



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGIA VEGETAL)**

**CHLOROPHYCEAE, ULVOPHYCEAE, KLEBSORMIDIOPHYCEAE E
TREBOUXIOPHYCEAE FILAMENTOSAS DO ESTADO DE SÃO PAULO:
LEVANTAMENTO FLORÍSTICO**

KARINA ALEJANDRA DÍAZ VALLE



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGIA VEGETAL)**

**CHLOROPHYCEAE, ULVOPHYCEAE, KLEBSORMIDIOPHYCEAE E
TREBOUXIOPHYCEAE FILAMENTOSAS DO ESTADO DE SÃO PAULO:
LEVANTAMENTO FLORÍSTICO**

KARINA ALEJANDRA DÍAZ VALLE

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas, Orientador: Dr. Carlos Eduardo de Mattos Bicudo.

**Rio Claro – SP
2023**

V181c Valle, Karina Alejandra Díaz
Chlorophyceae, Ulvophyceae, Klebsormidiophyceae e
Trebouxiophyceae filamentosas do Estado de São Paulo :
levantamento florístico / Karina Alejandra Díaz Valle. -- Rio Claro,
2023
200 p. : il., tabs., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientador: Carlos Eduardo de Mattos Bicudo

1. Chlorophyceae 'sensu amplo'.. 2. levantamento florístico.. 3.
taxonomia. 4. Brasil. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de
Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: *Chlorophyceae, Ulvophyceae, Klebsormidiophyceae e Trebouxiophyceae*
filamentosas do Estado de São Paulo: levantamento florístico

AUTORA: KARINA ALEJANDRA DÍAZ VALLE

ORIENTADOR: CARLOS EDUARDO DE MATTOS BICUDO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Ciências Biológicas
(Biologia Vegetal), área: Biologia Vegetal pela Comissão Examinadora:

Professor Doutor CARLOS EDUARDO DE MATTOS BICUDO (Participação Virtual)
Divisão do Jardim Botânico de São Paulo Seção de Ecologia / Instituto de Botânica SP

Profª. Drª. GISELE CAROLINA MARQUARDT (Participação Virtual)
Departamento de Botânica / Universidade Federal do Paraná

Profª. Drª. SÍLVIA MARIA MATHES FAUSTINO (Participação Virtual)
Departamento de Farmácia / Universidade Federal do Amapá

Profª. Drª. ANDREA TUCCI (Participação Virtual)
Núcleo de Conservação da Biodiversidade / Instituto de Pesquisas Ambientais

Profª. Drª. CRISTINA SOUZA FREIRE NORDI (Participação Virtual)
Departamento de Biologia / Universidade Federal de São Paulo

Rio Claro, 14 de julho de 2023



AGRADECIMENTOS

Os meus sinceros agradecimentos:

Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo de Mattos Bicudo, pela excelente pessoa que é desempenhando o verdadeiro papel de orientador, convertendo-se em meu Pai Científico. Muito obrigada por tudo, Ori.

À Prof^a Dr^a Denise de Campos Bicudo, pelo exemplo de pessoa que é, além de todo apoio, fortaleza e motivação para seguir. Muito obrigada pelas conversas e excelentes passeios junto com o Ori.

Ao Yukio Hayashi da Silva, técnico em computação no Instituto de Pesquisas Ambientais em São Paulo, pelo tempo e paciência para ajudar a procurar todas as (muitas) coisas que eu procurava.

À Prof^a Dr^a Andréa Tucci e Sr^a Neide Pozo Rios de Souza, pelo tempo e paciência para procurar amostras e fichas no herbário seccional de algas do Instituto de Pesquisas Ambientais.

Às meninas do laboratório pelo companheirismo e ajuda.

Às meninas de alojamento, em especial à Patty e à Natália, que sempre fizeram minha estadia muito mais alegre, pelas risadas e por serem tão companheiras e acolhedoras durante minhas estadias em São Paulo.

À minha amiga Lina, pela amizade, companhia, risadas, Smirnoff e séries compartilhadas. Sua presença foi muito importante para mim.

À minha amiga Paula Nishimura e família, por serem tão bons e solícitos comigo cada vez que eu vim ao Brasil.

Às minhas amigas chilenas, por torcerem por mim quando eu estava cabisbaixa, em especial à Claudia e à Paula por toda ajuda na minha vida.

À Prof^a Dr^a Irma Vila, da Universidad de Chile por ter me incentivado a conhecer as microalgas.

À minha família, em especial aos meus sogros por terem orgulho das minhas conquistas e por cuidarem de meu filho enquanto estive longe de casa por longos períodos.

Aos meus pais, que mesmo estando em outro plano, eu sei que ficariam imensamente felizes e orgulhosos ao verem sua filha caçula fazendo as coisas que ela quis fazer.

Aos Rodrigo e Cristóbal e à Blue, a família que juntos construímos, pelo amor, confiança, compreensão e apoio que me entregaram em cada um de meus (nossos) passos, sem o que tudo seria muito difícil.

Dedico esta tese, por fim, a todos os meus amigos e entes queridos, que estão junto a mim ou me olham de outro plano e que têm sido uma grande contribuição para a minha vida.

“Los científicos son niños que han conservado su capacidad de asombro.”
(Cientistas são crianças que mantiveram sua capacidade de admiração)

Sylvia Earle

Resumo

As algas verdes filamentosas constituem um componente importante das comunidades habitantes dos ambientes dulcícolas. No entanto, a enorme plasticidade morfológica e a dificuldade de observação de vários desses organismos influíram substancialmente em sua taxonomia. Tais fatos são igualmente fundamentais na escassez de informação sobre sua ecologia

O presente estudo teve como objetivo abordar a taxonomia das algas verdes filamentosas do Estado de São Paulo considerando as Chlorophyceae ‘*sensu stricto*’, Ulvophyceae, Klebsormidiophyceae e Trebouxiophyceae filamentosas que ocorrem no Estado. O trabalho está inserido em um projeto temático maior intitulado “Flora Ficológica do Estado de São Paulo”. Foram trabalhadas 99 amostras de distintos municípios do Estado de São Paulo. Os municípios foram escolhidos para obter uma cobertura o mais uniforme possível do território do Estado e abranger material de ambientes lênticos e lóticos em proporções equivalentes. Na abordagem taxonômica, foi inventariado o total de 69 espécies, das quais 25 pertencem à classe Chlorophyceae, 39 à Ulvophyceae, três à Trebouxiophyceae e duas à Klebsormidiophyceae. O tipo biológico constituído pelas algas filamentosas tem, em parte, certas vantagens em relação ao unicelular. Os gêneros com maior número de espécies identificadas foram *Trentepohlia* (15 espécies), *Phycopeltis* (8), *Stigeoclonium* (7), *Microspora* (6), *Ulothrix* (5), *Chaetophora* (3), *Uronema*, *Cephaleuros* e *Klebsormidium* (2 cada um) e os demais gêneros apresentaram apenas uma espécie cada um. As citações de *Microspora lauterbornii*, *Microspora pachyderma*, *Gongrosira papuasica* e *Ulothrix tenuissima* constituem novas referências de ocorrência no Estado de São Paulo e a de *Klebsormidium scopulinum* no Brasil.

O tipo dominante de organização celular foi o filamentosos ramificado com ou sem mucilagem envolvente e o tipo de ambiente em que foram encontradas as algas filamentosas foi o bentônico. A informação ora apresentada reuniu dados bibliográficos e de laboratório e visou a ser uma ajuda no reconhecimento ao microscópio das algas verdes filamentosas presentes no Estado de São Paulo.

Palavras-chave: Brasil, Chlorophyceae ‘*sensu amplo*’, levantamento florístico, taxonomia

“Abstract”

The benthic and the litoral flora primary production of lakes and other shallow water bodies represent two to three times the phytoplankton production, the contribution of the filamentous algae being of utmost relevance in such communities. They in shallow, where they usually form dense floating masses favored by the system eutrophication, and that may commonly be associated with representatives of other groups of organisms as are the cases, for instance, of Xanthophyceae and Rhodophyceae with Cyanobacteria. In addition to their role as important primary producers

Present study aimed at the taxonomy of the filamentous green algae of the State of São Paulo, considering the Chlorophyceae ‘*sensu stricto*’, Ulvophyceae, Klebsormidiophyceae, and Trebouxiophyceae occurring in the State area. Present investigation is part of the thematic project “São Paulo State algal flora”. Ninety-nine samples from distinct municipalities of the State of São Paulo were very carefully examined. Municipalities were selected to obtain the most uniform possible coverage of the State territory, as well as lentic and lotic environments samples in somewhat equivalent proportions. Identification of 69 species included 25 belonging to the class Chlorophyceae, 39 to Ulvophyceae, three to Trebouxiophyceae, and two to the Klebsormidiophyceae. The biological type represented by the filament has, at least in part, some advantages when compared to the unicellular. Genera with higher numbers of species identified were: *Trentepohlia* (15 species), *Phycopeltis* (8), *Stigeoclonium* (7), *Microspora* (6), *Ulothrix* (5), *Chaetophora* (3), *Uronema*, *Cephaleuros* and *Klebsormidium* (2 each), and the other genera with a single species each. Citations of *Microspora lauterbornii*, *Microspora pachyderma*, *Gongrosira papuasica* and *Ulothrix tenuissima* are new for the State Paulo and that of *Klebsormidium scopulinum* for Brasil. The dominant type of cell organization was the filamentous branched of not with or not some involving mucilaginous sheath, and the kind of habitat in which most filamentous green algae inhabited was dominantly benthic. Information included in this doctoral dissertation was bibliographic and produced in the laboratory and aimed at providing the students some information to recognize the State of São Paulo filamentous green algae at the microscope.

