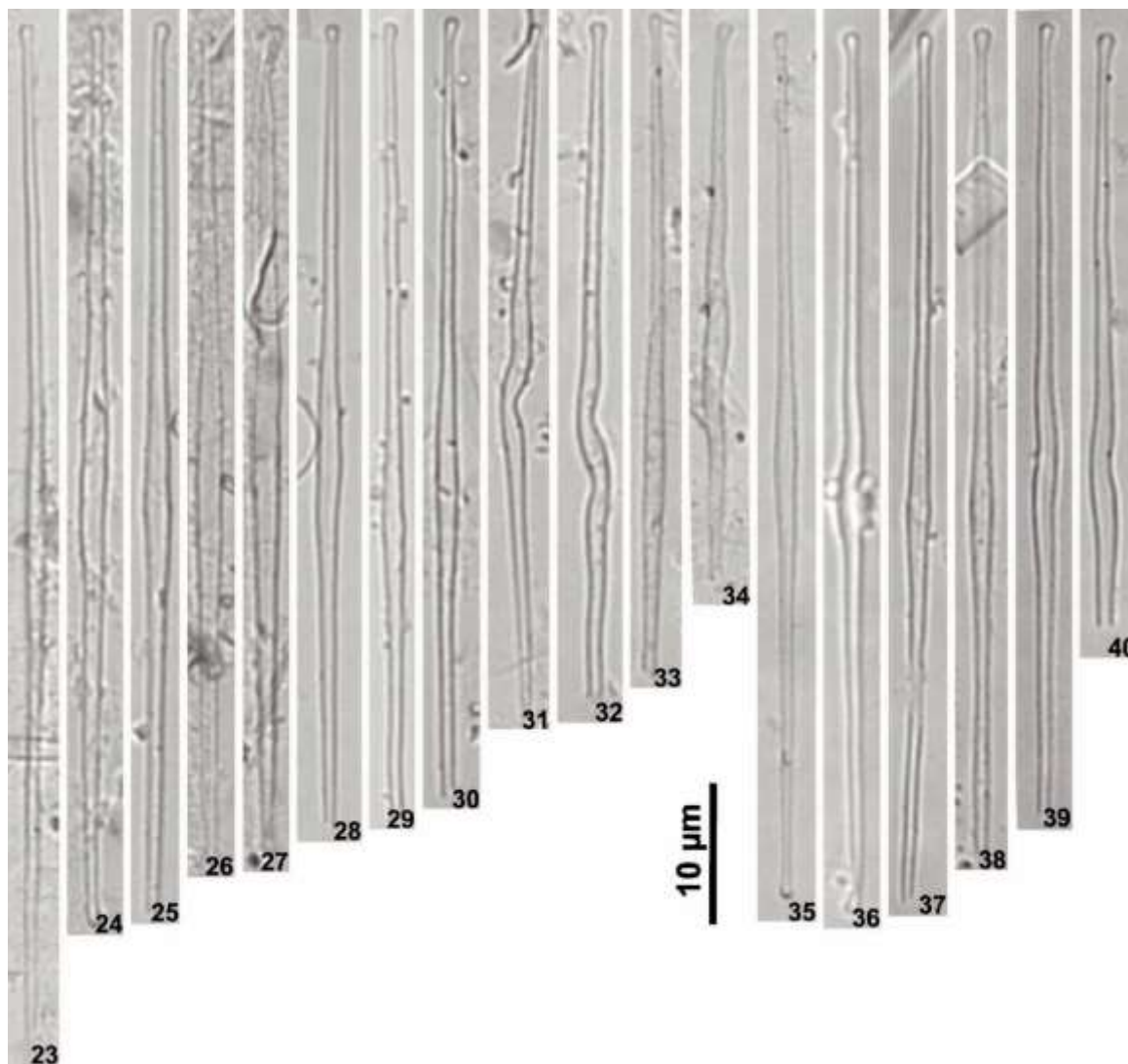
***Fragilaria neotropica* P.D.Almeida, E.Morales & C.E.Wetzel, sp. nov. (Figs 23–53)**

Frustules narrowly rectangular in girdle view. Valves linear-lanceolate, conspicuously inflated at the center, gradually narrowing towards the poles, frequently broken towards ends (Figs 23–34). Apices capitated, sometimes deflected without obvious pattern (Figs 35–40). Central area broader, with ghost striae and delimited by adjacent shortened striae (Figs 47, 48, 50), sometimes deformed in a zig-zag fashion (Figs 31, 32, 39, 40, 50). Sternum linear, narrow, inconspicuous (Figs 28, 35, 39). Striae alternate, short and interrupted by spines, with indistinct areolae; difficult to observe in LM (Figs 25–27). Pyramidal spines throughout entire margin, including the poles, where 3–4 spines are present (Figs 41, 43, 44). Spines on valve face located at junction between valve face/mantle (Figs 41, 51–53). Striae composed of 1–3 areolae on valve face and 1–3 areolae on mantle (Figs 47, 52). Areolae rounded indistinct in LM (Figs 26, 27), covered with rotae (Figs 43, 47, 49, 50). Apical pore fields of the ocellulimbus type with 2–3 rows of poroids (Figs 43–46). Plaques present on abvalvar margin of mantle (Figs 52, 53). One small rimoportula present at one of the valve ends (Figs 41–43, 46). Cingulum composed of 2–3 copulae. Girdle bands open with two rows of unoccluded perforations (Figs 51–53). Colonies not observed. Plastids unknown. Length: 52.0–72.0 μm , width: 1.7–2.0 μm , stria density 28–32 in 10 μm .

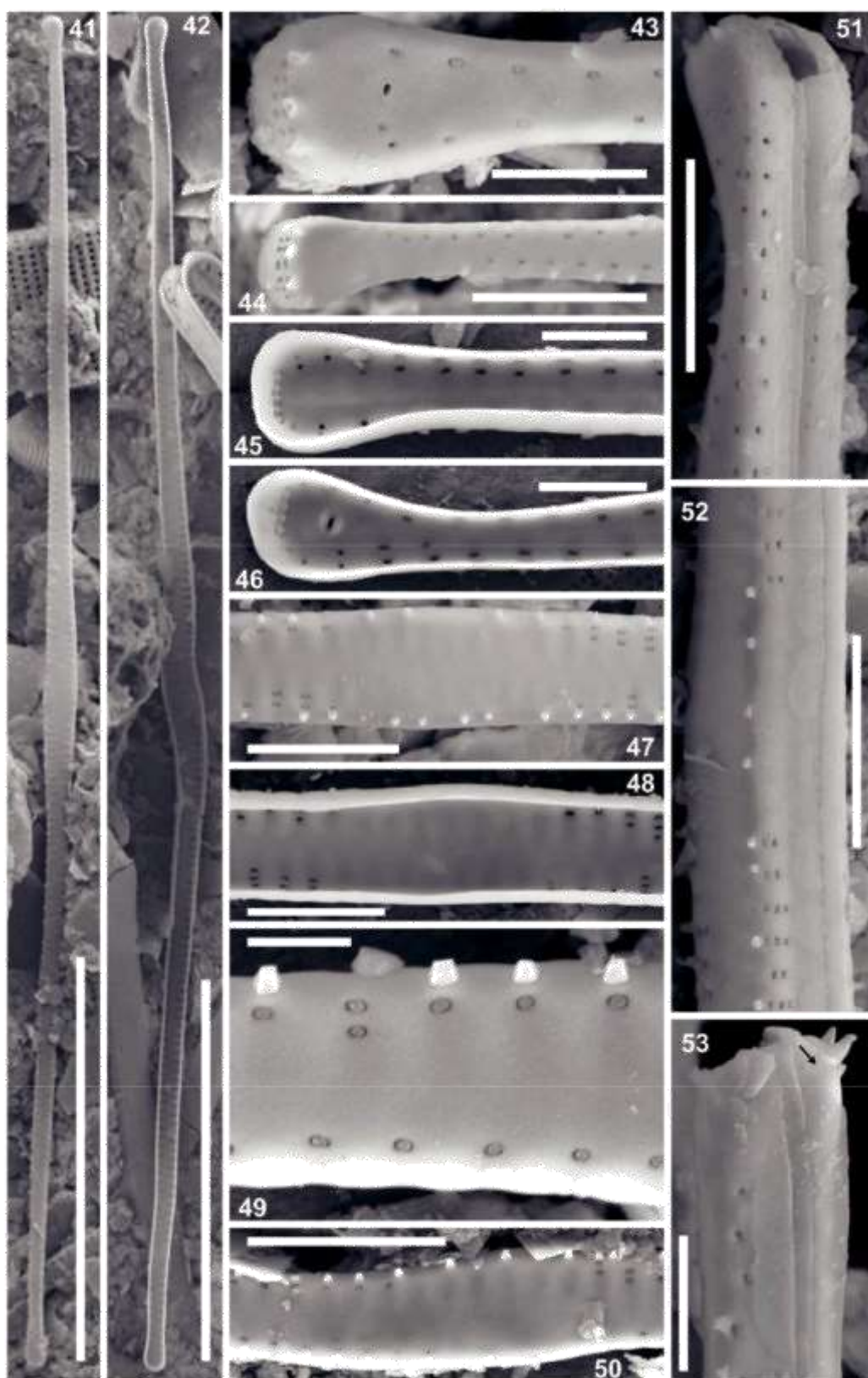
Type:—BRAZIL. São Paulo: Cotia, Pedro Beicht Reservoir, 23° 44'00.5" S, 46° 57' 24.5" W, 921 m a.s.l., P.D. Almeida & D.C. Bicudo, 18 June 2010 (Table 1) (holotype SP!, population on slide SP427579, illustrated here in LM as Figs 23–40 and SEM as Figs 41–53. Isotype: BR! slide 4432).

Etymology:—The specific epithet refers to the Neotropic ecoregion where it was found.

Ecology:—Found in surface sediments, as epiphytic on *Nymphoides* sp. and also as planktonic. Acidophilous, mesotraphentic, living in reservoirs with low nutrient concentrations and low pH (Table 3).



FIGURES 23–40. LM. *Fragilaria neotropica* P.D.Almeida, E.Morales & C.E.Wetzel, sp. nov. 23–34. Population from type material SP427579 (surface sediments). 35–40. Population from periphyton. Scale bar = 10 μm .



FIGURES 41–53. SEM. *Fragilaria neotropica* P.D.Almeida, E.Morales & C.E.Wetzel, *sp. nov.* Population from type material (SP427579). 41. Valve in external view. 42. Valve in internal view. 43. Apex in external view with rimoportula. 44. Apex in external view without rimoportula showing the apical pore field. 45. Apex in internal view without rimoportula. 46. Apex in internal view with rimoportula and showing the apical pore fields. 47. Central area in external view showing spines and ghost striae. 48. Central area in internal view. 49. External view of striae with areolae covered with rotulae. 50. Central area deformed. 51–53 Frustule showing details of the girdle bands ornamentation. Black arrow indicates open bands. Scale bar = 20 µm in Figs 41, 42. Scale bar = 3 µm in Figs 50, 52. Scale bar = 2 µm in Figs 44, 47, 48, 51, 53. Scale bar = 1 µm in Figs 43, 45, 46. Scale bar = 500 nm in Fig. 49.

TABLE 3. Water chemistry data for Cachoeira da Graça (CG), Jundiá (JU), Paraitinga (PA), Pedro Beicht (PB), Ponte Nova (PN) and Taiaçupeba (TA) reservoirs (mean values for water column) during Summer (S) and Winter (W). Dissolved oxygen: DO; ammonium: N-NH₄; nitrate: N-NO₃; Soluble reactive silica: SRS; total nitrogen: TN; total phosphorus: TP; bicarbonate ions: HCO₃; <: below detection limit; nd: no data.

Station	Temperature		pH		Conductivity		Free CO ₂		HCO ₃		DO		N-NH ₄		N-NO ₃		TN		TP		SRS		Chlorophyll <i>a</i>	
	(°C)				(µS cm ⁻¹)		(µg L ⁻¹)		(µg L ⁻¹)		(mg L ⁻¹)		(µg L ⁻¹)		(µg L ⁻¹)		(µg L ⁻¹)		(µg L ⁻¹)		(mg L ⁻¹)		(µg L ⁻¹)	
	S	W	S	W	S	W	S	W	S	W	S	W	S	W	S	W	S	W	S	W	S	W	S	W
CG1	22.9	19.6	6.4	5.8	17.7	14.6	2.6	8.1	3.1	3.1	5.3	7.9	56.9	14.2	<8.0	<8.0	202.8	354.8	<4.0	16.4	3.1	4.2	1.8	1.0
CG2	24.3	15.8	6.5	6.0	17.2	14.8	1.7	7.3	3.1	3.4	7.1	10.1	18.8	<10.0	<8.0	<8.0	220.5	257.7	<4.0	15.1	3.1	5.8	11.4	2.8
JU1	26.2	17.5	6.3	6.2	43.6	nd	14.3	21.0	16.2	17.9	4.1	7.2	nd	16.4	<8.0	<8.0	534.2	326.0	36.5	33.6	1.7	0.7	14.5	13.4
JU2	25.6	17.5	6.3	6.3	51.1	nd	16.0	16.3	18.3	18.3	2.6	6.4	367.5	11.3	<8.0	<8.0	991.4	371.5	39.9	24.8	2.0	0.8	15.7	12.6
JU3	26.0	17.5	6.3	6.4	43.1	nd	13.8	17.5	15.7	18.0	2.8	6.4	13.9	34.7	<8.0	<8.0	458.2	482.3	40.6	27.7	1.8	0.7	18.2	14.5
PA1	28.9	19.6	6.7	6.5	42.3	nd	5.1	12.9	18.3	21.0	2.5	8.5	nd	17.4	<8.0	<8.0	689.7	381.9	21.0	29.8	3.8	2.1	4.4	13.8
PA2	25.8	18.0	6.6	6.4	47.4	nd	9.1	14.1	20.6	20.1	1.2	5.4	279.7	48.8	<8.0	<8.0	1090.9	328.6	30.2	21.6	4.9	2.2	5.9	11.9
PB1	22.9	16.9	6.0	6.2	16.2	13.3	11.8	7.0	5.9	5.7	5.0	9.0	26.6	14.6	<8.0	9.1	182.0	298.5	16.0	15.4	2.9	2.3	20.2	8.0
PB2	24.5	16.4	6.2	6.0	15.0	13.2	7.6	6.5	5.5	5.5	6.2	5.4	13.5	<10.0	<8.0	<8.0	136.2	243.8	12.3	14.2	2.2	2.2	12.3	8.7
PB3	23.9	16.3	6.1	6.1	16.4	13.2	17.0	10.2	5.9	5.8	5.4	6.8	55.4	<10.0	<8.0	10.0	180.6	202.6	11.5	14.0	2.2	2.0	16.1	11.4
PB4	27.0	18.0	6.3	6.2	14.9	13.2	5.3	6.0	5.8	5.2	2.6	7.8	14.7	<10.0	<8.0	14.8	118.7	207.4	14.5	15.4	2.4	2.2	6.2	15.8
PB5	25.1	16.9	6.1	6.4	15.3	13.2	6.4	4.8	5.0	5.6	4.8	6.8	39.8	<10.0	<8.0	<8.0	174.2	178.1	13.6	14.6	2.7	2.3	10.6	5.7
PN1	26.8	17.8	6.3	6.6	16.7	nd	7.6	5.2	8.8	11.7	3.7	5.9	168.5	137.2	<8.0	14.7	633.4	556.2	12.6	7.5	1.9	1.6	2.8	8.7
PN2	25.3	18.4	6.2	6.4	14.0	nd	9.3	9.8	8.5	11.4	3.6	6.7	227.1	204.3	9.6	21.8	808.2	671.6	10.4	5.8	1.9	1.6	2.6	5.0
PN3	25.1	18.0	6.3	6.2	18.5	nd	10.3	13.9	10.2	11.6	3.7	9.2	364.3	239.5	12.4	24.9	795.1	745.7	11.3	6.5	1.8	2.2	2.1	3.4
TA1	25.5	16.0	6.3	6.3	48.8	nd	14.2	18.1	18.0	17.2	0.7	7.5	77.2	72.6	<8.0	<8.0	467.7	381.6	35.3	23.2	2.5	1.0	11.9	12.1
TA2	25.7	16.0	6.8	6.4	54.9	nd	6.1	15.3	20.8	17.4	3.8	7.6	97.8	74.5	<8.0	28.6	324.0	511.0	25.1	23.5	2.0	1.2	9.1	16.8