Key words: Brazil, Chlorophyceae ‘*sensu amplo*’, floristic survey, taxonomy

Sumário

1. Introdução	8
1. Importância ecológica e abrangência taxonômica	8
2. Chlorophyceae ' <i>sensu stricto</i> ', Ulvophyceae, Klebsormidiophyceae e Trebouxiophyceae dulcícolas no Estado de São Paulo	11
2. Objetivos	13
1. Objetivo geral	13
2. Objetivos específicos	13
3. Material e métodos	14
1. Área de estudo	14
2. Material estudado e métodos de estudo	14
2.1. Material estudado	14
2.2. Coleta, fixação e preservação	21
2.3. Exame ao microscópio	22
2.4. Identificação taxonômica	22
2.5. Material de literatura	22
2.6. Descrição, medição, ilustração e classificação	23
2.6.1. Descrição	23
2.6.2. Medidas e ilustração	23
2.6.3. Classificação	24
2.7. Chaves de identificação taxonômica	25
2.8. Organização da tese	25
4. Resultados e discussão	26
1. Relação dos gêneros estudados	26
2. Referências citadas	30
Capítulo 1. Chlorophyceae '<i>sensu stricto</i>' filamentosas do Estado de São Paulo	
1. Classe Chlorophyceae ' <i>sensu stricto</i> '	33
1.1. Ordem Sphaeropleales	35
1.1.1. Família Microsporaceae	35

1.1.2. Família Sphaeropleaceae	43
1.2. Ordem Chaetophorales	45
1.2.1. Família Aphanochaetaceae	46
1.2.2. Família Chaetophoraceae	48
1.2.3. Família Schizomeridaceae	73
1.2.4. Família Uronemataceae	78
1.3. Conclusões	81
1.4. Literatura citada	82
Capítulo 2. Ulvophyceae filamentosas do Estado de São Paulo	
1. Classe Ulvophyceae	96
1.1. Ordem Trentepohliales	98
1.1.1. Família Trentepohliaceae	101
1.2. Ordem Ulotrichales	129
1.2.1. Família Ulotrichaceae	130
1.2.2. Família Binucleariaceae	139
1.3. Ordem Cladophorales	141
1.3.1. Família Cladophoraceae	145
1.3.2. Família Pseudocladophoraceae	150
1.4. Ordem Bryopsidales	152
1.4.1. Família Dichotomosiphonaceae	155
1.5. Conclusões	155
1.6. Referências citadas	156
Capítulo 3. Classes Trebouxiophyceae (Chlorophyta) e Klebsormidiophyceae (Charophyta) filamentosas do Estado de São Paulo	
1. Classe Trebouxiophyceae	173
1.1. Ordem Chlorellales	173
1.1.1. Família Chlorellaceae	173
1.2. Ordem Microthamniales	177
1.2.1. Família Microthamniaceae	177
2. Divisão Charophyta	180
2.1. Classe Klebsormidiophyceae	181
2.2.1. Ordem Klebsormidiales	181
2.2.1.1. Família Klebsormidiaceae	182
2.2. Conclusões	185

2.3. Referências citadas	185
Capítulo 4. Conclusões gerais	191
Índice das espécies e variedades identificadas	194

1

Introdução

1. Importância ecológica e abrangência taxonômica

Consta nos sistemas aquáticos, entre as comunidades biológicas, a das algas habitantes do plâncton, ou seja, o conjunto dos microrganismos fotossintetizantes ou não que são adaptados à vida em suspensão na coluna d'água (Reynolds 2006); e pelo perifíton representadas por uma comunidade complexa de organismos microscópicos que vive íntima ou frouxamente aderida a algum tipo de substrato submerso vivo ou morto (Wetzel 1983).

As algas são o principal produtor primário nos ecossistemas aquáticos tanto marinhos quanto continentais, sendo responsáveis por quase metade da produção primária total (Field *et al.* 1998, Falkowski *et al.* 2004) e constituem a unidade básica da produção do sistema que sustenta a rede trófica (Reynolds 2006). Variam em tamanho, forma, adaptações evolutivas, posição filogenética e demanda por nutrientes e energia, além de sua sensibilidade aos diferentes processos de perda como, por exemplo, a sedimentação e a predação (Padisák *et al.* 2003, Padisák 2004).

As algas verdes filamentosas constituem um componente importante das comunidades habitantes dos ambientes dulcícolas, especialmente da ficoflórula bentônica. São especialmente importantes em corpos d'água rasos onde formam, habitualmente, densas massas flutuantes favorecidas pela eutrofização do ambiente associadas ou não a representantes de outros grupos de organismos como é o caso, por exemplo, de xantofíceas ou rodofíceas com cianobactérias (Hillebrand 1983, Margalef 1983).

No entanto, a enorme plasticidade morfológica e a dificuldade de observação de vários desses organismos influíram substancialmente em sua taxonomia. Tais fatos são igualmente fundamentais na escassez de informação sobre sua ecologia (Cambra & Aboal 1992).

O filamento é uma excelente forma de adaptação às condições ambientais, pois o indivíduo cresce rapidamente em comprimento e pode, com isso, utilizar maiores volumes de água e manter constante sua relação área:volume. As ramificações representam a estrutura adaptativa que permitiu às algas o melhor aproveitamento da água em espaços confinados, além do melhor

controle da absorção (Margalef 1983). A evolução do filamento simples de crescimento rápido para o filamento ramificado de crescimento mais lento pode ser observada com frequência nos ecossistemas de água doce (Margalef 1983).

O tipo biológico constituído pelas algas filamentosas permite, em parte, certas vantagens em relação ao unicelular. Espécimes multicelulares apresentam alguma especialização em seu talo. Neste sentido, as algas filamentosas possuem ampla gama de representantes desde o filamento mais simples ou a colônia filamentosa (ex. *Spirogyra*) até os talos filamentosos mais complicados, com estruturas especializadas para fixação, fotossíntese e reprodução (ex. *Cladophora*, *Stigeoclonium*). Essa organização aumenta as possibilidades ecológicas do organismo embora, às vezes, de forma pouco evidente no aproveitar com mais eficiência as condições ambientais em que vive, além de aumentar sua capacidade de sobrevivência (Cambra & Dominguez-Pañella 1990).

A produção primária da flórua bentônica e do litoral de lagos e outros corpos d'água rasos representa duas a três vezes a produção do plâncton e a contribuição das algas filamentosas é bastante significativa nestas comunidades (Margalef 1983).

Além do papel que desempenham como importantes produtores primários, as algas verdes também exercem papel capital na ecologia de vários ambientes ao constituírem, junto com outras algas do perifíton, alimento para numerosas formas de invertebrados aquáticos (Graham & Wilcox 2000). Algumas algas verdes são também indicadoras da qualidade ecológica ambiental (Necchi *et al.* 1994, Branco & Pereira 2002, Pereira & Branco 2007).

Existe também certa tendência recente para a utilização tecnológica das algas. Estes organismos vêm sendo usados com frequência em modelos experimentais como, por exemplo, na fabricação de produtos alimentares e farmacêuticos (Graham & Wilcox 2000). Além disso, vem-se tentando usar as algas como fonte de biomassa para produção de combustível renovável e, neste sentido, as algas verdes contam entre as que apresentam a maior viabilidade (Carlsson *et al.* 2007). Algumas algas verdes filamentosas podem ser, contrariamente, consideradas “pragas” em ambientes de água corrente que sofrem impacto antropogênico. Segundo Biggs (1985), essas algas atuariam no entupimento de filtros de estações de tratamento de água para consumo humano e na degradação da qualidade ecológica da água graças à flutuação diária de seu teor de oxigênio e do pH causando, como consequência, perda do valor estético da água. O melhor exemplo dessas algas é o gênero *Cladophora*, que vem sendo constantemente documentado como verdadeira “praga” em ambientes lóticos de várias partes do mundo (Biggs 1985, Biggs & Price 1987, Dodds & Gudder 1992).

As Chlorophyceae ‘*sensu lato*’ incluem pouco mais de 500 gêneros e quase 15.000 espécies (John 1994, 2003) constituindo, portanto, uma das maiores classes de microalgas em termos de

diversidade taxonômica. Ao redor de 80% das Chlorophyceae '*sensu lato*' vivem na água doce e o restante ocupa ambientes de água salobra, marinha, hipersalina e o solo. A maioria dessas algas é de vida livre, mas há espécimes parasitas e outros simbioses (Chapman & Waters 1992, Gärtner 1992). As Chlorophyceae '*sensu lato*' apresentam taxonomia razoavelmente difícil decorrente da grande plasticidade fenotípica e da dificuldade de quantificação de várias suas características potencialmente utilizáveis na taxonomia, o que certamente contribuiu para a escassez de estudos mais específicos sobre esse grupo de algas (Cambra & Dominguez-Pañella 1990).

As algas verdes são consideradas um dos grupos mais diversificados entre as algas. No que tange às Chlorophyceae '*sensu lato*', os distintos níveis morfológicos de organização (monadoide, cocoide, filamentosos, parenquimatosos e sifonáceos) derivaram independentes através de três ou quatro linhas de evolução (Mattox & Stewart 1984). Decorre daí o uso amplo e continuado dos níveis morfológicos de organização do talo como base para a delimitação de ordens e famílias nessas algas (Parra & Bicudo 1995).

Um grupo importante de clorofíceas '*sensu lato*' é o formado pelas algas filamentosas simples ou ramificadas constituído por desde algumas poucas até um número grande e indefinido de células. Tais algas estão distribuídas pelas quatro classes taxonômicas que seguem e serão incluídas no presente estudo: Chlorophyceae '*sensu stricto*', Ulvophyceae, Klebsormidiophyceae e Trebouxiophyceae. Foram excluídos os representantes das Zygnematophyceae e Oedogoniophyceae, porque a identificação taxonômica de gêneros e categorias infragenéricas nessas duas classes exige o conhecimento de suas estruturas de reprodução que nem sempre e até raramente estão presentes na natureza (Bicudo & Menezes 2017).