***Fragilaria spectra* P.D.Almeida, E.Morales & C.E.Wetzel, sp. nov. (Figs 54–84)**

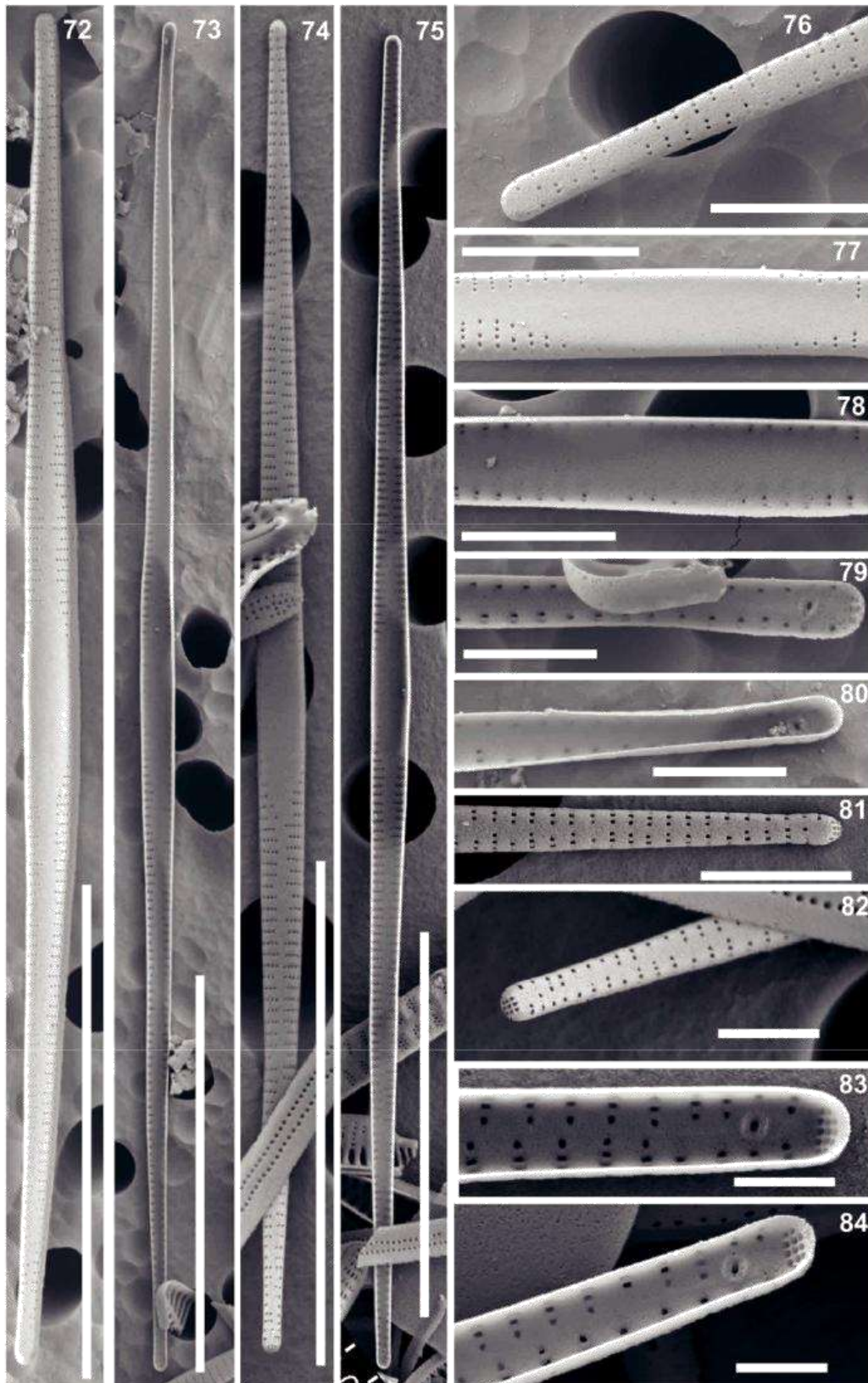
Frustules narrowly rectangular in girdle view (Fig. 55). Valves linear-lanceolate gradually narrowing towards the poles (Figs 54–71). Apices acute-rounded, with variation in width within the same population (Figs 62–71). Central area broader, limited by short adjacent striae (Figs 66–71), visible only with phase contrast (Fig. 58), without evident ghost striae (Figs 72–75). Sternum lanceolate and narrow (Figs 63, 72, 73). Striae very difficult to observe, with indistinct areolae (Figs 56–61), alternate at the centre of valve, becoming opposite toward the ends (Figs 72, 74). Spines absent (Figs 72, 74). Striae composed of up to 5 areolae located on valve face (Figs 72, 74). Areolae rounded and small (Figs 76–84). Valae not observed. Apical pore fields of the ocellulimbus type with 2–3 rows of poroids (Figs 76, 81–84). Two rimoportulae present per valve (Figs 73–75), but indistinct in LM. Girdle bands open, not shown here. Colonies not observed. Plastids numerous and elongate (Figs 54, 55). Length: 40.5–73.0 μm , width: 1.5–2.5 μm , striae density 24–25 in 10 μm .

Type:—BRAZIL. São Paulo: Salesópolis, Paraitinga Reservoir, 23°31'22.0" S 45°54'17.8" W, 760 m a.s.l., A.C.R. Rocha & D.C. Bicudo, 14 January 2010 (Table 1) (holotype SP!, population on slide SP427984, partially illustrated here in LM as Figs 54–71 and SEM as Figs 72–84. Isotype: BR! slide 4433).

Etymology:—The specific epithet of the species refers to delicate appearance of the valves of this taxon, in the Epicurean philosophy, *spectra* is an emanation from physical objects giving rise to visual and mental images.



FIGURES 54–71. LM. *Fragilaria spectra* P.D.Almeida, E.Morales & C.E.Wetzel, sp. nov. 54, 55. Periphytic cells fixed with lugol. 56–61. Population from phytoplankton. 62–71. Population from type material SP427984 (periphyton). Scale bar = 10 μm .



FIGURES 72–84. SEM. *Fragilaria spectra* P.D.Almeida, E.Morales & C.E.Wetzel, *sp. nov.* Population from type material (SP427984). 72, 74. Valves in external view. 73, 75. Valves in internal view. 76, 81, 82. Apices showing external view of rimoportulae. 77. Central area in external view without spines or ghost striae. 78. Central area in internal view. 79, 80, 83, 84. Apices showing rimoportulae in internal view. Scale bar = 20 µm in Figs 72–75. Scale bar = 5 µm in Fig. 82. Scale bar = 4 µm in Fig. 77. Scale bar = 3 µm in Figs 76, 78, 81. Scale bar = 2 µm in Figs 79, 80. Scale bar = 1 µm in Figs 83, 84.

Ecology:—Found as epiphytic on *Salvinia* sp. and as part of the plankton. Acidophilous, oligo- to mesotraphentic, living in reservoirs as single cells, with low pH and TP (Table 3).

Discussion

In Brazil, reservoirs are very important for hydroelectric power generation, agriculture and water supply (Guarino *et al.* 2005). In industrialized regions, reservoirs receive discharges of nutrients, organic compounds and heavy metals that impair water quality and threaten the aquatic biota and human health (Ishii & Sadowsky 2008). Nevertheless, few studies have emphasized the biodiversity in these ecosystems (Branco *et al.* 2002, Henry *et al.* 2004, Whately & Cunha 2006, Fontana *et al.* 2014). The RMSP is one of the most important financial, commercial and industrial centers in Brazil. It is one of the most densely populated areas of the country, with nearly 20 million inhabitants (IBGE 2014). As a result, local water bodies have undergone intense eutrophication and water of an adequate quality for consumers has become increasingly scarce (Beyruth 2000). Due to these problems, there is a considerably high interest in the use of diatoms as indicators of ecological conditions in these systems (Bere & Tundisi 2010, 2011a, b, Fontana *et al.* 2014). However, the floras are composed of many new taxa, showing that an important part of the diversity found in reservoirs need more investigation in order to improve those ecological assessments (Almeida *et al.* 2015, Wengrat *et al.* 2015). The present study is part of a larger research effort, the AcquaSed Project (Base line diagnosis and reconstruction of anthropogenic impacts in the Guarapiranga Reservoir, focusing on sustainability in water supply and water quality management in reservoirs of the Alto Tietê and surrounding basins). This project aims at increasing the knowledge of reservoirs in São Paulo.

The two new species presented herein are morphologically similar to the group recently studied by Lange-Bertalot & Ulrich (2014), with narrow and long valves. *Fragilaria neotropica* can be confused with species of the *F. tenera* complex; however, it is distinguished from them by having shorter striae and higher stria density (28–32 in 10 µm). Particularly, *Fragilaria neotropica* is morphologically close to *F. tenera* var. *lemanensis* and *F. tenera* var. *nanana*. These taxa have similar linear-lanceolate valve shape and capitate apices with 3–4 spines (Table 4). *Fragilaria neotropica* differs from *F. tenera* var. *lemanensis* by having an inflated central area with ghost striae and different valve width at the central area (1.7–2.0 µm). According to Druart *et al.* (2007), the variety *lemanensis* has broader valves (2.0–3.5 µm) and the central area is absent. *Fragilaria neotropica* differs from *F. tenera* var. *nanana* by its rounded areolae and ornamented girdle bands. According to Lange-Bertalot & Ulrich (2014), *F. tenera* var. *nanana* has bacilliform areolae and lacks ornamentation in its girdle bands (pl. 4, figs 7–11). Therefore, the main features distinguishing *F. neotropica* from varieties of *F. tenera* are: shorter striae with higher density, rounded areolae occluded by rotæ, and a cingulum composed of perforated elements.

Fragilaria neotropica was abundant in the samples collected from plankton and surface sediments from mesotrophic reservoirs. In the type material, this species contributed with 4.9% to the diatom assemblage, which was mainly dominated by species of the genera *Aulacoseira* Thwaites (1848: 167), *Brachysira* Kützing (1836: 153), *Eunotia* Ehrenberg (1837: 44) and *Frustulia* Rabenhorst (1853: 50) (Table 2).

Fragilaria neotropica was found in two mesotrophic reservoirs and both populations showed teratological forms, such as central area in zig-zag fashion and apices sometimes deflected without obvious pattern in some specimens. A teratological feature is an abnormal outline of the frustules transmitted through generations (Falasco *et al.* 2009). Diatoms are able to adsorb dissolved heavy metals, and many studies have shown that changes in environmental conditions can modify the valve morphology of diatoms (Sanders & Riedel 1998, Morin & Coste 2006, Masmoudi *et al.* 2013). Data similar to those observed in Brazilian reservoirs were also recorded in Portugal (Nunes *et al.* 2003). These authors reported several taxa with abnormal characteristics as *F. crotonensis* Kitton (1869: 110) *F. capucina* var. *rumpens* (Kützing) Lange-Bertalot ex Bukhtiyarova (1995: 417) related to the presence of moderate Cd and Zn concentration in sediments. The literature suggests that the observed abnormalities in *Fragilaria* taxa are also related to heavy metal concentrations in stream waters, and that the most common modification in this genus is valve shape (McFarland *et al.* 1997, Falasco *et al.* 2009).

Previous studies with cores in Pedro Beicht Reservoir, type locality of *F. neotropica*, revealed anomalous metal concentrations bound to sulfide and elevated concentrations of Pb, Sn and Zn with enrichment factors higher than 1.5 in recent fractions of the cores (two last decades) (Oliveira 2011). These results were related to punctual anthropogenic disturbance such as the presence of a railway in the area. The survey of metals in the RMSP reservoirs is part of the AcquaSed Project. Regarding Pedro Beicht Reservoir, the concentration of Cr (47.8 mg kg⁻¹), Cu (34.5 mg kg⁻¹) and Ni (29.8 mg kg⁻¹) exceeded the values of TEC (Threshold Effect Concentration). In Cachoeira da Graça Reservoir, the values of Cu (41.9 8 mg kg⁻¹) also exceed the values of TEC (Acquased project, unpublished data set). However, considering that many environmental parameters can induce changes in community structure as well as morphological

abnormalities (Ferreira da Silva *et al.* 2009), the interpretation of biological results must have physical and chemical support. Thus, we suggest that distorted valves of *F. neotropica* might be indicative of metal contamination in Pedro Beicht and Cachoeira da Graça reservoirs.

Fragilaria spectra was abundant in plankton and periphyton samples from oligo- to mesotrophic reservoirs. In the type material, the new species contributed with 16.7% to the total diatom assemblage, which was dominated mainly by species of the genera *Achnanthisdium* Kützinger (1844: 75), *Aulacoseira*, *Discotella* Houk & Klee (2004: 204) and *Fragilaria* (Table 2).

Fragilaria spectra is morphologically close to *F. sepes* Ehrenberg (1854: pl. 37/1, fig. 8). Both taxa have similar morphometric measurements, valve shape and striation pattern (Table 4). However, *F. spectra* differs by its acute to rounded apices, rectangular central area and the absence of spines (Tuji 2004). *Fragilaria spectra* was previously identified as *F. sepes* in Ponte Nova, Paraitinga, Taiaçupeba and Jundiá reservoirs by Rocha (2012), who considered it as an indicator of oligotrophic reservoirs. However, *F. sepes* is a fossil diatom originally found in Moscow, Russia and was illustrated without any description by Ehrenberg (1854). Recently, the type material was studied in LM and SEM and lectotypified (Tuji 2004, 2006). Tuji did not present a description, but he commented that the species has small spines and open girdle bands, which he used to justify its inclusion in *Fragilaria*. As presented by Tuji (2004), this taxon has spines throughout the entire margin of the valve, rounded apices with 2–3 terminal spines, and the central area is absent (Table 4).

Fragilaria spectra resembles *F. saxoplanctonica* Lange-Bertalot & Ulrich (2014: 30) in valve shape—even in the range of morphological variation at the poles (see Lange-Bertalot & Ulrich 2014, pl. 13, figs 1–9), sternum, absence of spines and similar autecology. However, the differences in the central area, absent in *F. saxoplanctonica*, the number of rimoportulae—two per valve in *F. spectra* (Figs 51, 52), and the lower stria density in *F. spectra* allow the separation of these two taxa (Table 4).

Within the group of *Fragilaria* species with long and narrow valves, only *F. tenuissima* Lange-Bertalot & Ulrich (2014: 15) presents also two rimoportulae per valve, one on each apex. *Fragilaria spectra* differs from the latter by its subcapitate apices, narrow sternum and lower stria density (16–20.5 in 10 μm). *Fragilaria tenuissima* is larger (70–145 μm) and its spines may or may not be present (Lange-Bertalot & Ulrich 2014) (Table 4).

Among *Fragilaria* species, the presence of spines and rimoportulae are widespread and are ‘functional descriptors’, *i.e.*, not to be used for defining the genus (Williams 2011). In this study, both features show variability and can be used to characterize species (Table 4). The presence of two rimoportulae per valve is unusual within the genus, but the presence/absence of rimoportula in some taxa, such as *F. capucina* and *F. synegrotesca* Lange-Bertalot (1993: 49) may also be unusual (Lange-Bertalot 1993, Tuji & Williams 2006), proving that, at least, more information is needed to assess the real usefulness of rimoportulae in species-level circumscription.

The two new species belong to the group of taxa with very long and narrow forms, such as the *F. tenera* complex. The analyses of *F. tenera* type material shown here (Figs 64–84) and results from Lange-Bertalot & Ulrich (2014) allow the conclusion that, although *F. neotropica* and *F. spectra* have similar valve outlines, these taxa have sufficient differences at the LM and SEM to justify their clear separation from the *F. tenera* complex (Table 4). To date, the presence of *F. tenera* and/or its varieties was not confirmed in reservoirs of the RMSP.

Fragilaria neotropica was found with higher relative abundance in Cachoeira da Graça and Pedro Beicht reservoirs, which can be considered reference sites for pre-enriched conditions for the RMSP (Almeida & Bicudo 2014, Almeida *et al.* 2015). *Fragilaria spectra* was found in four reservoirs (Ponte Nova, Paraitinga, Jundiá and Taiaçupeba), which are connected through tunnels and channels, but each has different trophic conditions ranging from oligotrophic to mesotrophic states (Marceniuk *et al.* 2011, Rocha 2012). The nutrient concentrations in these reservoirs are typical of tropical oligo- to mesotrophic environments (Lopes *et al.* 2005, Fonseca & Bicudo 2011). The range of pH (5.8–6.7), total phosphorus (4.0–40.0 $\mu\text{g L}^{-1}$) and chlorophyll *a* (1.0–20.2 $\mu\text{g L}^{-1}$) indicates the medium productivity of these reservoirs (Table 3). Sampling in different compartments of the reservoirs improved the knowledge on the morphological adaptations of *Fragilaria* to these habitats. *Fragilaria neotropica* has higher abundance in surface sediments than in phytoplankton or periphyton, while *F. spectra* was more abundant in the periphyton and phytoplankton. Additionally, studies in environments with different ecological conditions increase the understanding of the autecology and environmental tolerances of taxa. The high abundance of *F. neotropica* and *F. spectra* in the tropical reservoirs of São Paulo emphasizes the need for taxonomic studies to characterize the geographical distribution of this genus in the Neotropics. Moreover, the new species presented herein are only two of several species that need to be described as new from Brazilian reservoirs. The lack of comprehensive floristic works based on a combination of detailed microscopy techniques (LM and SEM analyses) and ecological aspects affects applied fields such as biogeography and bioindication. The importance of having a sound taxonomic analysis prior to applied ecological interpretations should be encouraged.

TABLE 4. Comparison of biometric data and morphological features between *Fragilaria neotropica* and *F. spectra* with closely related taxa from the literature.

	<i>Fragilaria neotropica</i> sp. nov.	<i>Fragilaria spectra</i> sp. nov.	<i>Fragilaria saxoplantonica</i>	<i>Fragilaria sepes</i>	<i>Fragilaria tenera</i>	<i>Fragilaria tenera</i> var. <i>lemanensis</i>	<i>Fragilaria tenera</i> var. <i>nanana</i>	<i>Fragilaria tenuissima</i>
Valve length (µm)	52.0–72.0	40.5–73.0	40.0–170.0	47.0–69.0	60.0–120.0	70.0–80.0	29.0–85.0	70.0–145.0
Valve width (µm)	1.7–2.0	1.5–2.5	1.5–2.5	1.5–2.0	1.8–2.5	2.0–3.5	2.0–2.3	1.6–2.8
Striae in 10 µm	28–32	24–25	23–28	24–25	18–20	18–20	18.5–20.0	16.0–20.5
Valve outline	Lanceolate, conspicuously inflated	Linear-lanceolate	Narrowly fusiform	Lanceolate or slightly arcuate	Lanceolate or slightly arcuate	Linear-lanceolate, conspicuously inflated	Lanceolate, conspicuously inflated	Narrowly lanceolate
Apex	Capitate, 2–3 spines, sometimes deflected	Acute to rounded	Acute to rounded	Rounded, 2–3 spines	Capitate to subcapitate, 3–5 spines	Capitate, 3–4 spines, sometimes deflected	Capitate, 3–4 spines	Weakly subcapitate, 2–3 spines
Central area	Inflated, ghost striae, in SEM limited by shortened striae	Rectangular, in SEM wide on both sides, no ghost striae	Absent	Absent	Indistinct in LM, ghost striae, in SEM rectangular	Absent	Distinct in LM, ghost striae, in SEM rectangular	Distinct in LM, ghost striae, in SEM rectangular
Sternum	Very narrow	Wider, lanceolate	Narrow, linear	Very narrow	Narrow	Narrow	Narrow	Narrow, linear
Striation	Alternate	Alternate	Alternate, parallel	Alternate, parallel	Alternate	Alternate	Alternate	Alternate
Colony	n.d.	No	No	n.d.	At most loose aggregates	Stellate	No	Single or in short ribbon-like
Number of rimoportulae	1	2	1	n.d.	1	1	1	2
Apical pore field	Ocellulimbus-type, 2–3 rows of poroids	Ocellulimbus-type, 2–3 rows of poroids	Ocellulimbus-type, 2–3 rows of poroids	Ocellulimbus-type	Ocellulimbus-type, 3–4 rows of poroids	Ocellulimbus-type	Ocellulimbus-type, 3 rows of poroids	Ocellulimbus-type
Girdle bands	Open, with small isolated perforations	n.d.	n.d.	Open with ornamentation	Open, with up to 3 copulae	n.d.	n.d.	Open, with small isolated perforations
Spines	Small, pyramidal	Absent	Absent	Small, pyramidal	Small, pyramidal	Small, pyramidal	Small, pyramidal	Small, reduced or absent
Ecology	Mesotrophic reservoir	Oligotrophic, mesotrophic and eutrophic reservoirs	Stagnant freshwater with variable conductivity, pH and trophic state	Fossil	n.d.	Mesotrophic lake	n.d.	Mesotrophic lake, pH neutral, conductivity 600–700 µS cm ⁻¹
Reference	This study	This study	Lange-Bertalot & Ulrich (2014)	Tuji (2004)	This study, Lange- Bertalot & Ulrich (2014)	Druart <i>et al.</i> (2007), Lange-Bertalot & Ulrich (2014)	Lange-Bertalot & Ulrich (2014)	Lange-Bertalot & Ulrich (2014)

Acknowledgments

This study was carried out within the framework of the AcquaSed project supported by funds from FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, AcquaSed Project n° 2009/53898-9), and was undertaken as part of PDA's Ph. D. thesis (FAPESP doctoral fellowship 2014/13179-1 to PDA) at the Instituto de Botânica—IBt (São Paulo, Brazil). Funding was also provided by CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Grant 310940/2013-3 to DCB and 207702/2014-4-SWE to PDA) and LIST, Luxembourg Institute of Science and Technology (TAXODIA project). We are deeply grateful for the valuable logistic support during fieldwork, provided by the personnel from SABESP (Divisão de Recursos Hídricos Metropolitanos Sudoeste). We thank the editor Saúl Blanco and two anonymous reviewers for their constructive comments. We also thank Msc. Lucineide Santana for good discussions and information about *Fragilaria* from the studied reservoirs. We thank all students and technicians of the IBt involved in laboratory and fieldwork.

References

- Almeida, P.D. & Bicudo, D.C. (2014) Diatomáceas planctônicas e de sedimento superficial em represas de abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo, SP, Sudeste do Brasil. *Hoehnea* 41: 187–207.
<http://dx.doi.org/10.1590/S2236-89062014000200004>
- Almeida, P.D., Wetzel, C.E., Morales, E.A., Ector, L. & Bicudo, D.C. (2015) *Staurosirella acidophila* sp. nov., a new araphid diatom (Bacillariophyta) from southeastern Brazil: ultrastructure, distribution and autecology. *Cryptogamie, Algologie* 36: 255–270.
<http://dx.doi.org/10.7872/crya/v36.iss3.2015.255>
- APHA (2005) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st Edition. American Public Health Association, Washington DC, 1368 pp.
- Barber, H.G. & Haworth, E.Y. (1981) *A guide to the morphology of the diatom frustules with a key to the British freshwater genera*. Freshwater Biological Association, Ambleside, Scientific Publication n° 44: 1–112.
- Battarbee, R.W. (1986) Diatoms analysis. In: Berglund, B.E. (Ed.) *Handbook of Holocene Palaeohydrology and Palaeohydrology*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, pp. 527–570.
- Bere, T. & Tundisi, J.G. (2010) Epipsammic diatoms in streams influenced by urban pollution, São Carlos, SP, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 70: 921–930.
- Bere, T. & Tundisi, J.G. (2011a) Influence of land-use patterns on benthic diatom communities and water quality in the tropical Monjolinho hydrological basin, São Carlos-SP, Brazil. *Water SA* 37: 93–102.
<http://dx.doi.org/10.4314/wsa.v37i1.64112>
- Bere, T. & Tundisi, J.G. (2011b) Diatom-based water quality assessment in streams influenced by urban pollution: effects of natural and two selected artificial substrates, São Carlos-SP, Brazil. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology* 15: 54–63.
<http://dx.doi.org/10.14210/bjast.v15n1.p54-63>
- Beyruth, Z. (2000) Periodic disturbances, trophic gradient and phytoplankton characteristics related to cyanobacterial growth in Guarapiranga Reservoir, São Paulo State, Brazil. *Hydrobiologia* 424: 51–65.
http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-3488-2_5
- Branco, C.W.C., Rocha, M.-I.A., Pinto, G.F.S., Gômara, G.A. & De Filippo, R. (2002) Limnological features of Funil Reservoir (R.J., Brazil) and indicator properties of rotifers and cladocerans of the zooplankton community. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 7: 87–92.
<http://dx.doi.org/10.1046/j.1440-169X.2002.00177.x>
- 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.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042003000300004>
- Bukhtiyarova, L.N. (1995) Novye taksonomicheskie kombinatsii diatomovykh vodoroslei (Bacillariophyta). *Algologia* 5: 417–424.
- Canani, L.G.C. & Torgan, L.C. (2013) Two new *Eunotia* species with subapical costae, an uncommon structure for the genus. *Diatom Research* 28: 395–406.
<http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.2013.821425>
- Cleve-Euler, A. (1953) Die Diatomeen von Schweden und Finnland. Teil II. Arraphideae, Brachyraphideae. *Kungliga Svenska Vetenskap-Akademiens Handlingar, Fjärde. Serien* 4: 1–158.
- Cox, E.J. (2009) What's in a name? – Diatom classification should reflect systematic relationships. *Acta Botanica Croatica* 68: 443–454.

- Desmazières, J.B.H.J. (1830) *Plantes cryptogames du nord de la France*. Ed. 1. Lille.
- Druart, J.C., Lavigne, S. & Robert, M. (2007) *Fragilaria tenera* var. *lemanensis*, une nouvelle variété pour le Léman (France-Suisse). *Cryptogamie, Algologie* 28: 283–287.
- Dunck, B., Nogueira, I.S. & Machado, M.G. (2012) Planktonic diatoms in lotic and lentic environments in the Lago dos Tigres hydrologic system (Britânia, Goiás, Brazil): Coscinodiscophyceae and Fragilariophyceae. *Brazilian Journal of Botany* 35: 181–193.
- Ehrenberg, C.G. (1837) Über ein aus fossilen Infusorien bestehendes, 1832 zu Brod verbacknes Bergmehl von den Grenzen Lapplands in Schweden. *Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der Königlich-Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* 1837: 43–45.
- Ehrenberg, C.G. (1843) Mittheilungen über 2 neue asiatische Lager fossiler Infusorien-Erden aus dem russischen Trans-Kaukasien (Grusien) und Sibirien. *Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der Königlich-Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* 1843: 43–49.
- Ehrenberg, C.G. (1854) *Mikrogeologie. Einundvierzig Tafeln mit überviertausend grossentheils colorirten Figuren, Gezeichnet vom Verfasser [Atlas]*. Leopold Voss, Leipzig, 40 pls.
- Eskinazi-Leça, E., Moura, C.W.N., Cunha, M.G.G.S., Santiago, M.F., Borges, G.C.P., Lima, J.C., Silva, M.H., Ferreira, L.C., Aquino, E., da Silva, W.J. & Menezes, M. (2015) Bacillariophyceae. In: *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Available from: <http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB119125> (accessed 1 June 2015)
- European Committee for Standardization (2003) Water Quality – Guidance Standard for the Routine Sampling and Pretreatment of Benthic Diatoms from Rivers. European Standard EN 13946, Brussels.
- Falasco, E., Bona, F., Badino, G., Hoffmann, L. & Ector, L. (2009) Diatom teratological forms and environmental alterations: a review. *Hydrobiologia* 623: 1–35.
- <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-008-9687-3>
- 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 Brasilica* 21: 421–441.
- <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062007000200016>
- Ferrari, F., Wetzel, C.E., Ector, L., Bicudo, D.C. & Bicudo, C.E.M. (2014) A new uncommon epilithic *Eunotia* (Bacillariophyceae, Eunotiaceae) from the Chapada Diamantina region, Northeast Brazil. *Phytotaxa* 164 (3): 161–174.
- <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.164.3.1>
- Ferreira da Silva, E., Almeida, S.F.P., Nunes, M.L., Luís, A.T., Borg, F., Hedlund, M., Marques de Sá, C., Patinha, C. & Teixeira, P. (2009) Heavy metal pollution downstream the abandoned Coval da Mó mine (Portugal) and associated effects on epilithic diatom communities. *Science of the Total Environment* 407: 5620–5636.
- <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.06.047>
- Flôres, T.L., Moreira-Filho, H. & Ludwig, T.A.V. (1999) Contribuição ao inventário florístico das diatomáceas (Bacillariophyta) do Banhado do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil: II. Fragilariaceae. *Ínsula* 28: 167–187.
- Fonseca, B.M. & Bicudo, C.E.M. (2011) Phytoplankton seasonal and vertical variations in a tropical shallow reservoir with abundant macrophytes (Ninféias Pond, Brazil). *Hydrobiologia* 665: 229–245.
- <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-011-0626-3>
- Fontana, L. & Bicudo, D.C. (2009) Diatomáceas (Bacillariophyceae) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR, Brasil): Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae. *Hoehnea* 36: 375–386. <http://dx.doi.org/10.1590/S2236-89062009000300001>
- Fontana, L., Albuquerque, A.L.S., Brenner, M., Bonotto, D.M., Sabaris, T.P.P., Pires, M.A.F., Cotrim, M.E.B. & Bicudo, D.C. (2014) The eutrophication history of a tropical water supply reservoir in Brazil. *Journal of Paleolimnology* 51: 29–43.
- <http://dx.doi.org/10.1007/s10933-013-9753-3>
- Garcia, M. (2010) A new diatom genus: *Rimoneis* M.Garcia (Fragilariaceae, Bacillariophyceae): a new hyaline araphid genus based on observations of frustules from Southern Brazil. *Diatom* 26: 1–9.
- Garcia, M. (2012) *Hyalogramma* M.Garcia (Fragilariales, Bacillariophyceae): a new hyaline araphid genus from Brazilian marine sandy beaches. *Diatom* 28: 7–13.
- Guarino, A.W.S., Branco, C.W.C., Diniz, G.P. & Rocha, R. (2005) Limnological characteristics of old tropical reservoir (Ribeirão das Lajes Reservoir, RJ, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia* 17: 129–141.
- Henry, R., Carmo, C.F. & Bicudo, D.C. (2004) Trophic status of a Brazilian urban reservoir and prognosis about the recovery of water quality. *Acta Limnologica Brasiliensia* 16: 251–262.
- Houk, V. & Klee, R. (2004) The stelligeroid taxa of the genus *Cyclotella* (Kützinger) Brébisson (Bacillariophyceae) and their transfer into the new genus *Discostella* gen. nov. *Diatom Research* 19: 203–228.
- <http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.2004.9705871>
- Hustedt, F. (1930) Bacillariophyta (Diatomeae). In: Pascher, A. (Ed.) *Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas, Zweite Auflage*. vol. 10. Gustav

Fischer, Jena, pp. 1–466.