A série linear de células (filamento) é o tipo de organização mais generalizado nestas algas. Podem existir nos filamentos partes do talo com divisão mais ativa e caráter de meristema ou todas as células reterem a mesma capacidade de divisão. A diferenciação longitudinal (polaridade) manifesta-se pela existência de rizoides na base do filamento e de células terminais com certas particularidades. O filamento constitui uma excelente forma de adaptação ao ambiente, ou seja, a planta cresce rápido em comprimento (crescimento exponencial), distende-se, utiliza maiores volumes de água e mantém constante, por conseguinte, certas propriedades como a relação superfície:volume do talo. A ramificação do filamento constitui uma variável relacionada com a relação superfície:volume do talo, por permitir uma melhor utilização do espaço se comparada com o crescimento do talo apenas em comprimento. Essas duas modalidades podem ser comparadas, respectivamente, com um sistema fluvial que converge (ramificação) para um rio de planície, o qual desenvolve meandros (filamentos simples); ou ao incluir a divisão longitudinal

das células algumas vezes muito acidental e outras vezes mais regular para formar os talos tubulares (*Enteromorpha*) (Margalef 1983).

- **Chlorophyceae ‘sensu stricto’** → incluem os seguintes gêneros de algas filamentosas: *Chaetophora*, *Draparnaldia*, *Gonatoblaste*, *Gongrosira*, *Hormotila*, *Microspora*, *Protoderma*, *Radiofilum*, *Schizomeris*, *Stigeoclonium* e *Uronema*.
- **Ulvophyceae** → incluem os seguintes gêneros de algas filamentosas: *Binuclearia*, *Cephaleuros*, *Cladophora*, *Dichotomosiphon*, *Phycopeltis*, *Physolinum*, *Pithophora*, *Printzina*, *Rhizoclonium*, *Trentepohlia*, *Ulothrichopsis* e *Ulothrix*.
- **Klebsormidiophyceae** → incluem só o gênero *Klebsormidium* de algas filamentosas.
- **Trebouxiophyceae** → incluem os seguintes gêneros de algas filamentosas: *Geminella*, *Gloeotila* e *Microthamnion*.

2. Chlorophyceae ‘sensu stricto’, Ulvophyceae, Klebsormidiophyceae e Trebouxiophyceae dulcícolas no Estado de São Paulo

Relativamente pouco ainda se conhece sobre as classes Chlorophyceae ‘sensu stricto’, Ulvophyceae, Klebsormidiophyceae e Trebouxiophyceae no Estado de São Paulo. Poucos trabalhos referiram a ocorrência dessas algas no Estado, um dos quais (Bicudo & Bicudo 2014) divulgou a presença de *Gonatoblaste rostrata* Huber na área do PEFI, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga e o outro (Bicudo & Pereira 2003) de *Uronema confervicolum* Lagerheim var. *africana* (Borge) Printz e *U. elongatum* Hodgetts também na área do PEFI. A primeira referência à ocorrência de representante de *Microspora* no Brasil foi para São Paulo e consta em Borge (1918), que citou *M. abbreviata* (Rabenhorst) Lagerheim, *M. amoena* (Kützinger) Rabenhorst, *M. brevis* Nordstedt, *M. loefgrenii* Nordstedt e *M. stagnorum* (Kützinger) Lagerheim. Os trabalhos taxonômicos de Bicudo (1984) e Necchi *et al.* (2002) constituem, entre outros, a contribuição para o Estado de São Paulo. Foram descritas e ilustradas nesses trabalhos as seis espécies seguintes: *M. abbreviata* (Rabenhorst) Lagerheim, *M. floccosa* (Vaucher) Thuret, *M. quadrata* Hazen e *M. stagnorum* (Kützinger) Lagerheim. Há também a referência a *Radiofilum conjunctivum* Schmidle em Bicudo & Bicudo (1970) e dela consta a ilustração de material coletado no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga. Branco *et al.* (2002) apresentaram boa descrição dos *Stigeoclonium* ocorrentes no Estado.

O conhecimento das Ulvophyceae filamentosas de águas continentais é numericamente maior em termos de publicações, ao ser comparado com as demais classes, com seis trabalhos. Assim, cronologicamente, Bicudo & Santos (2001) documentaram a presença de *Physolinum monilia* (De Wildeman) Printz e de quatro espécies de *Trentepohlia* [*T. arborum* (C. Agardh) Hariot, *T. aurea*

(Linnaeus) Martius, *T. calamicola* (Zeller) De Toni & Levi e *T. rigidula* (Müller) Hariot] na área do PEFI; Bicudo & Pereira (2003) noticiaram a ocorrência de *Ulothrix aequalis* Kützinger var. *aequalis*, *U. subtilissima* Rabenhorst e *U. tenerrima* (Kützinger) Kützinger também no PEFI; Lemes-da-Silva *et al.* (2010) reportaram a presença de seis espécies de *Trentepohlia* [*T. abietina* (Flotow) Hansgirg, *T. arborum* (C. Agardh) Hariot, *T. aurea* (Linnaeus) Martius, *T. diffracta* (Krempelhuber) Hariot, *T. cf. duseinii* (Wittrock & Nordstedt) Hariot e *T. monilia* De Wildemann] e uma de *Printzina* [*P. effusa* (Krempelhuber) Thompson & Wujek] ao estudarem material proveniente de 10 localidades da região Noroeste do Estado de São Paulo (Vila Iolanda, Matão, Novo Horizonte, Planalto, Sales, São João de Iracema, Turmalina, União Paulista, Vicentópolis e Votuporanga); Bicudo (2014) documentou a ocorrência de *Pithophora roetleri* (Roth) Wittrock também para a área do PEFI; e, finalmente, Lemes-da-Silva *et al.* (2017) estudaram a diversidade florística e a distribuição geográfica das espécies de Trentepohliales coletadas nos anos 2009 e 2010 em cinco localidades, duas das quais no Estado de São Paulo, quais sejam: uma floresta sazonal semidecídua no Parque Estadual da Serra do Mar e uma floresta mista em Campos do Jordão. Nesse trabalho, os autores registraram a existência de uma espécie de *Cephaleuros* (*Cephaleuros* sp.), sete de *Phycopeltis* (*P. amboinensis* Printz, *P. arundinacea* De Toni, *P. epiphyton* Millardet, *P. flabellata* Thompson & Wujek, *P. pilosa* Thompson & Wujek e dois materiais identificados só em nível gênero) e 10 de *Trentepohlia* [*T. abietina* Hansgirg var. *abietina*, *T. abietina* Hansgirg var. *tenue* Cribb, *T. arborum* (C. Agardh) Hariot, *T. cf. chapmanii* Rindi & López-Bautista, *T. depressa* Hariot, *T. diffracta* Hariot, *T. peruana* Printz e três materiais identificados apenas ao nível gênero]. Somente um trabalho, de Bicudo & Pereira 2003, documentou a presença de *Klebsormidium*, através da espécie *K. flacidum* (Kützinger) P.C. Silva, Mattox & Blackwell, no Estado de São Paulo e, mais especificamente, no PEFI. Finalmente, *Gloeotila pelagica* (Nygaard) Skuja foi a única espécie de Trebouxiophyceae filamentosa identificada para o PEFI e para o Estado (Bicudo & Pereira 2003).

Uma rápida passada de olhos pelos materiais acima referidos para o Estado de São Paulo mostra que Ulvophyceae foi a classe que reuniu o maior número de espécies de indivíduos de hábito filamentoso pertencentes, principalmente, à família Trentepohliaceae e, mais especificamente, ao gênero *Trentepohlia*, com 10 espécies. Quanto às localidades estudadas, o PEFI e a região Noroeste do Estado de São Paulo foram as únicas que receberam atenção até o momento.

2

Objetivos

Os objetivos deste trabalho estão em consonância com os do projeto temático maior em que está inserido (“Flora Ficológica do Estado de São Paulo”) e são os seguintes:

1. Objetivo geral

- Realizar o estudo taxonômico detalhado das Chlorophyceae ‘*sensu stricto*’, Ulvophyceae, Klebsormidiophyceae e Trebouxiophyceae filamentosas que ocorrem no Estado de São Paulo.

2. Objetivos específicos

- Inventariar as espécies, variedades e formas taxonômicas de Chlorophyceae ‘*sensu stricto*’, Ulvophyceae, Klebsormidiophyceae e Trebouxiophyceae filamentosas ocorrentes no Estado de São Paulo.
- Ilustrar, descrever em detalhes e comentar os materiais identificados.
- Relacionar a ocorrência das espécies, variedades e formas taxonômicas de Chlorophyceae ‘*sensu stricto*’, Ulvophyceae, Klebsormidiophyceae e Trebouxiophyceae filamentosas com os diferentes modos de vida estudados (fitoplâncton e perifíton).
- Avaliar as características diacríticas, métricas e merísticas e, mais do que tudo, as diagnósticas utilizadas na delimitação de gêneros e categorias infragenéricas dos representantes dos quatro grandes grupos estudados.
- Contribuir para o conhecimento da ficoflórula dulcícola do Estado da São Paulo e, por conseguinte, do Brasil.
- Fornecer subsídios para projetos de monitoramento ambiental e trabalhos de ecologia, fisiologia, genética e de qualquer outro tipo que demande, necessariamente, o conhecimento da composição florística local.

3

Material e métodos

1. Área de estudo

Os locais amostrados situam-se no Estado de São Paulo, região Sudeste do Brasil. O Estado limita-se ao norte com o Estado de Minas Gerais, nordeste com o Estado do Rio de Janeiro, leste com o Oceano Atlântico, sul com o Estado do Paraná e oeste com o Estado de Mato Grosso do Sul.