IBGE—Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2014) São Paulo. Available from: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=35&search=sao-paulo> (accessed 19 September 2015)

Ishii, S. & Sadowsky, M.J. (2008) *Escherichia coli* in the environment: Implications for water quality and human health. *Microbes and Environments* 23: 101–108.

<http://dx.doi.org/10.1264/jsme2.23.101>

Kitton, F. (1869) Notes on New York diatoms with description of a new species *Fragilaria crotonensis*. *Hardwicke's Science-Gossip* 5: 109–110.

Kociolek, J.P., Lyon, D. & Spaulding, S. (2001) Revision of the South American species of *Actinella*. In: Jahn, R., Kociolek, J.P., Witkowski, A. & Compère, P. (Eds.) *Lange-Bertalot-Festschrift. Studies on Diatoms. Dedicated to Prof. Dr. Dr. h.c. Horst Lange-Bertalot On the Occasion of his 65th Birthday*. A.R.G. Gantner Verlag K.G., Ruggell, pp. 131–165.

Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1986) Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. In: Ettl, H., Gärtner, G., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (Eds.) *Süsswasserflora von Mitteleuropa* 2/1. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, pp. 1–876.

Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1988) Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (Eds.) *Süsswasserflora von Mitteleuropa* 2/2. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, pp. 1–596.

Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1991) Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (Eds.) *Süsswasserflora von Mitteleuropa* 2/3. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, pp. 1–576.

Kützing, F.T. (1836) *Algarum Aquae Dulcis Germanicarum*. Decas XVI. Collegit Fridericus Traugott Kützing, Societatis Botanica Ratisbonis Sodalis. Halis Saxonum in Commissis C.A. Schwetschkii et Fil 16: 1–4.

Kützing, F.T. (1844) *Die kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen*. W. Köhne, Nordhausen, 152

pp. <http://dx.doi.org/10.5962/bhl.title.64360>

Landucci, M. & Ludwig, T.A.V. (2005) Diatomáceas de rios da bacia hidrográfica Litorânea, PR, Brasil: Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae. *Acta Botanica Brasilica* 19: 345–357.

<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062005000200018>

Lange-Bertalot, H. (1980) Zur systematischen Bewertung der bandförmigen Kolonien bei *Navicula* und *Fragilaria*. Kriterien für die Vereinigung von *Synedra* (subgen. *Synedra*) Ehrenberg mit *Fragilaria* Lyngbye. *Nova Hedwigia* 33: 723–787.

Lange-Bertalot, H. (1993) 85 Neue taxa und über 100 weitere neu definierte Taxa ergänzend zur Süsswasserflora von Mitteleuropa. *Bibliotheca Diatomologica* 27: 1–454.

Lange-Bertalot, H. & Ulrich, S. (2014) Contributions to the taxonomy of needle-shaped *Fragilaria* and *Ulnaria* species. *Lauterbornia* 78: 1–73.

Linares-Cuesta, J.E. & Sanchez-Castillo, P.M. (2007) *Fragilaria nevadensis* sp. nov., a new diatom taxon from a high mountain lake in the Sierra Nevada (Granada, Spain). *Diatom Research* 22: 127–134.

<http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.2007.9705700>

Lopes, M.R.M., Bicudo, C.E.M. & Ferragut M.C. (2005) Short term spatial and temporal variation of phytoplankton in a shallow tropical oligotrophic reservoir, southeast Brazil. *Hydrobiologia* 542: 235–247.

<http://dx.doi.org/10.1007/s10750-004-8332-z>

Ludwig, T.A.V. & Flôres, T.L. (1997) Diatomoflórula dos rios da região a ser inundada para a construção da usina hidrelétrica de Segredo, PR. Fragilariophyceae (*Fragilaria* e *Synedra*). *Hoehnea* 24: 55–65.

Lyngbye, H.C. (1819) *Tentamen Hydrophytologiae Danicae Continens omnia Hydrophyta Cryptogama Daniae, Holsatiae, Faeroae, Islandiae, Groenlandiae hucusque cognita, Systematice Disposita, Descripta et iconibus illustrata, Adjectis Simul Speciebus Norvegicis. Hafniae, Typis Schultzianis, in commissis Librariae Gyldendaliae, Copenhagen, 248 pp., 70 pls.* <http://dx.doi.org/10.5962/bhl.title.6079>

Manoylov, K.M., Morales, E.A. & Stoermer, E.F. (2003) *Staurosira stevensonii* sp. nov. (Bacillariophyta), a new taxon from Florida, USA.

European Journal of Phycology 38: 65–71.

<http://dx.doi.org/10.1080/0967026031000096263>

Marceniuk, A.P., Hilsdorf, A.W.S. & Langeani, F. (2011) A ictiofauna de cabeceiras do rio Tietê, São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica* 11: 217–236.

<http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032011000300020>

Masmoudi, S., Nguyen-Deroche, N., Caruso, A., Ayadi, H., Morant-Manceau, A., Tremblin, G., Bertrand, M. & Schoefs, B. (2013) Cadmium, copper, sodium and zinc effects on diatoms: from heaven to hell – a review. *Cryptogamie Algologie* 34: 185–225.

<http://dx.doi.org/10.7872/crya.v34.iss2.2013.185>

McFarland, B.H., Hill, B.H. & Willingham, W.T. (1997) Abnormal *Fragilaria* spp. (Bacillariophyceae) in streams impacted by mine drainage. *Journal of Freshwater Ecology* 12: 141–149.

<http://dx.doi.org/10.1080/02705060.1997.9663517>

- Medlin, L., Jung, I., Bahulikar, R., Mendgen, K., Kroth, P. & Kooistra, W.H.C.F. (2008) Evolution of the diatoms. VI. Assessment of the new genera in the araphids using molecular data. *Nova Hedwigia, Beiheft* 133: 81–100.
- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H. (1998) Tropische Diatomeen in Südamerika I. 700 überwiegend wenig bekannte oder neue Taxa repräsentativ als Elemente der neotropischen Flora. *Iconographia Diatomologica* 5: 1–695.
- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H. (2007) Tropical diatoms of South America II. Special remarks on biogeographic disjunction. *Iconographia Diatomologica* 18: 1–876.
- Metzeltin, D., Lange-Bertalot, H. & García-Rodríguez, F. (2005) Diatoms of Uruguay. *Iconographia Diatomologica* 15: 1–736.
- Morales, E.A. (2003) *Fragilaria pennsylvanica*, a new diatom (Bacillariophyceae) species from North America, with comments on the taxonomy of the genus *Synedra* Ehrenberg. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 153: 155–166. [http://dx.doi.org/10.1635/0097-3157\(2003\)153\[0155:FPANDB\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1635/0097-3157(2003)153[0155:FPANDB]2.0.CO;2)
- Morales, E.A. & Vis, M.L. (2007) Epilithic diatoms (Bacillariophyceae) from cloud forest and alpine streams in Bolivia, South America. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 156: 123–155. [http://dx.doi.org/10.1635/0097-3157\(2007\)156\[123:EDBFCF\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1635/0097-3157(2007)156[123:EDBFCF]2.0.CO;2)
- Morales, E.A., Vis, M.L., Fernández, E. & Kociolek, J.P. (2008) Epilithic diatoms (Bacillariophyta) from cloud forest and alpine streams in Bolivia, South America II: A preliminary report on the diatoms from Sorata, Department of La Paz. *Acta Nova* 3: 680–696.
- Morales, E.A., Fernández, E. & Kociolek, J.P. (2009) Epilithic diatoms (Bacillariophyta) from cloud forest and alpine streams in Bolivia, South America 3: diatoms from Sehuenas, Carrasco National Park, Department of Cochabamba. *Acta Botanica Croatica* 68: 263–283.
- Morales, E.A., Manoylov, K.M. & Bahls, L.L. (2010) Three new araphid diatoms (Bacillariophyta) from rivers in North America. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 160: 29–46. <http://dx.doi.org/10.1635/053.160.0105>
- Morin, S. & Coste, M. (2006) Metal-induced shifts in the morphology of diatoms from the Riou Mort and Riou Viou streams (South West France). In: Ács, É., Kiss, K.T., Padisák, J. & Szabó, K. (Eds.) *Use of algae for monitoring rivers VI*. Hungarian Algological Society, Göd, pp. 91–106.
- Nardelli, M.S., Bueno, N.C., Ludwig, T.A.V., Tremarin, P.I. & Bartozek, E.C.R. (2014) Coscinodiscophyceae and Fragilariophyceae (Diatomeae) in the Iguazu River, Paraná, Brazil. *Acta Botanica Brasílica* 28: 127–140. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062014000100013>
- Nunes, M.L., Ferreira da Silva, E. & Almeida, S.F.P. (2003) Assessment of water quality in the Caima and Mau river basins (Portugal) using geochemical and biological indices. *Water, Air, and Soil Pollution* 149: 227–250. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1025636106890>
- Oliveira, C.E.S. (2011) *Avaliação da composição isotópica do chumbo e da distribuição elementar nos sedimentos da represa Pedro Beicht, Cotia, São Paulo*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo. Available from: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/46/46136/tde-31082011-153104/>
- Pappas, J.L. & Stoermer, E.F. (1996) Quantitative method for determining a representative algal sample count. *Journal of Phycology* 32: 693–696. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0022-3646.1996.00693.x>
- Patrick, R. (1940a) Diatoms of northeastern Brazil. Part I. – Coscinodiscaceae, Fragilariaceae and Eunotiaceae. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 92: 191–227.
- Patrick, R. (1940b) Some new diatoms from Brazil. *Notulae Naturae* 59: 1–7.
- Patrick, R.M. & Reimer, C.W. (1966) The Diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii, Vol. I. *Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 13: 1–688.
- Rabenhorst, L. (1853) *Die Süßwasser-Diatomeen (Bacillarien) für Freunde der Mikroskopie*. E. Kümmer, Leipzig, 72 pp., 10 pls. <http://dx.doi.org/10.5962/bhl.title.8348>
- Rocha, A.C.R. (2012) *Influência do habitat e do estado trófico na biodiversidade e distribuição das diatomáceas (Bacillariophyta) em reservatórios da sub-bacia do Alto Rio Tiête, São Paulo*. PhD Thesis. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 330 pp.
- Ross, R., Cox, E.J., Karayeva, N.I., Mann, D.G., Paddock, T.B.B., Simonsen, R. & Sims, P.A. (1979) An amended terminology for the siliceous components of the diatom cell. *Nova Hedwigia, Beiheft* 64: 513–533.
- Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G. (1990) *The Diatoms. Biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge, 747 pp.
- Rumrich, U., Lange-Bertalot, H. & Rumrich, M. (2000) Diatomeen der Anden. Von Venezuela bis Patagonien/Feuerland. *Iconographia Diatomologica* 9: 1–649.
- Sanders, J.G. & Riedel, G.F. (1998) Metal accumulation and impacts in phytoplankton. In: Langston, W.J. & Bebianno, M.J. (Eds.) *Metal Metabolism in Aquatic Environments*. Chapman & Hall, London, pp. 59–76. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4757-2761-6_4

- Sartory, D.P. & Grobbelaar, J.U. (1984) Extraction of chlorophyll *a* from freshwater phytoplankton for spectrophotometric analysis. *Hydrobiologia* 114: 177–187.
<http://dx.doi.org/10.1007/BF00031869>
- Silva, R.T. & Porto, M.F.A. (2003) Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. *Estudos Avançados* 17: 129–145. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142003000100007>
- Silva, W.J. & Souza, M.G.M. (2015) New species of the genus *Encyonema* (Cymbellales, Bacillariophyta) from the Descoberto River Basin, Central-western Brazil. *Phytotaxa* 195 (2): 154–162.
<http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.195.2.4>
- Simonsen, R. (1987) *Atlas and Catalogue of the Diatom Types of Friedrich Hustedt*. 3 Vols. J. Cramer, Berlin & Stuttgart, 1741 pp. Smith, W. (1856) *A synopsis of the British Diatomaceae; with remarks on their structure, functions and distribution; and instructions for collecting and preserving specimens*. Vol. 2. John van Voorst, London, 107 pp.
- Smol, J.P. (2008) *Pollution of Lakes and Rivers: A Paleoenvironmental Perspective*. 2nd edition. Wiley-Blackwell Publishing, Oxford, 383 pp.
- Thwaites, G.H.K. (1848) Further observations on the diatomaceae with descriptions of new genera and species. *Annals and Magazine of Natural History* 3: 161–272.
- Tremarin, P.I., Ludwig, T.A.V. & Torgan, L.C. (2012) Ultrastructure of *Aulacoseira brasiliensis* sp. nov. (Coscinodiscophyceae) and comparison with related species. *Fottea* 12: 171–188.
<http://dx.doi.org/10.5507/fot.2012.013>
- Tremarin, P.I., Paiva, R.S., Ludwig, T.V. & Torgan, L.C. (2013) *Aulacoseira calypsi* sp. nov. (Coscinodiscophyceae) from an Amazonian lake, northern Brazil. *Phycological Research* 61: 292–298.
<http://dx.doi.org/10.1111/pre.12031>
- Tuji, A. (2004) Type examination of the ribbon-forming *Fragilaria capucina* complex described by Christian Gottfried Ehrenberg. In: Poulin, M. (Ed.) *Proceedings of the Seventeenth International Diatom Symposium. Ottawa, Canada, 25th–31st August 2002*. Biopress Limited, Bristol, pp. 411–422.
- Tuji, A. (2006) Re-designation of seventeen lectotypes for diatoms (*Bacillariophyceae*), originally designated by Ohtsuka & Tuji (2002), Tuji (2002) and Tuji (2004). *Bulletin of the National Science Museum, Tokyo, Serie B, Botany* 32: 171–173.
- Tuji, A. & Williams, D.M. (2006) Typification of *Conferva pectinalis* O.F. Müll. (*Bacillariophyceae*) and the identity of the type of an alleged synonym, *Fragilaria capucina* Desm. *Taxon* 55: 193–199.
<http://dx.doi.org/10.2307/25065541>
- Tuji, A. & Williams, D.M. (2008a) Examination of types in the *Fragilaria pectinalis-capitellata* species complex. In: Likhoshway, Y. (Ed.) *Proceedings of the Nineteenth International Diatom Symposium. Listvyanka, Irkutsk, Russia, 28th August – 3rd September 2006*. Biopress Limited, Bristol, pp. 125–139.
- Tuji, A. & Williams, D.M. (2008b) Typification and type examination of *Synedra familiaris* Kütz. and related taxa. *Diatom* 24: 25–29.
- Wengrat, S., Marquardt, G.C., Bicudo, D.C., Bicudo, C.E.M., Wetzel, C.E. & Ector, L. (2015) Type analysis of *Cymbella schubartii* and two new *Encyonopsis* species (Bacillariophyceae) from southeastern Brazil. *Phytotaxa* 221 (3): 247–264.
<http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.221.3.3>
- 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.
<http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.2011.587644>
- Wetzel, C.E., Lange-Bertalot, H., Morales, E.A., Bicudo, D.C., Hoffmann, L. & Ector, L. (2012) *Bicudoa amazonica* gen. nov. et sp. nov. (Bacillariophyta) – a new freshwater diatom from the Amazon basin with a complete raphe loss in the Eunotioid lineage. *Phytotaxa* 75 (1): 1–18.
<http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.75.1.1>
- Whately, M. & Cunha, P. (2006) *Proposition priority actions to ensure good quality water for public supply*. Institute Socioenvironmental, Prefeitura da Cidade de São Paulo, 117 pp.
- Williams, D.M. (2011) *Synedra, Ulnaria*: definitions and descriptions – a partial resolution. *Diatom Research* 26: 149–153. <http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.2011.587646>
- Williams, D.M. & Round, F.E. (1986) Revision of the genus *Synedra* Ehrenb. *Diatom Research* 1: 313–339. <http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.1986.9704976>
- Williams, D.M. & Round, F.E. (1987) Revision of the genus *Fragilaria*. *Diatom Research* 2: 267–288. <http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.1987.9705004>
- Williams, D.M. & Round, F.E. (1988) *Fragilariforma*, nom. nov., a new generic name for *Neofragilaria* Williams & Round. *Diatom Research* 3: 265–266.
<http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.1988.9705039>



Taxonomy and ecology of *Fragilaria billingsii* sp. nov. and analysis of type material of *Synedra rumpens* var. *fusa* (Fragilariaceae, Bacillariophyta) from Brazil

SIMONE WENGRAT^{1*}, EDUARDO A. MORALES², CARLOS E. WETZEL³, PRYSCILLA D. ALMEIDA¹, LUC ECTOR³ & DENISE C. BICUDO¹

¹Instituto de Botânica, Department of Ecology, Av. Miguel Stefano 3687, 04301-902, São Paulo, SP, Brazil

²Herbario Criptogámico, Universidad Católica Boliviana San Pablo, Calle M. Márquez esq. Plaza Jorge Trigo s/n, P.O. Box 5381, Cochabamba, Bolivia

³Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), Environmental Research & Innovation (ERIN) Department, 41 rue du Brill, L-4422 Belvaux, Luxembourg

*Corresponding author (E-mail: siwbio@gmail.com)

Abstract

Synedra rumpens var. *fusa* was originally described by Patrick, but there are only a few subsequent records of this variety in the literature. Analysis of samples from Brazilian reservoirs containing a morphologically similar taxon led us to the analysis of the type material of *S. rumpens* var. *fusa*, performed using light (LM) and scanning electron microscopy (SEM). In the present manuscript, an amendment to the description of the var. *fusa* is made and its transfer to the genus *Fragilaria* as *F. fusa* comb. et stat. nov. is proposed. Moreover, *Fragilaria billingsii* sp. nov. is described from a large multipurpose reservoir from the State of São Paulo, Brazil. Comparative discussions with morphologically related taxa found in the literature are presented. Regarding ecological preferences, the new species was found living in slightly acidic and meso-eutrophic wa-ters.

Keywords: Bacillariophyceae, diatoms, *Fragilaria fusa*, new species, South America, ultrastructure

Introduction

Fragilaria Lyngbye (1819: 182) and *Synedra* Ehrenberg (1830: 60) have a long history of taxonomic instability and discussion (Williams & Round 1986, 1987, 1988). The concepts of both genera were not well defined in their original descriptions (Lyngbye 1819, Ehrenberg 1830, 1832) and they shared many characters, which triggered a long debate about the value of their separation (Williams & Round 1987, 1988, Williams 2011). Furthermore, *Ulnaria* (Kützinger 1844: 65) Compère (2001: 100) was proposed as an attempt to solve nomenclatural problems involving *Synedra* (Compère 2001). In recent years, the taxonomy and circumscription of the genus *Fragilaria* has changed greatly as a result of detailed SEM studies (Morales 2003, Siver *et al.* 2006, Tuji & Williams 2006a), and especially revision of type materials (e.g. Tuji & Williams 2006b, Tuji 2009, Lange-Bertalot & Ulrich 2014, Delgado *et al.* 2015). Characters such as areolae structure, apical pore fields, rimoportulae, girdle bands and spines are now commonly used to distinguish species (Morales *et al.* 2007, Lange-Bertalot & Ulrich 2014, Wetzel & Ector 2015). While it remains difficult to ascribe newly discovered taxa to either *Fragilaria* or *Ulnaria* (Morales *et al.* 2014), Williams (2011) stated that *Fragilaria* can be distinguished by possession of open girdle bands, while species in *Ulnaria* all seem to have closed girdle bands (see also Kociolek & Williams 2015). *Synedra*, on its part, has a completely different and very complex ultrastructure and has a marine habitat (Williams & Round 1986, Compère 2001, Williams 2011). With the formal recognition of the genus *Ulnaria*, many species belonging to the genus *Synedra* need to be reviewed and transferred to *Fragilaria* or *Ulnaria* (Tuji & Williams 2008, Tuji 2009).

Synedra rumpens Kützinger (1844: 69) was transferred to genus *Fragilaria* as *F. rumpens* (Kützinger) G.W.F. Carlson (1913: 29). Tuji & Williams (2006a) re-examined the type material and discussed the differences with similar species. However, most of the varieties of *S. rumpens* remain in the genus *Synedra* and their transfer needs to be evaluated; such is the case of the variety *fusa*, originally described from northeastern Brazil by Patrick (1940). This variety belongs to the needle-shaped *Fragilaria* group, related especially to those species having an inflated

central area, such as some specimens of the *Fragilaria tenera* (Smith 1856: 98) complex, which was recently revised by Lange-Bertalot & Ulrich (2014) and Almeida *et al.* (2016).

Araphid diatoms in Brazilian waters are well represented by fragilarioids (*e.g.* Ludwig & Flôres 1997, Brassac & Ludwig 2003, Fontana & Bicudo 2009, Tremarin *et al.* 2009, Silva *et al.* 2010, Nardelli *et al.* 2014, Faustino *et al.* 2016). Despite the high potential of Brazilian aquatic ecosystems to harbor new species (Wetzel *et al.* 2010, Tremarin *et al.* 2015), only few publications described new *Fragilaria* taxa, including needle-shaped species in northeast (Patrick 1940) and in São Paulo reservoirs, in southeast Brazil (Almeida *et al.* 2016).

As part of a larger research project focusing on the assessment of water quality based on diatoms, we found a new species near to *Synedra rumpens* var. *fusa* R.M. Patrick (1940: 32), an araphid diatom that was originally described from Ceará, northeastern Brazil. This taxon was later recorded only from Colorado, USA (Oberholster *et al.* 2005, 2006) and British Columbia, Canada (TG Eco-Logic, LLC 2009), but no illustrations were provided, rendering these records impossible to confirm. Light micrographs of the holotype specimen of *S. rumpens* var. *fusa* appear in Kingston (2003: 621, fig. 12c). In the present paper, the type material of this variety is analyzed using a combination of LM and SEM with the purpose to emend the original description and transfer the taxon to the genus *Fragilaria*. In addition, a new, morphologically similar taxon is described, *Fragilaria billingsii* Wengrat, C.E. Wetzel & E. Morales *sp. nov.* from reservoirs in São Paulo, Brazil. A discussion based on published and newly collected data is presented together with comments on the implications in terms of diatom diversity and biomonitoring in Brazil.

Material and methods

Study area:—The Billings Complex (23° 47' S, 46° 40' W) is the largest water reservoir in the São Paulo Metropolitan Region, and has multiple uses including public water supply, energy generation and recreation (Carvalho *et al.* 1997). The Complex was constructed in the 1920s, with a drainage area of 560 km², surface area of 120 km² and volume of 1.20×10⁹ m³ (Capobianco & Wathely 2002). The site examined for the present study is in the Rio Grande Reservoir, which was completely isolated from the Billings Complex in 1981 (Fig. 1). The inlet waters are hypereutrophic, but the sampling site located about 5 km from the inlet is meso-eutrophic, a state induced by addition of algaecides (Wengrat & Bicudo 2011). The application of algaecides (CuSO₄ and H₂O₂) has been frequent and used to control growths of cyanobacteria (Capobianco & Wathely 2002).

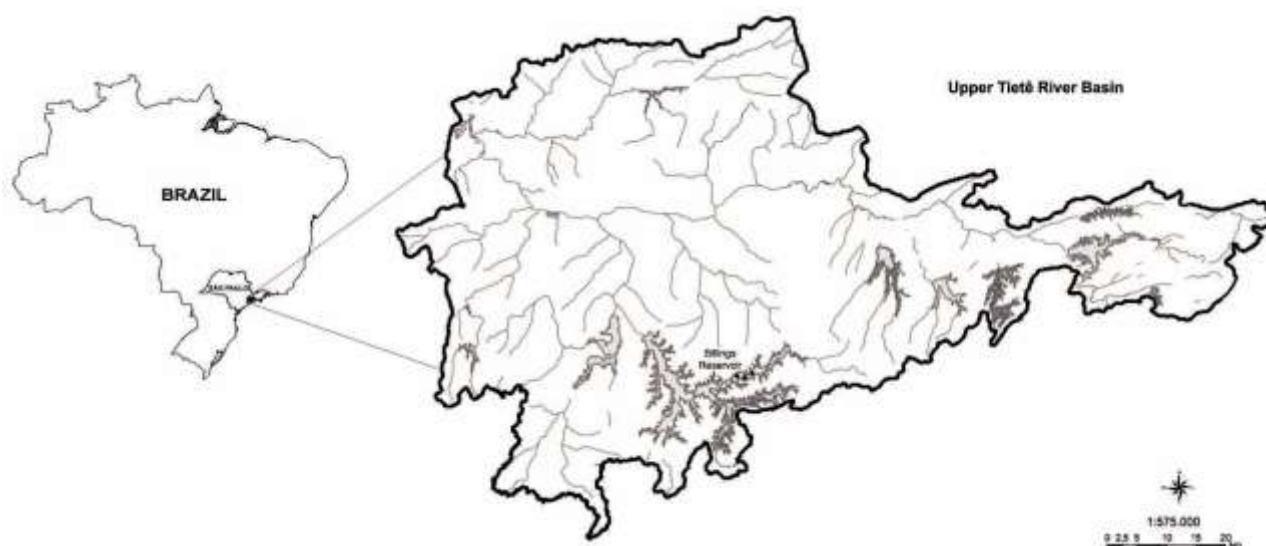


FIGURE 1. Sampling sites located in Rio Grande Reservoir, Upper Tietê River Basin, State of São Paulo, Brazil.

Sampling and laboratory procedures:—Phytoplankton and periphyton samples were collected from three sites impacted by algaecide addition at Rio Grande Reservoir (23° 45' 59" S, 46° 30' 36" W), São Paulo, southeast Brazil (Fig. 1). Sampling was done during summer and winter (2010). Phytoplankton samples were collected with a Van Dorn sampler along the vertical profile, after which samples were integrated for taxonomic analyses. Periphyton samples were collected from aquatic macrophytes (*Salvinia* sp.), the material was scraped with a toothbrush and a distilled water jet.

Samples for water chemistry analyses were collected from the water column (water subsurface, mean depth and 1 m above bottom). Temperature (°C), pH and conductivity ($\mu\text{S cm}^{-1}$) were measured in the field using standard electrodes (Horiba U50). Water samples were filtered through Whatman GF/F membrane filters, according to the American Public Health Association (APHA 2005) for ammonium ($\text{N-NH}_4^+ \mu\text{g L}^{-1}$), nitrate ($\text{N-NO}_3^- \mu\text{g L}^{-1}$) and soluble reactive silica (SRS mg L^{-1}). Unfiltered samples were used for total nitrogen (TN $\mu\text{g L}^{-1}$) and total phosphorus (TP $\mu\text{g L}^{-1}$) determinations. A summary of data for the selected limnological variables is shown in Table 1.

TABLE 1. Ecological data from sampling sites of *Fragilaria billingsii* (mean values from water column), State of São Paulo, Brazil, habitat and the material number at the Herbarium of the Institute of Botany. SRS (soluble reactive silica). TN (total nitrogen). TP (total phosphorus).

Samples	Coordinates	Abundance (%)	Temp. (°C)	pH	Cond. ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	N-NH ₄ ($\mu\text{g L}^{-1}$)	P-PO ₄ ($\mu\text{g L}^{-1}$)	SRS (mg L^{-1})	TN ($\mu\text{g L}^{-1}$)	TP ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Habitat
SP401571	23° 46' 7.4" S 46° 31' 47.5" W	11.6	24.2	6.6	64	984	7.1	2.1	1459	25.3	Plankton
SP401572	23° 45' 59.4" S 46° 30' 35.7" W	37.4	24.7	6.4	54	472	4.0	2.0	778	23.9	Plankton
SP401573	23° 45' 14.9" S	9.5	26.2	6.2	45	167	8.4	1.9	426	26.6	Plankton
/SP427906	46° 28' 25.6" W	3.2									Periphyton
SP401574	23° 43' 43.7" S	2.7	25.3	6.5	59	757	11.4	2.9	2102	112.4	Plankton
/SP427907	46° 26' 31.6" W	0.9									Periphyton

For diatom analysis, samples were cleaned using concentrated hydrogen peroxide (H_2O_2 37%) and hydrochloric acid (HCl 37%) according to Battarbee *et al.* (2001). Permanent diatom slides were mounted using Naphrax® (RI=1.7). LM analyses were performed using a Zeiss Axio Imager A2 equipped with DIC and a digital camera model AxioCamMR5 at a magnification of 1000×. For SEM analyses, aliquots of the oxidized suspensions were filtered and rinsed with additional deionized water through a 3 μm Isopore™ polycarbonate membrane filter (Merck Millipore). Filters were mounted on aluminium stubs and coated with platinum using a BAL-TEC MED 020 Modular High Vacuum Coating System for 30 s at 100 mA. The analysis was performed using a Hitachi SU-70 ultra-high-resolution analytical field emission (FE) scanning electron microscope (Hitachi High-Technologies Corporation, Tokyo, Japan), operated at 5 kV and with a 10 mm working distance. SEM images were taken using the upper (SE-U) detector signal. All images were digitally manipulated and plates containing LM and SEM images were created using CorelDraw X7®.