O estudo abrangeu material coletado de diversos ecossistemas aquáticos do Estado de São Paulo, cuja área é de 248.808,8 km², inclui 645 municípios e a população de 46.649.132 habitantes conforme informação do IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística para 2021. Oitenta e seis por cento das águas do Estado escoam para o rio Paraná no interior do continente e 14% para o litoral. O clima é espacialmente variado apresentando-se tropical na baixada litorânea, nas escarpas da Serra do Mar, no Planalto Atlântico e na região noroeste do Estado; e subtropical no Sul e no Planalto Ocidental.

2. Material estudado e métodos de estudo

2.1. Material estudado

O material disponível para estudo foi obtido de coletas realizadas, principalmente, através do Projeto Temático “Flora Ficológica do Estado de São Paulo”, sob a égide do Programa BIOTA/FAPESP: o Instituto Virtual da Biodiversidade. Foi também estudado material depositado no Herbário Científico do Estado “Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo” (SP).

A flora ficológica do Estado de São Paulo foi iniciada em 1960 através de um programa de coleta primeiro aleatória e depois intensiva e organizada de material de algas, no presente caso das de águas interiores, que almejou abranger toda a área do Estado com a finalidade de providenciar o conhecimento de sua ficoflórula dulcícola. O resultado de dois anos de empenho foi a obtenção de cerca de 5.000 unidades amostrais que fazem parte do acervo da coleção seccional de algas do Herbário Científico do Estado “Maria Eneyda P. Kauffman Fidalgo” (SP) do Instituto de Pesquisas

Ambientais da Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do Estado de São Paulo. As coletas foram realizadas de modo a cobrir o mais uniformemente possível todo o Estado e obter material de sistemas lênticos, semilênticos e lóticos e de ambientes planctônico, perifítico, bentônico, subaéreo e metafítico. Para o presente inventário foram examinadas amostras de 77 municípios, inseridos nas principais bacias hidrográficas, áreas de proteção ambiental e áreas prioritárias para conservação da biodiversidade no Estado de São Paulo (Joly *et al.* 2010).

Foram analisadas 99 unidades amostrais pertencentes ao acervo do Herbário Científico do Estado “Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo” (SP) e materiais constantes da literatura que apresentaram possibilidade de re-identificação. As unidades amostrais foram selecionadas de modo a atender aos seguintes critérios: (1) contemplar o maior número possível de municípios do Estado e (2) selecionar, de preferência, unidades amostrais coletadas mais recentemente devido às melhores condições de preservação dos espécimes e amostras mais antigas que pudessem ter organismos de nosso interesse.

Abaixo, a relação das unidades amostrais examinadas e detalhes das estações de amostragem conforme a ordem numérica crescente de seus respectivos números de acesso ao herbário SP. As amostras precedidas por asteriscos apresentaram representantes para nosso estudo.

1. **SP96890**. Município de Ubatuba, sem indicação precisa do local, col. O. Montes & R.R. Martins, 29-I-1966.
2. ***SP96909**. Município de Santo André, Estação Biológica do Alto da Serra de Paranapiacaba, lago próximo da sede, col. C.E.M. Bicudo, 20-I-1966.
3. **SP96956**. Município de Guaratinguetá, BR-116, lago próximo do Clube dos 500, col. C.E.M. Bicudo, 01-IV-1966.
4. **SP96958**. Município de Guaratinguetá, BR-116, lago próximo do Clube dos 500, col. C.E.M. Bicudo, 01-IV-1966.
5. **SP103777**. Município de São Paulo, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Jardim Botânico de São Paulo, hidrofitotério, col. R.M.T. Bicudo, 09-IV-1968.
6. **SP103779b**. Município de São Paulo, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Jardim Botânico de São Paulo, hidrofitotério, col. R.M.T. Bicudo, 10-IV-1968.
7. **SP103780**. Município de São Paulo, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Instituto Astronômico e Geofísico, col. R.M.T. Bicudo, 09-IV-1968.
8. **SP103781**. Município de São Paulo, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Instituto Astronômico e Geofísico, col. R.M.T. Bicudo, 09-IV-1968.
9. **SP113429**. Município de Ibirá, Termas de Ibirá, lagoa, col. D.M. Vital, 25-V-1973.

10. **SP113484**. Município de Irapuã, rodovia Novo Horizonte, ca. 1 km da ponte do ribeirão Cervo Grande, alagado, col. D.M. Vital, 24-V-1973.
11. **SP113662**. Município de Moji das Cruzes, rodovia SP-88, km 74-75, lagoa, col. C.E.M. Bicudo, C.R. Leite & L. Sormus, 18-VI-1973.
12. **SP113672**. Município de Juquiá, rodovia BR-116, km 160, alagado, col. C.E.M. Bicudo & L. Sormus, 01-III-1970.
13. ***SP114513**. Município de Rancharia, Vila Agissê, ribeirão Capivari, col. D.M. Vital, 25-VII-1973.
14. **SP114515**. Município de Ibiúna, rodovia Cotia-Ibiúna, km 54, rio Sorocamirim, col. L. Sormus, 19-IX-1973.
15. **SP114545**. Município de Dois Córregos, sem indicação precisa do local, col. D.M. Vital, 19-X-1973.
16. ***SP114558**. Município de Pontes Gestal, rio Turvo, col. D.M. Vital, 23-XI-1973.
17. **SP116413**. Município de Barretos, 3 km W da entrada da cidade, córrego, col. D.M. Vital, 22-XI-1973.
18. **SP123865**. Município de Sumaré, Acampamento Batista, lago, col. L. Sormus, 11-XI-1975.
19. **SP123900**. Município de Pirassununga, rodovia SP-225, km 23, bairro Cascalho, lago, col. P.A.C. Senna, XII-1973.
20. **SP130784**. Município de Americana, Represa de Americana, col. G.Y. Shimizu, 05-XII-1973.
21. **SP130789**. Município de Tupã, sem indicação precisa do local, col. D.M. Vital, 20-XII-1973.
22. ***SP130790**. Município de Bauru, rio Batalha, próximo da rodovia Bauru-Piratininga, col. DM. Vital, 21-VII-1973.
23. **SP131570**. Município de Cananeia, Ilha do Cardoso, Ponta do Cambriú, col. O. Yano, 25-VIII-1976.
24. **SP155059**. Município de Queluz, rodovia SP-58, km 24, riacho, col. L.N.C. Rodrigues, 27-IX-1978.
25. **SP163985**. Município de Monteiro Lobato, rodovia SP-50, km 133-134, córrego ao lado da estrada, col. M.T.P. Azevedo & R.M.T. Bicudo, 23-VIII-1978.
26. **SP163987**. Município de Ubatuba, caminho da fazenda Mar Virado, Praia da Lagoinha, espraçamento de um riacho, col. M.T.P. Azevedo & R.M.T. Bicudo, 13-XI-1980
27. **SP163988**. Município de Itirapina, lagoa de estabilização, lagoa nº 3, local de coleta B (L3B), col. O. Aulino, 18-IX-1979.
28. **SP163994**. Município de Itirapina, lagoa de estabilização, fitoplâncton, col. O. Aulino, 18-IX-1979.

29. ***SP164018.** Município de Queluz, rodovia SP-58, km 237, regato de um riacho, col. L.N.C. Rodrigues, 27-IX-1978.
30. **SP164019.** Município de Lavrinhas, rio Jacis (ou Paraíba), 2 km da rodovia Presidente Dutra, lado oeste, espremido de *Eichhornia* localizadas em pequenas poças sobre as pedras, col. L.N.C. Rodrigues, 05-V-1981.
31. **SP164023.** Município de Santa Branca, km 13, local não especificado, col. L.N.C. Rodrigues & H. Astorino, 30-XI-1978.
32. **SP164024.** Município de Jacareí, rodovia SP-66, km 84, hotel Paraíba, lago represado artificialmente, coleta com rede de plâncton entre *Miriophyllum* e algumas gramíneas, col. L.N.C. Rodrigues & H. Astorino, 30-XI-1978.
33. **SP164405.** Município de Mogi Guaçu, Lagoa do Infernã, material entre massa de outras algas, col. A. Schwarzbald, V-1989.
34. ***SP164436.** Município de São Paulo, rua Chile 81, material nas calhas de uma casa formando placas verde-escuro, coletado com a mão, consistência dura, rígida, mesmo após uma chuva de bastante intensidade, col. P.A.C. Senna, 11-XII-1979.
35. **SP164439.** Município de São Paulo, viela sanitária (passagem entre a rua Chile na altura do nº 81 e a rua Groenlândia), col. P.A.C. Senna, 11-XII-1979.
36. **SP164441.** Município de São Paulo, rua Chile, árvore (casca) em frente ao nº 81, material coletado com canivete raspando a casca da árvore com machas verde-escuro e verde-claro na superfície, coleta feita após chuva, material misturado com água e solução de 6:3:1, col. P.A.C. Senna, 23-I-1980.
37. **SP164446.** Município de São Paulo, sítio Estrela d'Alva, rodovia Parellheiros-Engenheiro Marsilac, ca. 1,5 km após Embu, material coletado com rede e um pouco de uma massa algácea verde no local, entre as plantas aquáticas do lago, col. P.A.C. Senna, 26-I-1980.
38. ***SP164447.** Município de São Paulo, sítio Estrela d'Alva, rodovia Parellheiros-Engenheiro Marsilac, ca. 1,5 km após Embu, mesmo lago de SP164446, porém, mais perto da nascente, espremido de raízes de *Azolla* sp. muito abundante no local, col. P.A.C. Senna, 26-I-1980.
39. **SP164448.** Município de São Paulo, sítio Estrela d'Alva, rodovia Parellheiros-Engenheiro Marsilac, ca. 1,5 km após Embu, material coletado com rede, barragem construída no sítio, mais material algáceo de cor verde-escuro crescendo na parede da barragem, junto a um dos ladrões, col. P.A.C. Senna, 26-I-1980.
40. **SP164449.** Município de São Paulo, sítio Estrela d'Alva, rodovia Parellheiros-Engenheiro Marsilac, ca. 1,5 km após Embu, entrada do sítio, chão sobre terra, crescendo material algáceo