Taxonomical procedures and type material:—Permanent slide (holotype SP401572) and corresponding original raw material (holotype and paratype) were deposited at the Herbário Científico do Estado Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo (SP), Brazil. The liquid sample of type material was scarce, so we used the paratype (SP427907) sample to make images in SEM. The isotype slide (BR-4429) was deposited at the Botanic Garden, Meise, Belgium (BR). The holotype of *Synedra rumpens* var. *fusa* (A-25422) and the type material (A-25079) from the Academy of Natural Sciences of Philadelphia (ANSP) were also studied under LM and SEM for comparison with the new taxon discussed here. Frustule dimensions (length, width and striae density) were determined on at least 50 valves for *Fragilaria billingsii* and only 14 individuals for the var. *fusa* because of its scarcity. Terminology of valve morphology followed Ross *et al.* (1979), Barber & Haworth (1981) and Williams & Round (1986). For taxonomical identification, we used references such as Patrick (1940), Tuji & Williams (2006a, 2008) and Lange-Bertalot & Ulrich (2014) among others.

Results and discussion

The population in the type material of *Synedra rumpens* var. *fusa* was not abundant, but a wide range of sizes was observed. Patrick (1940) divided this population into two different taxa based on length of the valves, calling individuals with 27–70 μm *F. rumpens*, while the larger ones with 75–95 μm as the new variety *fusa*. Our analysis of slide A-25422 containing the holotype (Fig. 4, pictured in Kingston (2003, fig. 12c), also see Figs 2, 3, 5–14 for additional individuals on that same slide) shows that there is an intergradation of forms among smaller and larger valves. This was confirmed by the SEM analysis of the type material A-25079 also from ANSP (Figs 15–21).

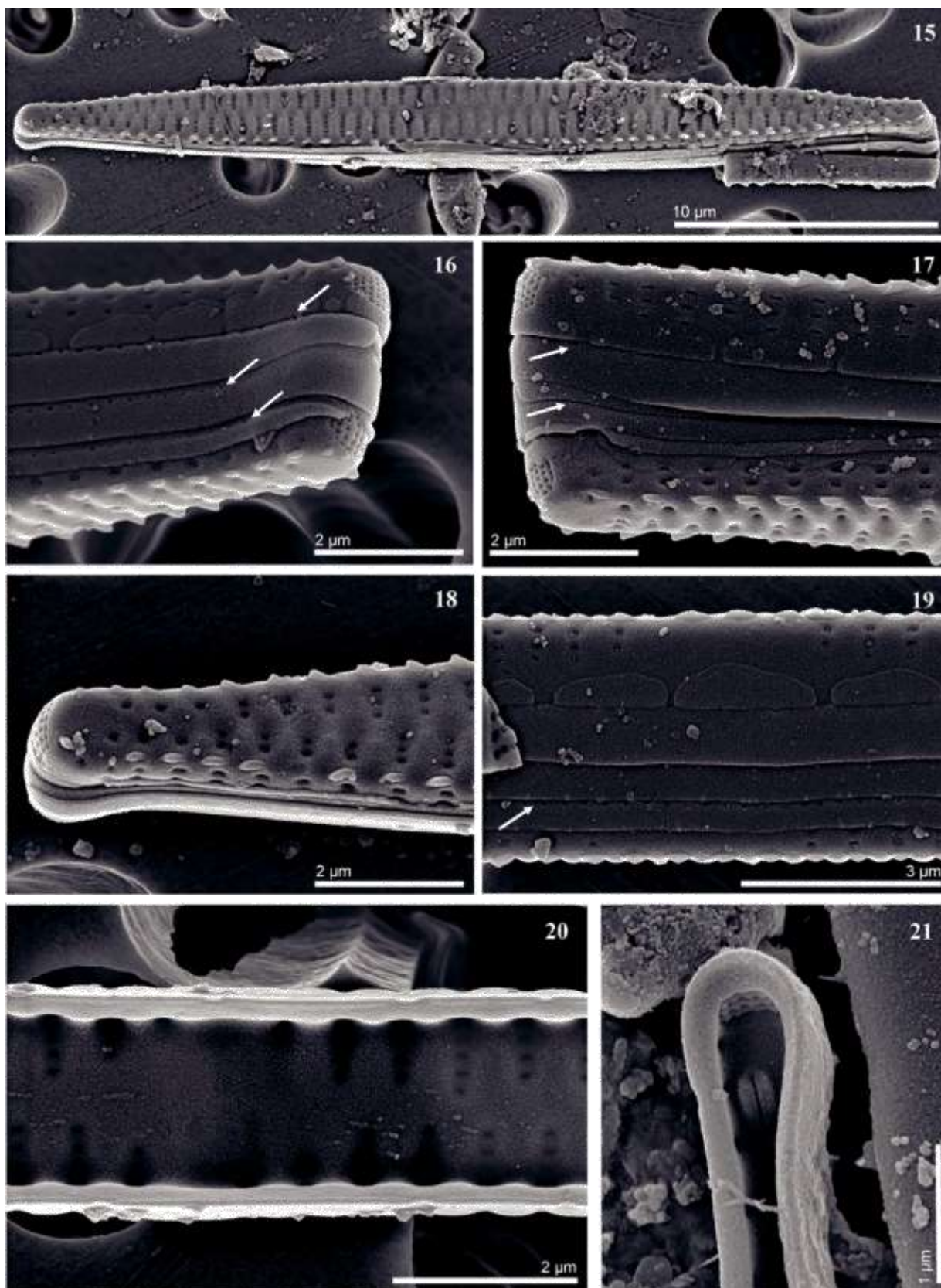
Therefore, there is a single population containing smaller and larger individuals. Comparing the features of this population at both the LM and SEM levels with the type of *F. rumpens*, several differences can be appreciated (see discussion below), which justify the consideration of the var. *fusa* as a separate species. Thus, the following taxonomic change is proposed:

***Fragilaria fusa* (R.M. Patrick) Wengrat, C.E. Wetzel & E. Morales, *comb. et stat. nov.* (Figs 2–21)**

Basionym: *Synedra rumpens* var. *fusa* R.M. Patrick in *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 62: 218, pl. 8: figs 6–8. 1940.



FIGURES 2–14. Type material of *Fragilaria fusa*. All LM pictures taken from the holotype population (A-25422). Light microscopy showing variation in size and valve outline. 4. Holotype specimen illustrated in Kingston (2003: fig. 12c). Scale bar = 10 μ m.



FIGURES 15–21. Type material of *Fragilaria fusa*. All SEM pictures taken from the isotype population (A-25079). 15. External view of entire valve showing striae structure. 16–18. External view of girdle bands, spines and pore fields. 19. View of the mantle. 20, 21. Internal view of areolae and rimoportula. 16, 17, 19. Arrows indicate a single row of poroids on the pars interior of each copulae; poroids are partially obscured by overlapping copulae.

Valves are narrow and lanceolate, with attenuated and subcapitate apices (Figs 2–14). Length 29.0–97.0 μm , width 2.5–3.0 μm . The central valve margin is inflated on both sides (Figs 2–14). The axial area is lanceolate, with clear fascia at the central area (Figs 4–6, 8–12, 14). Striae are distinct, parallel and alternate throughout the valve, 15–16 in 10 μm (Figs 4–6, 8–14). Ghost striae faint (Figs 4–6, 8–14). Areolae not discernible in LM. Ribbon-like colonies were not observed. SEM: External SEM images show striae composed of rounded areolae toward the apices and elongated areolae toward the valve center and on the mantle (Figs 17, 18). Striae are interrupted by spines and continue onto the mantle (Figs 16, 17), composed of a single areola at the apices, increasing up to five areolae toward the middle of the valve (Fig. 15). Costae are wider than the striae and are raised (Figs 15, 18). Spines are sharp cones (Figs 15–18) located closer to the valve face/mantle junction (Figs 15–18). Apical spines are absent or little developed (Figs 15–18). Well-developed apical pore fields of the ocellulimbus type are located on the mantle at both valve ends (Figs 16–18). Plaques are present along the abvalvar margin of the mantle (Figs 16, 19). The cingulum is composed of three open copulae (Figs 16–17) each with a single row of poroids on the pars interior that are partially obscured by overlapping copulae (Figs 16, 17, 19). Girdle bands barely touching at open end (Figs 16, 17). Internal SEM images show raised costae and sunken striae. There is one well-developed rimoportula, heavily silicified and slightly inclined with respect to the apical axis, and located on the axial area (Fig. 21). Abvalvar side of mantle thick at valve apices (Fig. 21).

Type:—BRAZIL. Ceará: Municipality of Maranguape, margins of ‘Açude São Bento’, *F. Drouet* (D) 5 August 1935 (holotype ANSP!, population on slide A-25422 illustrated here in LM as Figs 2–14. Isotype ANSP!, population in material A-25079 illustrated here in SEM as Figs 15–21).

Distribution and ecology:—*Fragilaria fusa* has only been reported with illustrations from the type locality, ecological conditions of which are unknown.

Remarks:—*Fragilaria fusa* may be distinguished from the type of *Fragilaria rumpens* (Kützinger 1844: 69) G.W.F. Carlson (Tuji & Williams 2006a: figs 1–18) by a combination of characters (Table 2). *Fragilaria fusa* is narrower (2.5–3.0 μm), has lower stria density (15–16 in 10 μm), subcapitate apices, central area inflated on both sides, absent or little developed apical spines located near the junction between valve face and mantle, a well-developed rimoportula, heavily silicified and barely inclined with respect to the apical axis, girdle bands that are barely touching at open ends and with a thickened abvalvar side of mantle at valve apices. In contrast, *F. rumpens* produces ribbon-like colonies with linking spines, is wider (3–4 μm), has denser striae (18–20 in 10 μm), rostrate apices, a central area unilaterally or bilaterally gibbous, apical spines present and a well-developed, small rimoportula, less silicified and inclined at a wider angle with respect to the apical axis. Additionally, *F. rumpens* presents the terminations of girdle bands overlapping at open ends and the abvalvar side of its mantle has the same thickness as the rest of the mantle. *Fragilaria fusa* can also be misidentified as *F. parva* (Grunow in Van Heurck 1881: pl. 40: fig. 15) Tuji & D.M. Williams (2008: 29, pl. 2: figs 13–28) and *F. pararumpens* Lange-Bertalot *et al.* in Hofmann *et al.* (2011: pl. 8: figs 4–10), however *F. fusa* has lower stria density than both species (Table 2). *Fragilaria fusa* also may be distinguished from *F. tenera* (W. Smith 1856: 98) Lange-Bertalot (1980: 746, pl. 2: figs 1–6, pl. 4: figs 1–6) by some characters: *F. fusa* is wider (2.5–3.0 μm), has lower stria density (15–16 in 10 μm), apical spines absent or little developed and the rimoportula is well developed.

***Fragilaria billingsii* Wengrat, C.E. Wetzel & E. Morales, *sp. nov.* (Figs 22–41)**

Valves are long, narrow, lanceolate, gradually tapering toward the apices and with subcapitate ends (Figs 22–34). Length 54.0–76.0 μm , width 2.0–2.5 μm . The central valve margin is inflated on both sides of the valves. The axial area is lanceolate, with clear fascia at the valve center. Striae are distinct, parallel and alternate throughout the valve, 17–20 in 10 μm . Areolae not discernible in LM.

Ribbon-like colonies were not observed. SEM: External SEM images show striae composed of round or apically elongated areolae (Figs 35–37). Striae are interrupted by spines and continue to the mantle (Fig. 36). Striae are parallel throughout the valve and composed of single areolae at the apices, increasing up to five toward the valve center (Figs 35–37). Costae are wider than the striae and are clearly raised at the middle of the valve and only slightly raised toward the apices (Figs 35–37). Spines are angular to pyramidal with acute ends (Figs 35–37); two to five spines are found at the each apex (Figs 37, 39). Spines are present along the valve face margin (Figs 35, 36). Well-developed apical pore fields of the ocellulimbus type, with round poroids are present on the mantle at both valve ends (Figs 37, 39). Plaques are present along the abvalvar margin of the mantle (Fig. 36). Girdle bands open (not shown here). Internal SEM images show one rimoportula per valve, located on the axial area (Figs 40, 41). The abvalvar margin of the mantle thickened at the valve apices.

Type:—BRAZIL. São Paulo: Rio Grande Reservoir, 23° 46.124' S, 46° 31.792' W, *S. Wengrat & D.C. Bicudo*, 11 February 2011 (holotype SP!, population on slide SP401572, illustrated here in LM as Figs 22–34. Paratype SP! population on slide SP427907, illustrated here in SEM as Figs 35–41. Isotype BR!, population on slide BR-4429).



FIGURES 22–34. Type material of *Fragilaria billingsii*. All pictures taken from the holotype population (SP401572). Light microscopy showing variation in size and valve outline. Scale bar = 10 μm .

Etymology:—The species is named after the Billings Reservoir, an important multipurpose water body for the Metropolitan Region of São Paulo.

Distribution and ecology:—*Fragilaria billingsii* was found in phytoplankton and periphyton from meso-eutrophic reservoirs with slightly acidic pH 6.2–6.4, low conductivity 45–64 $\mu\text{S cm}^{-1}$, high temperature 24–26 $^{\circ}\text{C}$, and slightly enriched waters TP: 23.9–26.6 $\mu\text{g L}^{-1}$, NT: 426–1459 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Table 1). *Fragilaria billingsii* occurred in high abundance (9.5% to 37.4%) and was found associated with *Achnanthisdium catenatum* (Bilý & Marvan 1959: 35) Lange-Bertalot (1999: 277), *Fragilaria aquaplus* Lange-Bertalot in Lange-Bertalot & Ulrich (2014: 32) and *Discostella stelligera* (Cleve & Grunow in Cleve 1881: 22) Houk & Klee (2004: 208).

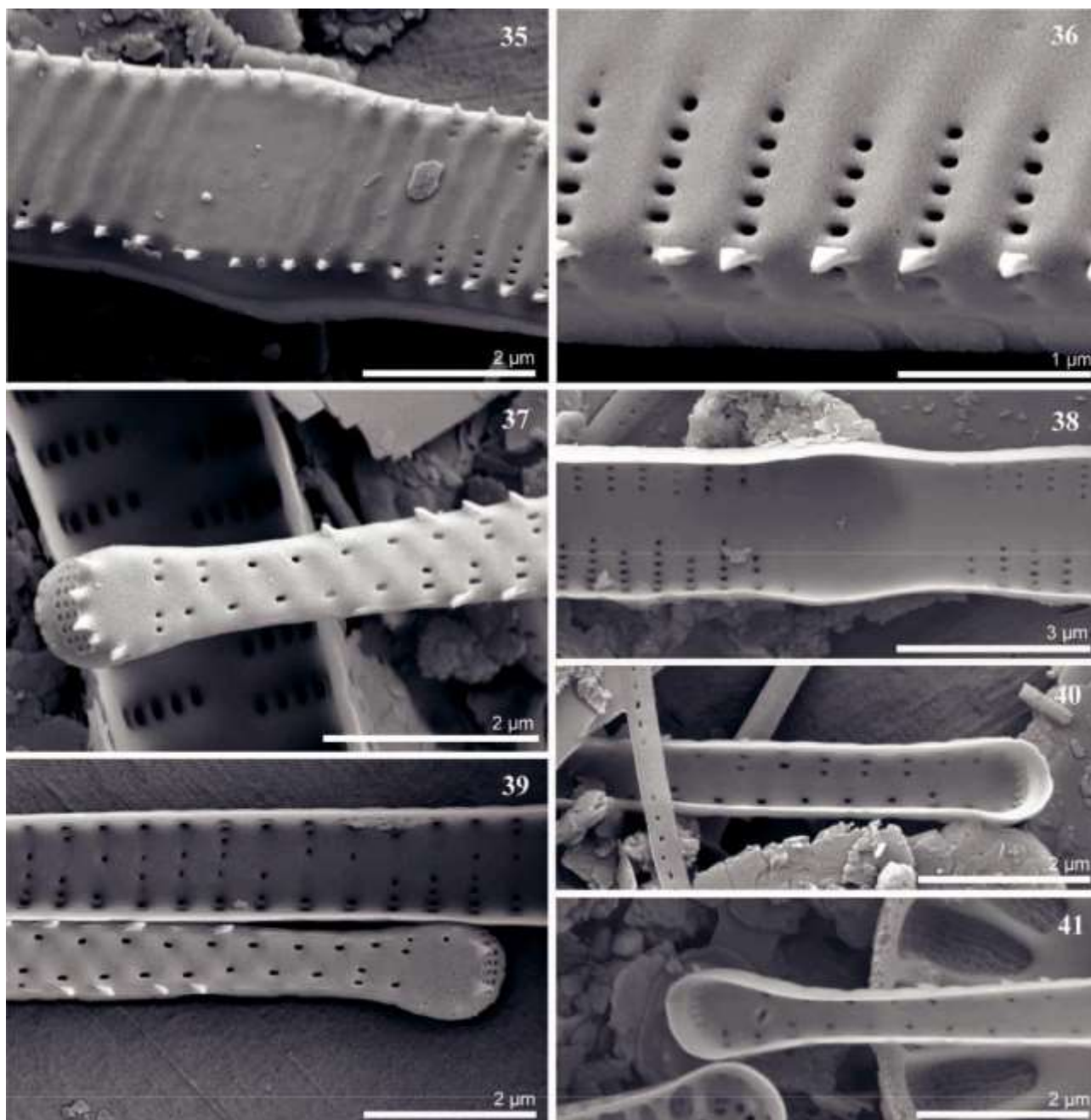
Remarks:—*Fragilaria billingsii* is quite similar to *F. fusa* especially by the long and narrow valves, and the inflated central area. However, they can be distinguished mainly based on the higher striae density (17.0–20.0 μm), narrower valves (2.0–2.5 μm), pyramidal shape of the spines, and less developed rimoportula of *F. billingsii*. The new species can also be misidentified as *F. tenera*, but the latter has most frequently parallel margins or sometimes slightly inflated at the central area and spines have a sharp cone appearance (Table 2). Although Smith's original description of *F. tenera* shows higher striae density (24/10 μm), *F. tenera* was latter lectotypified by Krammer & Lange-Bertalot (1991, pl. 115, figs 1–2) and recently re-analyzed in more detail by Lange-Bertalot & Ulrich (2014) and Almeida *et al.* (2016). According to the last reference, specimens of *F. tenera* were abundant in the lectotype material, which allowed to provide more detailed measures. Additionally, *F. billingsii* differs from *F. parva* and *F. pararumpens* mainly by its subcapitate valve ends and longer valves (72.0–86.0 μm), while *F. parva* and *F. pararumpens* have capitate ends and shorter valves (33.0–41.5 μm and 25.0–50.0 μm , respectively) (Table 2). *Fragilaria billingsii* belongs to the needle-shaped *Fragilaria* group, similar to *Fragilaria neotropica* P.D. Almeida, E. Morales & C.E. Wetzel in Almeida *et al.* (2016: 171, figs 23–53), illustrated as *Fragilaria* sp. by Almeida & Bicudo (2014: 194, figs 17–19) and commonly found in São Paulo State reservoirs.

TABLE 2. Morphological characterization of *Fragilaria fusa* and closely related species.

	<i>F. billingsii</i>	<i>F. fusa</i>	<i>F. pararumpens</i>	<i>F. parva</i>	<i>F. rumpens</i>	<i>F. tenera</i>
Length (µm)	54–76	29–97	25–50	33.0–41.5	25–63	60–120
Width (µm)	2.0–2.5	2.5–3.0	2.5–3.0	2.2–3.0	3.0–4.0	1.8–2.5
Striae in 10 µm (middle)	17–20	15–16	16–18	18–20	18–20	18–20
L/W ratio	27–39	11.6–42.3	10.0–16.6	13.8–15.0	8.3–15.7	33–48
Valve end shape	Subcapitate	Subcapitate	Capitate	Capitate	Rostrate	Subcapitate
Central area	Bilaterally gibbous	Bilaterally gibbous	Bilaterally gibbous	Bilaterally gibbous	Unilaterally or bilaterally gibbous	Parallel, sometimes slightly inflated
Areolae	Rounded to elongated	Apically rounded, elongated toward valve middle	Rounded	-	Rounded	Rounded to elongated
Spine shape	Angular to pyramidal	Sharp cones	-	-	Irregular, often deformed and rectangular at central area	Sharp cones
Apical spines	Two to five, well-developed	Absent or little developed	-	-	Small and triangular	Well-developed
Spine location	At the valve face/mantle junction	At the valve face/mantle junction	-	-	Costae	At the valve face/mantle junction
Rimoportula	Less developed	Well-developed and heavily silicified	-	-	Less developed	Less developed
Pore fields	Well-developed, ocellulimbus type	Well-developed, ocellulimbus type	-	-	Well-developed, ocellulimbus type	Well-developed, ocellulimbus type
Abvalvar side	Thickened at the valve apices	Thickened at the valve apices	-	-	Side of mantle of same thickness as rest of the mantle	Thickened at the valve apices
Colony formation	Not observed	Connected by entire valve face	-	Connected by entire valve face	Ribbon-like	At most loose aggregates
Reference	This paper	Patrick (1940), this paper	Hofmann <i>et al.</i> (2011)	Tuji & Williams (2008)	Tuji & Williams (2006a)	Lange-Bertalot & Ulrich (2014), Almeida <i>et al.</i> (2016)

Concerning the ecological preferences, several new species have been described from oligotrophic and clear waters from Brazil (*e.g.* Metzeltin & Lange-Bertalot 2007, Tremarin *et al.* 2015, Almeida *et al.* 2016), and just a few from eutrophic environments (*e.g.* Wetzel & Ector 2014). The present work reports a new taxon found as abundant in a well-known and multipurpose reservoir from São Paulo (*e.g.* Beyruth & Pereira 2002, Capobianco & Wathely 2002)

The new species was also found in other eutrophic reservoir (Jundiaí) from the Upper Tietê River Basin in periphyton and phytoplankton. Therefore, *F. billingsii* was found living in slightly acidic waters with moderate to high nutrient enrichment. This finding suggests that greater efforts could yield additional taxa new to science, thus increasing our knowledge of diatom diversity in South America and tropical regions. Besides, the associated ecological information would improve the potential use of the species in bioindication studies.



FIGURES 35–41. Type material of *Fragilaria billingsii*. All pictures taken from the paratype population (SP427907). Scanning electron micrographs. 35, 36. External view showing the striae, areolae, spine structure and mantle. 37, 39. External view of apical pore fields. 38, 40, 41. Internal view of areolae and rimoportula.

Acknowledgements

This study was carried out within the framework of the AcquaSed project supported by funds from FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, nº 2009/53898–9), and was undertaken as part of SW and PDA theses at the Instituto de Botânica, São Paulo, Brazil (FAPESP fellowship nº 2009/03950–4 and 2014/13179–1). DCB and PDA thanks CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) for Research Fellowships (nº 310940/2013–3 and 207702/2014–4). Funding for this research was partly provided in the framework of the

DIATOMS project (LIST - Luxembourg Institute of Science and Technology). We are also grateful to the assistance of personnel from the agency in charge of the public water supply in São Paulo - SABESP/RHMS (Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo, Divisão de Recursos Hídricos Metropolitanos Sudoeste) for their valuable logistical support during the fieldwork. We also wish to thank two anonymous reviewers for providing helpful comments that greatly improved the quality of the manuscript.

References

- Almeida, P.D. & Bicudo, D.C. (2014) Diatomáceas planctônicas e de sedimento superficial em represas de abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo, SP, Sudeste do Brasil. *Hoehnea* 41: 187–207.
<http://dx.doi.org/10.1590/S2236-89062014000200004>
- Almeida, P.D., Morales, E.A., Wetzel, C.E., Ector, L. & Bicudo, D.C. (2016) Two new diatoms in the genus *Fragilaria* Lyngbye (Fragilariophyceae) from tropical reservoirs in Brazil and comparison with type material of *F. tenera*. *Phytotaxa* 246 (3): 163–183.
<http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.246.3.1>
- APHA (2005) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st Edition. American Public Health Association, Washington DC, 1368 pp.
- Barber, H.G. & Haworth, E.Y. (1981) *A guide to the morphology of the diatom frustules with a key to the British freshwater genera*. Freshwater Biological Association, Ambleside, 112 pp.
- Battarbee, R.W., Jones, V., Flower, R.J., Cameron, N., Bennion, H., Carvalho, L. & Juggins, S. (2001) Diatoms. In: Smol, J.P., Birks, H.J.B. & Last, W.M. (Eds.) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments*. Kluwer Academic Publishers, London 3: 155–203.
- Beyruth, Z. & Pereira, H.A.S.L. (2002) The isolation of Rio Grande from Billings Reservoir, São Paulo, Brazil: effects on the phytoplankton. *Boletim do Instituto de Pesca* 28: 111–123.
- Bílý, J. & Marvan, P. (1959) *Achnanthes catenata* sp. n. *Preslia* 31: 34–35.
- 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.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042003000300004>
- Capobianco, J.P.R. & Wathely, M. (2002) *Billings 2000: Ameaças e perspectivas para o maior reservatório de água da Região Metropolitana de São Paulo - Relatório do diagnóstico socioambiental participativo da bacia hidrográfica da Billings no período de 1989–99*. Instituto Socioambiental – ISA, São Paulo, 59 pp.
- Carlson, G.W.F. (1913) Süßwasseralgen aus der Antarktis, Südgeorgien und den Falkland Inseln. Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Südpolar-Expedition 1901–1903, unter Leitung von Dr. Otto Nordenskjöld. *Lithographisches Institut des Generalstabs, Stockholm* 4: 1–94.
- Carvalho, M.C., Coelho-Botelho, M.J., Lamparelli, M.C., Roquetti-Humaitá, M.H., Salvador, M.E.P., Souza, R.C.R. & Truzzi, A. (1997) Spatial and temporal variations of chlorophyll *a*, plankton and some physico-chemical factors at Billings Complex, São Paulo, Brazil. *Verhandlungen des Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 26: 452–457.
- Cleve, P.T. (1881) On some new and little known diatoms. *Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar* 18: 1–28.
- Compère, P. (2001) *Ulnaria* (Kützinger) Compère, a new genus name for *Fragilaria* subgen. *Alterasynedra* Lange-Bertalot with comments on the typification of *Synedra* Ehrenberg. In: Jahn, R., Kociolek, J.P., Witkowski, A. & Compère, P. (Eds.) *Lange-Bertalot-Festschrift, Studies on diatoms dedicated to Prof. Dr. Dr. h.c. Horst Lange-Bertalot on the occasion of his 65th birthday*. A.R.G. Ganter Verlag K.G., Ruggell, pp. 97–101.
- Delgado, C., Novais, M.H., Blanco, S. & Almeida, S.F.P. (2015) Examination and comparison of *Fragilaria candidagilae* sp. nov. with type material of *Fragilaria recapitellata*, *F. capucina*, *F. perminuta*, *F. intermedia* and *F. neointermedia* (Fragilariales, Bacillariophyceae). *Phytotaxa* 231 (1): 1–18.
<http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.231.1.1>
- Ehrenberg, C.G. (1830) Beiträge zur Kenntniss der Organisation der Infusorien und ihrer geographischen Verbreitung, besonders in Sibirien. *Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* 1830: 1–88.
- Ehrenberg, C.G. (1832) Über die Entwicklung und Lebensdauer der Infusionsthiere; nebst ferneren Beiträgen zu einer Vergleichung ihrer organischen Systeme. *Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* 1831: 1–154.
- Faustino, S.B., Fontana, L., Bartozek, E.C.R., Bicudo, C.E.M. & Bicudo, D.C. (2016) Composition and distribution of diatom assemblages from core and surface sediments of a water supply reservoir in Southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 16: 1–23.