- de cor verde-escuro, placas úmidas escorregadias, retirado com canivete, col. P.A.C. Senna, 26-I-1980.
41. **SP164450**. Município de São Paulo, rodovia Vargem Grande, km 6, ribeirão Vermelho, coleta com rede e espremido, col. P.A.C. Senna, 26-I-1980.
 42. **SP176522**. Município de Cananeia, bairro Mandirá, cachoeira, col. B.A.D. Oliveira, 10-IX-1983.
 43. ***SP187886**. Município de Biritiba Mirim, Estação Biológica de Boraceia, local não especificado, col. O. Necchi Jr. & A. Custodio Filho, 07-VII-1982.
 44. **SP188215**. Município de Angatuba, sentido Angatuba-Itapetininga, lado direito, chácara Casa da Pedra, col. A.A.J. Castro, C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo, 17-IV-1989.
 45. **SP188321**. Município de Casa Branca, rodovia SP-340, km 228,5 regato fluente de pântano, lado direito, col. A.A.J. de Castro & C.E.M. Bicudo, 17-X-1989.
 46. **SP238995**. Município de Cajuru, rodovia Santa Rosa de Viterbo-Cajuru, ca. 11 km S de Cajuru, material subaéreo, barranco com água escorrendo, coberto de briófitas, col. C.L. Sant'Anna & M.T.P. Azevedo, 22-III-1982.
 47. **SP238999**. Município de General Salgado, poça, massa escura coriácea sobre o solo, col. O. Yano, 21-VII-1982.
 48. **SP239002**. Município de Restinga. Rodovia SP-334, 1 km S do limite Restinga-Franca, paredão basáltico, úmido, manchas verde-escuro aderidas à rocha, col. C.L. Sant'Anna & M.T.P. Azevedo, 23-III-1982.
 49. ***SP239020**. Município de Bebedouro, 9 km do limite Bebedouro-Piranji, riacho, passagem de rede junto a gramíneas, col. C.L. Sant'Anna & M.T.P. Azevedo, 24-III-1982.
 50. ***SP239243**. Município de Águas de Santa Barbara, rodovia SP-280, km 290, lado direito, brejo com plantas aquáticas e troncos secos, col. A.A.J. de Castro & C.E.M. Bicudo, 14-IV-1992.
 51. **SP255103**. Município de Piedade, sítio, massa verde-azul firmemente aderida ao fundo do riacho, col. M.T. Fujii, 15-VIII-1993.
 52. **SP255145**. Município de Itanhaém, Praia de Peruíbe, zona mesolitorânea, entre outras algas, col. C.L. Sant'Anna & M.R.A. Braga, I-1983.
 53. **SP255150**. Município de Itanhaém, Praia dos Sonhos, epífita em outras cianofíceas e macroalgas, zona mesolitorânea, col. C.L. Sant'Anna & M.R.A. Braga, 17-XI-1982.
 54. **SP255151**. Município de Itanhaém, Praia de Peruíbe, epífita em *Microleus chthonoplastes*, zona mesolitorânea, col. C.L. Sant'Anna & M.R.A. Braga, 14-XII-1982.

55. **SP255152.** Município de Itanhaém, Praia de Peruíbe, zona supralitorânea, epilítica, col. C.L. Sant'Anna & M.R.A. Braga, 10-II-1983.
56. **SP255161.** Município de Itanhaém, Praia de Peruíbe, zona infralitorânea, epífita, col. C.L. Sant'Anna & M.R.A. Braga, 16-IX-1982.
57. ***SP255164.** Município de Itanhaém, Praia de Peruíbe, zona mesolitorânea, epífita, col. C.L. Sant'Anna & M.R.A. Braga, 10-II-1983.
58. **SP255167.** Município de Itanhaém, Praia de Peruíbe, zona mesolitorânea, col. C.L. Sant'Anna & M.R.A. Braga, 25-VIII-1982.
59. **SP255174.** Município de Itanhaém, Praia de Peruíbe, zona mesolitorânea, epilítica, tufo presos a rocha, col. C.L. Sant'Anna & M.R.A. Braga, 23-VI-1982.
60. **SP255722.** Município de Matão, rodovia SP-310, km 309, brejo com *Typha* e *Eichhornia*, perifíton, col. L.H.Z. Branco, 28-XI-1990.
61. **SP255723.** Município de Capivari, rodovia SP-308, km 309, brejo com *Typha* e *Eichhornia*, perifíton, col. A.A.J. Castro & C.E.M. Bicudo, 20-III-1990.
62. ***SP255724.** Município de São Pedro, rodovia SP-304, km 127, lago do Restaurante do Lago com *Nymphaea elegans* e *Salvinia* sp., col. A.A.J. Castro & C.E.M. Bicudo, 20-III-1990.
63. ***SP255725.** Município de Itu, rodovia SP-312, km 112,5, fazenda Potiguara, represa com *Eichhornia*, *Cyperus papyrus* e *Myriophyllum* sp., col. A.A.J. Castro & C.E.M. Bicudo, 20-III-1990.
64. **SP255726.** Município de Rio Claro, Horto Florestal Navarro de Andrade, lago com *Eichhornia* e *Nymphaea*, col. A.A.J. Castro & C.E.M. Bicudo, 17-VII-1987.
65. ***SP255727.** Município de São Carlos, rodovia SP-310, 12 km à direita, lago com *Eichhornia*, *Nymphaea* e *Cyperaceae*, perifíton, col. A.A.J. Castro & C.E.M. Bicudo, 10-III-1989.
66. **SP255728.** Município de Mirassol, rodovia SP-310, km 410,7, charco com *Poaceae*, fundo argiloso, perifíton, col. D.C. Bicudo & C.E.M. Bicudo, 10-IV-1990.
67. **SP255729.** Município de Uchoa, rodovia SP-310, km 410,7, charco com *Poaceae*, fundo argiloso, perifíton, col. D.C. Bicudo & C.E.M. Bicudo, 10-IV-1990.
68. **SP255731.** Município de Tremembé, rodovia SP-12, 2 km antes de Taubaté, lago à direita com *Utricularia*, *Cyperaceae* e *Typha*, perifíton, col. A.A.J. Castro & C.E.M. Bicudo, 24-IV-1990.
69. **SP255733.** Município de Mogi Guacu, fazenda Campininha, ao lado Lago do Jacaré, com *Mayaca*, *Utricularia* e *Eichhornia*, perifíton, col. D.C. Bicudo, 12-V-1990.

70. ***SP255737**. Município de Campos do Jordão, Horto Florestal de Campos do Jordão, açude mais alto, raspagem de parede de concreto do açude, perifíton, col. A.A.J. Castro, D.C. Bicudo & C.E.M. Bicudo, 27-VII-1990.
71. ***SP255739**. Município de Pioneiros, rodovia SP-330, km 393,5, rodovia entre Guará e São Joaquim da Barra, lagoa com Poaceae e Cyperaceae, col. A.A.J. Castro, 02-IX-1990.
72. ***SP255742**. Município de Barra Bonita, rio Tietê, perifíton de *Vallisneria*, col. L.H.Z. Branco, 02-I-1991.
73. **SP255743**. Município de São Paulo, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Lago das Ninfeias, perifíton, col. D.C. Bicudo, T.A.V. Ludwig & D.M. Figueiredo, 18-VII-1991.
74. ***SP255747**. Município de São Paulo, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Lago dos Bugios, perifíton, col. D.C. Bicudo, T.A.V. Ludwig & D.M. Figueiredo, 18-VII-1991.
75. ***SP255751**. Município de São Paulo, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Lago das Garças, com *Eichhornia*, perifíton, col. D.C. Bicudo, T.A.V. Ludwig & D.M. Figueiredo, 18-VII-1991.
76. **SP255765**. Município de El Dorado, Ribeirão das Ostras, 300 m antes da Caverna do Diabo, raspado de pedra, col. C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo, 29-XII-1991.
77. **SP355404**. Município de Cosmorama, rodovia SP-320, km 496, riacho, perifíton com rede, col. C.E.M. Bicudo, D.L. Costa & S.M.M. Faustino, 24-I-2001.
78. **SP355899**. Município de Americana, Represa de Americana, plâncton, col. M.C. Carvalho, 18-X-1995.
79. **SP355956**. Município de Americana, Represa de Americana, plâncton, col. C.T.J. Mercante, 24-I-2003.
80. **SP365640**. Município de Ilha Bela, ilha Vitória, local não especificado, col. C.L. Sant'Anna, 13-III-2001.
81. **SP365641**. Município de Ilha Bela, ilha Vitória, local não especificado, col. C.L. Sant'Anna, 14-III-2001.
82. **SP365676**. Município de Ilha Bela, Praia das Anchoas, local não especificado, col. S.M.P.B. Guimarães, 14-III-2001.
83. ***SP371023**. Município de Descalvado, local não especificado, col. C.E.M. Bicudo & L.L. Morandi, 12-V-2000.
84. **SP371175**. Município de Rifaina, altura da ponte Rifaina-Araxá, rio Grande, repleto de bivalvos e gasterópodos, substrato pedregoso e lodoso, bêntos, col. C.E.M. Bicudo & D.C. Bicudo, 30-V-2000.