<http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2015-0129>

- Fontana, L. & Bicudo, D.C. (2009) Diatomáceas (Bacillariophyceae) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR, Brasil): Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae. *Hoehnea* 36: 375–386. <http://dx.doi.org/10.1590/S2236-89062009000300001>
- Hofmann, G., Werum, M. & Lange-Bertalot, H. (2011) *Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflora Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie*. A.R.G. Gantner Verlag K.G., Rugell, 908 pp.
- Houk, V. & Klee, R. (2004) The stelligeroid taxa of the genus *Cyclotella* (Kützinger) Brébisson (Bacillariophyceae) and their transfer into the new genus *Discostella* gen. nov. *Diatom Research* 19: 203–228. <http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.2004.9705871>
- Kingston, J.C. (2003) Araphid and monoraphid diatoms. In: Wehr, J.D. & Sheath, R.G. (Eds.) *Freshwater Algae of North America. Ecology and Classification*. Academic Press, San Diego, pp. 595–636.
- Kociolek, J.P. & Williams, D.M. (2015) How to define a diatom genus? Notes on the creation and recognition of taxa, and a call for revisionary studies of diatoms. *Acta Botanica Croatica* 74: 195–210. <http://dx.doi.org/10.1515/botcro-2015-0018>
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1991) Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (Eds.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa, Vol. 2*. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, Jena, 576 pp.
- Kützinger, F.T. (1844) *Die kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen*. W. Köhne, Nordhausen, 152 pp. <http://dx.doi.org/10.5962/bhl.title.64360>
- Lange-Bertalot, H. (1980) Zur systematischen Bewertung der bandförmigen Kolonien bei *Navicula* und *Fragilaria*. Kriterien für die Vereinigung von *Synedra* (subgen. *Synedra*) Ehrenberg mit *Fragilaria* Lyngbye. *Nova Hedwigia* 33: 723–787.
- Lange-Bertalot, H. (1999) Neue Kombinationen von Taxa aus *Achnanthes* Bory (sensu lato). *Iconographia Diatomologica* 9: 276–289.
- Lange-Bertalot, H. & Ulrich, S. (2014) Contributions to the taxonomy of needle-shaped *Fragilaria* and *Ulnaria* species. *Lauterbornia* 78: 1–73.
- Ludwig, T.A.V. & Flôres, T.L. (1997) Diatomoflórula dos rios da região a ser inundada para a construção da usina hidrelétrica de Segredo, PR. *Fragilariophyceae (Fragilaria e Synedra)*. *Hoehnea* 24: 55–65.
- Lyngbye, H.C. (1819) *Tentamen Hydrophytologiae Danicae Continens omnia Hydrophyta Cryptogama Daniae, Holsatiae, Faeroae, Islandiae, Groenlandiae hucusque cognita, Systematice Disposita, Descripta et iconibus illustrata, Adjectis Simul Speciebus Norvegicis*. Copenhagen, 248 pp. <http://dx.doi.org/10.5962/bhl.title.6079>
- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H. (2007) Tropical diatoms of South America II. Special remarks on biogeographic disjunction. *Iconographia Diatomologica* 18: 1–876.
- Morales, E.A. (2003) *Fragilaria pennsylvanica*, a new diatom (Bacillariophyceae) species from North America, with comments on the taxonomy of the genus *Synedra* Ehrenberg. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 153: 155–166. [http://dx.doi.org/10.1635/0097-3157\(2003\)153\[0155:FPANDB\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1635/0097-3157(2003)153[0155:FPANDB]2.0.CO;2)
- Morales, E.A., Hamsher, S.E., Manoylov, K.M., Gillett, N., Hamilton, P.B., Potapova, M.M., Ponader, K.C., Winter, D.M., Spaulding, S., Hagan, E.E. & Lavoie, I. (2007) *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenberg and allies from rivers in the United States. In: Morales, E.A., Hamsher, S.H. & Mantell, J.M.W. (Eds.) *Thirteenth NAWQA workshop on harmonization of algal taxonomy*. Phycology Section, Patrick Center for Environmental Research, The Academy of Natural Sciences, Philadelphia, pp. 6–162.
- Morales, E.A., Rivera, S.F., Wetzel, C.E., Novais, M.H., Hamilton, P.B., Hoffmann, L. & Ector, L. (2014) New epiphytic araphid diatoms in the genus *Ulnaria* (Bacillariophyta) from Lake Titicaca, Bolivia. *Diatom Research* 29: 41–54. <http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.2013.860399>
- Nardelli, M.S., Bueno, N.C., Ludwig, T.A.V., Tremarin, P.I. & Bartozek, E.C.R. (2014) Coscinodiscophyceae and Fragilariophyceae (Diatomeae) in the Iguaçu River, Paraná, Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 28: 127–140. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062014000100013>
- Oberholster, P.J., Botha, A.-M. & Cloete, T.E. (2005) Using a battery of bioassays, benthic phytoplankton and the AUSRIVAS method to monitor long-term coal tar contaminated sediment in the Cache la Poudre River, Colorado. *Water Research* 39: 4913–4924. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2005.08.029>
- Oberholster, P.J., Botha, A.-M. & Cloete, T.E. (2006) Toxic cyanobacterial blooms in a shallow, artificially mixed urban lake in Colorado, USA. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 11: 111–123. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-1770.2006.00297.x>
- Patrick, R. (1940) Diatoms of Northeastern Brazil. Part I. - Coscinodiscaceae, Fragilariaceae and Eunotiaceae. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 92: 191–227.
- Ross, R., Cox, E.J., Karayeva, N.I., Mann, D.G., Paddock, T.B.B., Simonsen, R. & Sims, P.A. (1979) An amended terminology for the siliceous components of the diatom cell. *Nova Hedwigia* 64: 513–533.

- Silva, A.M., Ludwig, T.A.V., Tremarin, P.I. & Vercelino, I.S. (2010) Diatomáceas perifíticas em um sistema eutrófico brasileiro (Reservatório do Iraí, estado do Paraná). *Acta Botanica Brasilica* 24: 997–1016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062010000400015>
- Siver, P.A., Morales, E.A., Van de Vijver, B., Smits, M., Hamilton, P.B., Lange-Bertalot, H. & Hains, J.J. (2006) Observations on *Fragilaria longifusiformis* comb. nov. et nom. nov. (Bacillariophyceae), a widespread planktic diatom documented from North America and Europe. *Phycological Research* 54: 183–192. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-1835.2006.00425.x>
- Smith, W. (1856) *A synopsis of the British Diatomaceae; with remarks on their structure, functions and distribution; and instructions for collecting and preserving specimens*. Vol. 2. J. Van Voorst, London, 107 pp. <http://dx.doi.org/10.5962/bhl.title.10706>
- TG Eco-Logic, LLC (2009) *Lower Columbia River Physical Habitat and Ecological Productivity Monitoring 2008 Report*. Moscow, ID 83843, 52 pp.
- 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.
- Tremarin, P.I., Straube, A. & Ludwig, T.A.V. (2015) *Nupela* (Bacillariophyceae) in littoral rivers from south Brazil, and description of six new species of the genus. *Fottea* 15: 77–93. <http://dx.doi.org/10.5507/fot.2015.007>
- Tuji, A. (2009) The transfer of two Japanese *Synedra* species (Bacillariophyceae) to the genus *Ulnaria*. *Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series Botany* 35: 11–16.
- Tuji, A. & Williams, D.M. (2006a) Examination of the type material of *Synedra rumpens* = *Fragilaria rumpens*, Bacillariophyceae. *Phycological Research* 54: 99–103. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-1835.2006.00414.x>
- Tuji, A. & Williams, D.M. (2006b) Typification of *Conferva pectinalis* O. F. Müll. (Bacillariophyceae) and the identity of the type of an alleged synonym, *Fragilaria capucina* Desm. *Taxon* 55: 193–199. <http://dx.doi.org/10.2307/25065541>
- Tuji, A. & Williams, D.M. (2008) Typification and type examination of *Synedra familiaris* Kütz. and related taxa. *Diatom* 14: 25–29.
- Van Heurck, H. (1881) *Synopsis des Diatomées de Belgique*. Atlas. Ducaju & Cie, Anvers, pls. 31–77.
- Wengrat, S. & Bicudo, D.C. (2011) Spatial evaluation of water quality in an urban reservoir (Billings Complex, southeastern Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia* 23: 200–216. <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2011000200010>
- Wetzel, C.E. & Ector, L. (2014) Taxonomy, distribution and autecology of *Planothidium bagualensis* sp. nov. (Bacillariophyta) a common monoraphid species from southern Brazilian rivers. *Phytotaxa* 156 (4): 201–210. <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.156.4.2>
- Wetzel, C.E. & Ector, L. (2015) Taxonomy and ecology of *Fragilaria microvaucheriae* sp. nov. and comparison with the type materials of *F. uliginosa* and *F. vaucheriae*. *Cryptogamie, Algologie* 36: 271–289. <http://dx.doi.org/10.7872/crya/v36.iss3.2015.271>
- 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. <http://dx.doi.org/10.1127/0029-5035/2010/0091-0049>
- Williams, D.M. (2011) *Synedra*, *Ulnaria*: definitions and descriptions - a partial resolution. *Diatom Research* 26: 149–153. <http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.2011.587646>
- Williams, D.M. & Round, F.E. (1986) Revision of the genus *Synedra* Ehrenb. *Diatom Research* 1: 331–339. <http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.1986.9704976>
- Williams, D.M. & Round, F.E. (1987) Revision of the genus *Fragilaria*. *Diatom Research* 2: 267–288. <http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.1987.9705004>
- Williams, D.M. & Round, F.E. (1988) Phylogenetic systematics of *Synedra*. In: Round, F.E. (Ed.) *Proceedings of the Ninth International Diatom Symposium*. Bristol, August 24 - 30, 1986. Biopress Ltd., Bristol & Koeltz Scientific Books, Koenigstein, pp. 303–315.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das diatomáceas arrafídeas penadas do Estado de São Paulo a partir de análises populacionais, ultraestruturais e revisão de materiais-tipo permite as seguintes conclusões e recomendações:

- ✓ A biodiversidade e as novidades taxonômicas encontradas a partir do estudo de amostras provenientes do Estado de São Paulo demonstram o escasso conhecimento das fragilarióides em âmbito estadual, nacional e em regiões tropicais.
- ✓ Foram descritas quatro novas espécies, *Staurosirella acidophila* P.D. Almeida, C.E. Wetzel & E. Morales., *Fragilaria billingsii* Wengrat, C.E. Wetzel & E. Morales, *F. neotropica acidophila* P.D. Almeida, C.E. Wetzel & E. Morales e *F. spectra* P.D. Almeida, C.E. Wetzel & E. Morales), além de duas pertencentes ao gênero *Rimoneis* que estão em fase de proposição e, ainda, pelo menos três outras espécies (*F. cf. aquaplus*, *Fragilaria* sp. 3 e *Fragilaria* sp. 6) que serão propostas como novidades.
- ✓ Foram reportadas cinco novas ocorrências para o Brasil sendo *F. grunowii*, *F. perminuta*, *F. recapitellata*, *Ulnaria ferefusiformis* e *U. pilum*. Em relação ao Estado de São Paulo, além das cinco espécies pioneiras para o país, foram adicionadas 13 novas ocorrências, que conjuntamente incrementam em 38% a biodiversidade deste grupo de diatomáceas no Estado de São Paulo.
- ✓ *Fragilaria* foi o gênero mais bem representado taxonomicamente com o total de 26 táxons. Dentre esses, 17 identificados em nível específico, um em nível infraespecífico e seis em nível de gênero. A ocorrência do gênero foi ampliada com o registro de 10 novos táxons para o Estado.
- ✓ *Ulnaria* foi o segundo gênero mais especioso, com seis táxons, dos quais apenas um identificado em nível genérico. A grande variabilidade morfológica foi confirmada levando a necessidade de separar as espécies em morfotipos, a exemplo de *U. ulna*.
- ✓ Estudos apoiados em material-tipo e quando possível em seu reexame sob microscopia eletrônica são fundamentais para a real circunscrição dos táxons. Nesse sentido, espécies de ocorrência tropical do gênero *Fragilariforma* foram estudadas e o material-tipo de *Fragilaria nitzschoides* var. *brasiliensis* Grunow foi analisado em microscopia de luz. Entretanto, diante da ausência de material líquido um epitipo foi selecionado para observação dos espinhos e septos para a identificação e separação dentro do complexo de *F. javanica*.

- ✓ Dentre as características que definem o gênero *Staurosirella*, o tipo de espinho possui grande importância. Em *S. acidophila* foram encontrados espinhos sólidos distribuídos em uma dupla fileira, característica reportada pela primeira vez neste gênero.
- ✓ 23 táxons pertencentes aos gêneros *Fragilaria* e *Ulnaria* tiveram suas preferências ecológicas calculadas (valores de ótimo e tolerância ambiental). As seguintes espécies identificadas foram associadas a ambientes oligotróficos: *F. grunowii*, *F. longifusiformis*, *F. neotropica*, *F. pectinalis*, *F. spectra* e *F. tenera*. Em contraste, três espécies apresentaram preferência por águas neutras (tolerância ambiental pH: 7,1-7,2) e ambientes eutróficos, quais sejam: *F. gracilis*, *F. parva* e *F. socia*.
- ✓ Os resultados indicam preferência das espécies dos gêneros *Fragilaria* e *Ulnaria* por águas mais limpas, variando de oligotróficas a mesotróficas (15 táxons) e apenas a minoria (5) por ambientes degradados, eutróficos.
- ✓ Os presentes resultados destacam a importância de estudos de diferentes habitats, principalmente perifíton e bentônico, bem como de ambientes mais conservados para ampliar e aprofundar o conhecimento da biodiversidade das diatomáceas fragilarióides.
- ✓ Embora estudos taxonômicos tenham sido consultados, é possível perceber uma expansão no conceito de diversas espécies e a utilização de nomes desatualizados. Esses estudos, geralmente baseados apenas em obras de regiões temperadas ou que apresentam poucas ilustrações, devem ser utilizados com cautela e não devem ser empregados como guias de identificação especialmente em estudos de aplicação como ecologia, biogeografia e análise molecular. Assim, diante do grande número de espécies identificadas em nível genérico faz-se necessário uma constatare revisão das espécies que ocorrem na flora brasileira.
- ✓ Em trabalhos futuros é recomendável que a identificação dos táxons de fragilarióides esteja apoiada em análise populacional e em análise ultraestrutural visando a observação das estrias, campo de poros apical, tipo e posição das rimopórtulas e, quando existente, forma e tipo de espinho. Essas características estão sendo investigadas em nível mundial com o objetivo de esclarecer a relação existente entre os gêneros e, até que um consenso seja encontrado, é necessário que as identificações estejam baseadas em um conjunto de características que possam apoiar o reconhecimento das espécies e mesmo sua posterior transferência e combinações taxonômicas e nomenclaturais. Entretanto, a observação do cingulo segue como característica principal para a separação dos gêneros *Fragilaria* e *Ulnaria*, uma vez que ainda não foi reportado nenhum táxon com bandas conectivas fechadas entre as espécies de *Fragilaria*.
- ✓ A utilização de microscopia eletrônica de varredura é fundamental para a proposição de novas espécies e na transferência de táxons de diatomáceas arrafídeas penadas uma vez que

as características que definem os gêneros são imperceptíveis em microscopia de luz. Por exemplo, a posição taxonômica de *Synedra goulardii* permanece incerta dada a ausência de registros da natureza das bandas conectivas, contudo baseado nas características observadas esse táxon deve ser transferido para o gênero *Ulnaria*.

✓ Trabalhos específicos sobre esse grupo de diatomáceas são escassos para o Brasil e ainda mais raro para o Estado de São Paulo, de forma que a intensificação de estudos dessa natureza possibilitará elaborar uma lista de espécies que ocorrem nos diversos ambientes do Estado. Ainda, para um completo registro desse grupo, os gêneros fragilarióides menores do que 10 µm (e.g. *Staurosira*, *Staurosirella*, *Pseudostaurosira*, *Pseudostaurosiropsis*) precisam ser levantados e incorporados na lista de espécies que ocorrem na região, pois muito provavelmente representam uma grande fonte de diversidade biológica a ser considerada.

✓ A análise de amostras proveniente de diferentes compartimentos permite uma visão ampliada acerca da distribuição das espécies, especialmente sobre a preferência de hábitat dos táxons. Entretanto, pouco se sabe sobre a diversidade das diatomáceas arrafídeas penadas em ambientes lóticos, subaéreos e estuarinos para São Paulo. Análise de amostras desses ambientes poderão contribuir para o conhecimento da distribuição dos táxons e possivelmente com novas ocorrências para o Estado.

✓ Finalmente, a integração das informações taxonômicas e autoecológicas das diatomáceas fragilarióides permitiu avançar na caracterização das espécies, fornecendo bases mais consistentes para a delimitação de populações tropicais. As preferências ecológicas calculadas apoiaram a separação de táxons relacionados e representam uma importante ferramenta a ser incorporada nos estudos sobre a ecologia das diatomáceas. Ainda, conhecer a autoecologia dos táxons em ambientes tropicais permitirá produzir bases mais sólidas para sua subsidiar sua aplicação em diversas áreas de pesquisas como estudos de conservação, reconstrução ambiental, bioindicação da qualidade da água.