85. **SP428323**. Município de Bebedouro, local não especificado, col. T.G. Silva, A.A.H. Vieira & L.A. Joaquim, 15-I-2013.
86. **SP428324**. Município de Barretos, local não especificado, col. I.L. Bagatini, L.P. Tassarolli & L.A. Joaquim, 25-VII-2013.
87. **SP428391**. Município de Cravinhos, Parque Ecologico, fitoplâncton, col. C.C. Mori, A.A.H. Vieira & L.A. Joaquim, 10-I-2013.
88. **SP428486**. Município de Itirapina, Reserva Experimental de Itirapina (charco coberto por *Sphagnum*), col. C.B. Araújo & C.E.M. Bicudo, 22-V-2017.
89. **SP428491**. Município de Itirapina, Reserva Experimental de Itirapina, charco coberto por *Sphagnum*, col. C.B. Araújo & C.E.M. Bicudo, 19-VI-2017.
90. **SP428493**. Município de Itirapina, Reserva Experimental de Itirapina, charco coberto por *Sphagnum*, col. C.B. Araújo & C.E.M. Bicudo, 17-VII-2017.
91. **SP429022**. Município de Itapirina, Reserva Experimental de Itirapina, charco coberto por *Sphagnum*, col. C.B. Araújo & C.E.M. Bicudo, 18-IX-2017.
92. **SP429028**. Município de Itapirina, Reserva Experimental de Itirapina, charco coberto por *Sphagnum*, col. C.B. Araújo & C.E.M. Bicudo, 16-XI-2017.
93. **SP469865**. Município de Descalvado, margem da rodovia vicinal Descalvado-Porto Ferreira, fitoplâncton, col. I.C. Moreira, L.A. Joaquim & T.G. Silva, 12-VII-2012.
94. **SP469881**. Município de Águas da Prata, fazenda Pratinha, Caminho da Fé, fitoplâncton, col. I.C. Moreira, L.A. Joaquim & N.C.P. Archanjo, 11-XII-2012.
95. **SP469907**. Município de Itirapina, Reserva Experimental de Itirapina, charco coberto por *Sphagnum*, col. C.B. Araújo & C.E.M. Bicudo, 18-XII-2017.
96. **SP470039**. Município de São Paulo, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Lago das Ninfeias, col. T.R. Santos & C. Ferragut, II-2014.
97. **SP470043**. São Paulo, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Lago das Ninfeias, col. T.R. Santos, X-2014.
98. ***SP470490**. Município de Angatuba, Lagoa da Barbosa, perifíton, col. T.R. Santos, C. Ferragut & R. Henry, VI-2014.
99. **SP470492**. Município de Angatuba, Lagoa da Barbosa, perifíton, col. T.R. Santos, C. Ferragut & R. Henry, X-2014.

2.2. Coleta, fixação e preservação

A coleta do material foi realizada de acordo com os métodos-padrão internacionais empregados em estudos de taxonomia de algas de águas continentais (Bicudo & Menezes 2017).

As unidades amostrais de material planctônico foram coletadas com auxílio de uma rede confeccionada com tecido de náilon de malha de 20 µm de abertura; e o material perifítico foi amostrado espremendo manualmente plantas submersas ou partes submersas de plantas flutuantes ou, ainda, raspando com lâmina de barbear substratos naturais ou artificiais submersos nos sítios de amostragem ou subaéreos sobre troncos de árvores ou outros substratos duros (pedras e paredes de cimento). Em todos os casos, o material resultante da passagem de rede e da espremedura ou raspagem de substratos foi acondicionado em frasco de vidro com tampa de polietileno de pressão para transporte ao laboratório. Todo material foi fixado imediatamente após a coleta e mantém-se preservado em solução aquosa de formalina a 3-5% (Bicudo & Menezes 2017).

2.3. Exame ao microscópio

O material foi analisado no laboratório com auxílio de um microscópio invertido Leica DMi1 triocular com máquina fotográfica digital acoplada. Foi também utilizado um microscópio binocular de pesquisa Intraco SM com objetiva de imersão Leica.

2.4. Identificação taxonômica

A identificação taxonômica dos materiais foi providenciada sempre que possível em nível infragenérico, isto é, até os níveis espécie, variedade e forma taxonômica examinando as características morfológicas descritivas, métricas, merísticas e, principalmente, as diagnósticas obtidas do exame de populações. A taxonomia foi baseada em trabalhos especializados incluindo as floras, revisões e monografias mais atuais disponíveis.

2.5. Material da literatura

Todo material constante na literatura especializada do Estado de São Paulo foi avaliado, mas foram presentemente considerados apenas os que permitiram re-identificação. De acordo com este critério, foram avaliadas as identificações que incluíram descrição (pelo menos de suas características diagnósticas), medidas e/ou ilustração.

Em muitos casos, os nomes constantes na literatura estavam desatualizados porque os espécimes foram transferidos para outros gêneros, os nomes exigiram uma nova combinação nomenclatural ou porque foram considerados sinônimos heterotípicos (taxonômicos) de outros táxons. Em todos os casos, os nomes estão presentemente citados da forma exata em que foram encontrados na literatura consultada, porém, sucedidos pela nomenclatura atualizada em concordância com os trabalhos filogenéticos e revisões taxonômicas recentes. Foram também

mencionados o autor e o ano de publicação dos trabalhos para onde tais materiais foram transferidos, bem como a razão que impossibilitou sua re-identificação.

2.6. Descrição, medidas, ilustração e classificação

2.6.1. Descrição

A descrição das espécies, variedades e formas taxonômicas atualmente identificadas foram baseadas, sempre que possível, em dados obtidos durante este estudo. Para cada espécie, variedade ou forma taxonômica foi fornecida a seguinte informação: (1) referência bibliográfica da obra ‘*princeps*’, isto é, de onde a combinação nomenclatural foi providenciada; (2) basionímo caso existente; (3) descrição mais detalhada possível do material examinado incluindo medidas e ilustração; (4) referência(s) bibliográfica(s) à ocorrência do material no Estado de São Paulo; (5) lista do material atualmente analisado; e (6) discussão envolvendo questões taxonômicas e nomenclaturais e comparação com outros materiais morfologicamente afim. Foram, finalmente, providenciadas chaves artificiais dicotômicas para a identificação dos gêneros e das categorias infragenéricas estudadas.

2.6.2. Medidas e ilustração

As ilustrações são figuras de traço e fotomicrografias e visaram demonstrar, quando necessário, a variação intra e interpopulacional obtida do material examinado. Todo material foi representado pela sua vista taxonômica vegetativa. As figuras de traço foram compiladas da literatura e as fotomicrografias foram obtidas com câmera digital acoplada ao sistema óptico do microscópio e as medidas do comprimento e da largura das células pelo programa “MB ruler” com régua calibrada. Na maioria dos casos, as medidas foram apresentadas pelos seus limites máximo e mínimo separados por um hífen (-). Quando as medidas foram obtidas de um único indivíduo aparecem antecedidas pela palavra “cerca” (abreviada “ca.”). Os limites máximo e/ou mínimo considerados extremos discrepantes (“outliers”) constaram entre parênteses antecedendo ou sucedendo as medidas mínima e máxima ora obtidas.

As ilustrações mais representativas foram distribuídas em pranchas seguindo a ordem de citação dos táxons no texto. Ilustrações de material de literatura cujos materiais não foram observados durante este trabalho foram reproduzidas a partir do trabalho original de sua citação e devidamente especificadas quanto à sua origem.

A descrição dos materiais identificados foi realizada da forma mais completa e padronizada possível, de modo a incluir todas as características diacríticas, métricas, merísticas e diagnósticas

de sua fase vegetativa. Contemplou-se, sempre que possível, a variação dessas características em nível populacional.

É a seguinte a relação das características acima mencionadas:

- forma da célula;
- comprimento e largura máximos da célula;
- características dos cloroplastídios (número, morfologia e presença/ausência de pirenoide);
- características dos grãos de amido (número, morfologia e disposição no plastídio); e ...
- morfologia e posição do núcleo, quando possível.

Além da descrição preparada abordando os itens acima, também foram incluídas as seguintes informações para cada espécie, variedade e forma taxonômica identificada:

- referência bibliográfica completa da obra que contém a descrição original da espécie, variedade ou forma taxonômica (obra ‘princeps’);
- basionímo, quando existente, seguido da referência bibliográfica completa da obra em que foi citado;
- descrição morfológica completa baseada em literatura clássica e recente seguindo o padrão acima mencionado;
- distribuição geográfica no Estado de São Paulo incluindo a obtida da literatura consultada e a resultante das unidades amostrais examinadas;
- comentários incluindo observações sobre critérios e autores adotados na identificação de cada material e outras observações pertinentes; e ...
- ilustrações a traço da literatura e fotomicrografias obtidas do material examinado.

As espécies aparecem descritas no texto na ordem alfabética crescente em cada classe taxonômica para sua mais pronta localização, as variedades dentro de suas respectivas espécies e as formas taxonômicas dentro de suas respectivas variedades, também sempre na ordem alfabética crescente.

2.6.3. Classificação

O sistema de classificação das algas continua sendo motivo de muita discussão entre os especialistas. É matéria em ininterrupto processo de reformulação derivada dos contínuos avanços da tecnologia e dos achados à medida que são desenvolvidos.

Para este estudo, optou-se por utilizar o sistema de classificação em Bicudo & Menezes (2017) baseado em van den Hoek *et al.* (1995).

2.7. Chaves para identificação taxonômica

Ao longo do texto foram providenciadas chaves para permitir a identificação das espécies, variedades e formas taxonômicas dos gêneros que apresentaram dois ou mais táxons incorporados a este trabalho.

2.8. Organização da tese

A tese está organizada em uma parte geral, que compreende introdução, objetivos, material e métodos, considerações finais e recomendações e três partes especializadas que incluem os resultados apresentados. As três últimas partes constam como capítulos a serem formatados de acordo com as revistas às quais pretendemos submeter para publicação. Os capítulos são os seguintes: (1) Chlorophyceae '*sensu stricto*' filamentosas do Estado de São Paulo, (2) Ulvophyceae filamentosas do Estado de São Paulo e (3) Trebouxioephyceae (Chlorophyta) e Klebsormidiophyceae (Charophyta) filamentosas do Estado de São Paulo.

Resultados e discussão

1. Relação dos gêneros estudados

Abaixo, a relação e o enquadramento taxonômico dos gêneros atualmente inventariados para o Estado de São Paulo.

Divisão Chlorophyta Reichenbach

Subdivisão Chlorophytina Cavalier-Smith

Classe Chlorophyceae Wille

Ordem Sphaeropleales Luerssen

Família Microsporaceae Bohlin

Gênero *Microspora* Thuret, *nom. cons.*

M. abbreviata (Rabenhorst) Lagerheim

M. floccosa (Vaucher) Thuret

M. lauterbornii Schmidle

M. pachyderma (Wille) Lagerheim

M. quadrata Hazen

M. stagnorum (Kützing) Lagerheim

Família Sphaeropleaceae Kützing

Gênero *Radiofilum* Schmidle

R. conjunctivum Schmidle

Ordem Chaetophorales Wille

Família Aphanochaetaceae Oltmanns

Gênero *Gonatoblaste* Huber

G. rostrata Huber

Família Chaetophoraceae Greville

Gênero *Protoderma* Kützing

P. viride Kützing

Gênero *Stigeoclonium* Kützing

S. amoenum Kützing

S. farctum Berthold

S. fasciculare Kützing

S. helveticum Vischer

S. lubricum (Dillwyn) Kützing

S. subsecundum (Kützing) Kützing

Stigeoclonium sp.

Gênero *Chaetophora* Schrank

C. attenuata Hazen

C. elegans (Roth) C. Agardh

C. pisiformis (Roth) C. Agardh

Gênero *Draparnaldia* Bory de St. Vincent

D. mutabilis (Roth) Bory de St. Vincent

Gênero *Hormotila* Borzi

H. blennista Trainor & Hilton

Gênero *Gongrosira* Kützing, *nom. cons.*

G. papuasica (Borzi) Tupa

Família Schizomeridaceae G.M. Smith

Gênero *Schizomeris* Kützing

S. leibleinii Kützing

Família Uronemataceae Caisová, Reyes, Álamo, Quintana, Surek & Melkonian

Gênero *Uronema* Lagerheim

U. confervicolum Lagerheim var. *africana* (Borge) Printz

U. elongatum Hodgetts

Classe Ulvophyceae Mattox & Stewart

Ordem Trentepohliales Chadeaud ex Thompson & Wujek

Família Trentepohliaceae Hansgirg

Gênero *Physolinum* Printz

P. monilia (De Wildemann) Printz

Gênero *Trentepohlia* Martius, *nom. cons.*

T. abietina (Flotow ex Kützing) Hansgirg var. *abietina*

T. abietina (Flotow ex Kützing) Hansgirg var. *tenue* Zeller

T. araucariana Lemes-da-Silva, López-Bautista & Branco

T. arborum (C. Agardh) Hariot

T. aurea (Linnaeus) Martius

T. calamicola (Zeller) De Toni & Levi

T. cf. chapmanii Rindi & López-Bautista

T. depressa (Müller) Hariot

T. diffracta (Krempelhübler) Hariot

T. dusenii Hariot

T. cf. iolithus (Linnaeus) Wallroth

T. peruana (Kützing) Printz

T. rigidula (Muller) Hariot

Trentepohlia sp. 1

Trentepohlia sp. 2

Trentepohlia sp. 3

Gênero *Printzina* Thompson & Wujek

P. effusa (Krempelhübler) Thompson & Wujek

Gênero *Phycopeltis* Millardet

P. amboinensis (Karsten) Printz

P. arundinacea (Montagne) De Toni

P. aff. epiphyton Millardet

P. flabellata Thompson & Wujek

P. pilosa Thompson & Wujek

P. vaga Thompson & Wujek

Phycopeltis sp. 1

Phycopeltis sp. 2

Gênero *Cephaleuros* Kunze ex Fries

C. cf. karstenii Schmidle

Cephaleuros sp.

Ordem Ulotrichales Borzi

Família Ulotrichaceae Kützing

Gênero *Ulothrix* Kützing

U. aequalis Kützing var. *aequalis*

U. subtilissima Rabenhorst

U. tenerrima (Kützing) Kützing

U. tenuissima Kützing

U. zonata (Weber & Mohr) Kützing

Gênero *Ulotrichopsis* Wichmann

U. cylindrica Wichmann

Família Binucleariaceae Škaloud & Leliaert

Gênero *Binuclearia* Wittrock

B. tectorum (Kützing) Berger ex Wichmann

Ordem Cladophorales Haeckel

Família Cladophoraceae Wille

Gênero *Cladophora* Kützing, *nom. cons.*

C. glomerata (Linnaeus) Kützing

Gênero *Rhizoclonium* Kützing, *nom. cons.*

R. hieroglyphicum (C. Agardh) Kützing

Família Pseudocladophoraceae Boedeker & Leliaert

Gênero *Pithophora* Wittrock

P. roettleri (Roth) Wittrock

Ordem Bryopsidales Schaffner

Família Dichotomosiphonaceae G.M. Smith

Gênero *Dichotomosiphon* Ernst

D. tuberosus (A. Braun ex Kützing) Ernst

Classe Trebouxioephyceae Friedl

Ordem Chlorellales Bold & Wynne

Família Chlorellaceae Brunnthaler

Gênero *Geminella* Turpin

G. protogenita (Kützing) G.S. West

Gênero *Gloeotila* Kützing

G. pelagica (Nygaard) Skuja

Ordem Microthamniales Melkonian

Família Microthamniaceae G.S. West

Gênero *Microthamnion* Nägeli

M. kuetzingianum Nägeli ex Kützing

Divisão Charophyta Migula

Classe Klebsormidiophyceae van den Hoek, Mann & Jahns

Ordem Klebsormidiales Stewart & Mattox

Família Klebsormidiaceae Stewart & Mattox

Gênero *Klebsormidium* P.C. Silva, Mattox & Blackwell

K. scopulinum (Hazen) Ettl & Gärtner

2. Referências citadas

- Bicudo, C.E.M.** 2014. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas, 38: Chlorophyceae (Tetrasporales e Siphonocladales). Hoehnea 41(3): 337-343.
- Bicudo, C.E.M. & Bicudo, D.C.** 2014. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas, 36: Chlorophyceae (Chaetophorales). Hoehnea 41(3): 411-422.
- Bicudo, C.E.M. & Bicudo, R.M.T.** 1970. Algas de águas continentais brasileiras: chave ilustrada para identificação de gêneros. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências, São Paulo.
- Bicudo, C.E.M. & Menezes, M.** 2017. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. RiMa Editora, São Carlos. 3ª edição.
- Bicudo, C.E.M. & Pereira, F.C.** 2003. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas, 16: Chlorophyceae (Ulotrichales). Hoehnea 30: 31-37.
- Bicudo, C.E.M. & Santos, C.I.** 2001. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas, 15: Chlorophyceae (Trentepohliales). Hoehnea 28(3): 183-190.
- Bicudo, D.C.** 1984. Algas epifitas (exceto diatomáceas) do Lago das Ninfeias, São Paulo: levantamento e aspectos ecológicos. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro
- Biggs, B.J.F.** 1985. Algae, a blooming nuisance in rivers. Soil & Water 21: 21-31.
- Biggs, B.J.F. & Price, G.M.** 1987. A survey of filamentous algal proliferations in New Zealand rivers. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 21: 175-191.
- Borge, O.** 1918. Die von Dr. A. Löfgren in São Paulo gessammelten Süßwasseralgen. Arkiv för Botanik 15(13): 1-108.
- Branco, C.C.Z., Necchi Jr., O. & Branco, L.H.Z.** 2002. Taxonomy and ecological distribution of Chaetophoraceae (Chaetophorales, Chlorophyta) in lotic ecosystems from São Paulo State, Southeastern Brazil. Algological Studies 106: 43-75.
- Branco, L.H.Z. & Pereira, J.L.** 2002. Evaluation of seasonal dynamics and bioindication potential of macroalgal communities in a polluted tropical stream. Archiv für Hydrobiologie 155: 147-161.
- Cambra, J. & Aboal, M.** 1992. Filamentous green algae of Spain: distribution and ecology. Limnetica 8: 213-220.

- Cambra, J. & Domínguez-Pañella, A.** 1990. Datos para el estudio de las algas filamentosas en arrozales de l'Alt Empordà (Girona, N.E. de Espanya). *Scientia Gerundensis* 16(2): 43-53.
- Carlsson, A.S., van Beilen, J.B., Möller, R. & Clayton, D.** 2007. Micro- and macro-algae: utility for industrial applications. Outputs from the EPOBIO Project September 2007. CPL Press, Newbury.
- Chapman, R.L. & Waters, D.A.** 1992. Epi- and endobiotic chlorophytes. *In*: Reisser, W. (ed.). *Algae and symbioses: plants, animals, fungi, viruses, interactions explored*. Biopress Ltd, Bristol. p. 620-639.
- Dodds, W.K. & Gudder, D.A.** 1992. The ecology of *Cladophora*. *Journal of Phycology* 28: 415-427.
- Falkowski, P.G., Katz, M.E., Knoll, A.H., Quigg, A., Raven, J.A., Schofield, O. & Taylor, F.J.R.** 2004. The evolution of modern eukaryotic phytoplankton. *Science* 305: 354-360.
- FAPESP.** 2008. Contribuições da pesquisa paulista para o conhecimento sobre mudanças climáticas (1992-2008). Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, São Paulo.
- Field, C.B., Behrenfeld, M.J., Randerson, J.T. & Falkowski, P.G.** 1998. Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science* 281: 237-240.
- Gärtner, G.** 1992. Taxonomy of symbiotic eukaryotic algae. *In*: Reisser, W. (ed.). *Algae and symbioses: plants, animals, fungi, viruses, interactions explored*. Biopress Ltd, Bristol. p. 325-338.
- Graham, L.E. & Wilcox, L.W.** 2000. *Algae*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Hillebrand, H.** 1983. Development and dynamics of floating clusters of filamentous algae. *In*: Wetzel, R.G. (ed.). *Periphyton of freshwater systems*. W. Junk Publishers, The Hague. p. 31-39.
- John, D.M.** 1994. Alternation of generations in algae: its complexity, maintenance and evolution. *Biology Reviews* 69: 275-291.
- John, D.M.** 2003. Filamentous and plantlike green algae. *In*: Wehr, J.D. & Sheath, R.G. (eds.). *Freshwater algae of North America: ecology and classification*. Academic Press, San Diego. p. 311-352.
- Joly, C.A., Rodrigues, R.R., Metzger, J.P., Haddad, C.F.B., Verdade, L.M., Oliveira, M.C., & Bolzani, V.S.** 2010. Biodiversity conservation research, training, and policy in São Paulo. *Science* 328: 1358-1359.
- Lemes-da-Silva, N.M., Branco, L.H.Z. & Necchi-Júnior, O.** 2010. Corticolous green algae from tropical forest remnants in the Northwest region of São Paulo State, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 33(2): 215-226.

- Lemes-da-Silva, N.M., Garey, M.V. & Branco, L.H.Z.** 2017. Floristic diversity, richness, and distribution of Trentepohliales (Chlorophyta) in Neotropical ecosystems. *Brazilian Journal of Botany* 40(4): 883-896.
- Margalef, R.** 1983. *Limnología*. Editorial Omega, Barcelona.
- Mattox, K.R. & Stewart, K.D.** 1984. Classification of the green algae: a concept based on comparative cytology. *In*: Irvine, D.E.G. & John, D.M. (eds.). *Systematics of the green algae*. Academic Press, London. p. 29-72.
- Necchi Jr., O., Branco, L.H.Z. & Dip, M.R.** 1994. Uso de macroalgas para avaliação da poluição orgânica no Rio Preto, Noroeste do Estado de São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 66(3): 359-371.
- Necchi Jr., O., Spezamiglio, D.N., Branco, C.C.Z. & Branco, L.H.Z.** 2002. Taxonomy and ecological distribution of the genus *Microspora* (Microsporaceae, Chlorophyta) in lotic ecosystems of São Paulo State, Southeastern Brazil. *Algological Studies* 105: 39-50.
- Padisák, J.** 2004. Phytoplankton. *In*: O'Sullivan, P.E. & Reynolds, C.S. (eds.). *The lakes handbook: limnology and limnetic ecology*, vol. 1. Blackwell Science Ltd., Oxford. p. 251-308.
- Padisák, J., Soróczki-Pintér, É. & Reznér, Z.** 2003. Sinking properties of some phytoplankton shapes and the relation of form resistance to morphological diversity of plankton: an experimental study. *Hydrobiologia* 500: 243-257.
- Parra, O. & C.E.M. Bicudo.** 1996. *Introducción a la biología y sistemática de las algas de aguas continentales: introducción a la biología y sistemática*. Ediciones Universidad de Concepción, Concepción.
- Pereira, J.L. & Branco, L.H.Z.** 2007. Influência do nitrato e fosfato no crescimento de *Schizomeris leibleinii* Kützinger (Chaetophorales, Chlorophyta). *Acta Botanica Brasilica* 21: 155-162.
- Reynolds, C.S.** 2006. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge.
- van den Hoek, C., Mann, D.G. & Jahns, H.M.** 1995. *Algae, an introduction to phycology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Wetzel, R.G.** 1983. *Periphyton of freshwater systems*. *Developments in hydrobiology*, vol. 17. W. Junk Publishers, The Hague.

Capítulo 1

Chlorophyceae ‘*sensu stricto*’ filamentosas do Estado de São Paulo

1. Classe Chlorophyceae ‘*sensu stricto*’

Chlorophyceae ‘*sensu*’ Mattox & Stewart é uma classe morfológicamente bastante diversa das Chlorophyta, pois exhibe organismos desde com células móveis bi- e tetraflageladas e configurações variáveis do aparelho flagelar até formas filamentosas ramificadas (Turmel *et al.* 2008). Seus representantes são habitantes comuns dos ambientes marinho, salobro, água doce e terrestre (Leliaert *et al.* 2012).

Existem três períodos bem distintos na sistemática das Chlorophyta, que são: (1) entre os anos 1913-1925 um tanto confuso; (2) a publicação da obra de Adolf Alois Pascher (“Süßwasserflora ...”) no início do último século, que ocasionou uma mudança significativa na sistemática das Chlorophyta por longo período de tempo, culminando com os arranjos de Bohuslav Fott e Pièrre C. Bourrelly baseados, exclusivamente, na morfologia dos organismos; e (3) o ponto de inflexão introduzido por Stewart & Mattox (1975) ao proporem um sistema para as Chlorophyta baseado na ultraestrutura da célula móvel (tipo de inserção flagelar) e na configuração da mitose durante a telófase. Desde então, o conhecimento da citologia das espécies vem sendo mais e mais conhecido contribuindo, assim, de forma decisiva para o estabelecimento de uma filogenia mais natural dos grandes grupos de algas. A partir de 1990, com o uso de técnicas moleculares e, principalmente, da sequência 18S do rDNA foram obtidas informações altamente significativas que confirmaram, em parte, o ordenamento proposto por Stewart & Mattox (1975), além de permitirem estabelecer uma filogenia que reflete, com maior precisão, as linhas evolutivas das Chlorophyta (Friedl 1997).

Tradicionalmente, as algas verdes foram classificadas de acordo com o conceito morfológico de espécie baseado no nível de organização de seus representantes no estado vegetativo. O raciocínio dessa classificação foi que os flagelados unicelulares são primitivos entre as algas verdes e evoluíram, inicialmente, para as clorófitas cocoides e sarcinoides e, mais tarde, para as formas coloniais, filamentosas, cenocíticas e sifonáceas (Pröschold & Leliaert 2007). Detalhando,

as espécies monadoides (flageladas) foram reunidas na ordem Volvocales, as cocoides na Chlorococcales, as filamentosas nas Ulotrichales e Chaetophorales e as sifonáceas nas Cladophorales e Siphonocladales. Posteriormente, uma nova classificação foi proposta com base em investigações ultraestruturais dos corpos basais do aparelho flagelar e na divisão celular. As espécies que possuem corpos basais orientados no sentido horário (CW) ou diretamente oposto (DO) foram reunidas na classe Chlorophyceae e as espécies com os corpos basais orientados no sentido anti-horário (CCW) nas Ulvophyceae e Trebouxiophyceae (= Pleurastrophyceae) (Pröschold & Leliaert 2007). De acordo com Lewis *et al.* (1992), essas configurações do aparelho flagelar indicam histórias evolutivas.

Análises filogenéticas das sequências SSU e ITS do rDNA codificadas no núcleo ratificaram, basicamente, a classificação alicerçada nas características ultraestruturais. No entanto, a maioria dos gêneros e ordens dessas algas é polifilética e as relações entre muitas das linhagens filogenéticas permanecem obscuras. Tradicionalmente, as abordagens taxonômicas dependem geralmente de caracteres positivos únicos ou mesmo negativos como, por exemplo, a ausência de formação de zoósporos ou pirenoides (Pröschold & Leliaert 2007).

Os cloroplastídios das algas verdes variam muito em tamanho e forma. Existe, mais comumente, um plastídio por célula situado parietalmente e que pode ser discoide, laminar, anelar ou reticulado (van den Hoek *et al.* 1995). Existem, no entanto, exceções como na ordem Prasiolales onde o plastídio é estrelado e situa-se axialmente. Em várias algas subaéreas a clorofila tem a cor verde mascarada pelo vermelho dos pigmentos carotenoides (ex. astaxantina), que aparecem na forma de gotículas no interior da célula. Cada cloroplastídio contém de um a vários pirenoides, nos quais o estroma proteico está envolto por uma bainha de amido. A quantidade de pirenoides tem utilização na taxonomia, mas a ausência deles deve ser vista com cautela porque podem se desenvolver de novo e serem, nem sempre, visíveis ao microscópio óptico. Caracteres taxonomicamente importantes na taxonomia das Chlorophyta estão associados às características ultraestruturais do cloroplastídio e do pirenoide (Wehr *et al.* 2015).

van den Hoek *et al.* (1995) providenciaram uma revisão bastante completa dos artigos publicados até à época detalhando os resultados dos estudos ultraestruturais, moleculares e dos ciclos-de-vida, que levaram a uma completa reavaliação do sistema de classificação das algas e de sua interpretação filogenética.

A maioria das algas verdes não ramificadas foi reunida, em um determinado momento, na ordem Ulotrichales e as ramificadas na Chaetophorales (Bold & Wynne 1985, Melkonian 1990), mas, evidências ultraestruturais e moleculares levaram à reformulação dessas ordens. Assim *Ulothrix*, gênero constituído por organismos filamentosos não ramificados foi transferido para as

Ulvophyceae e uma forma semelhante, *Klebsormidium*, para as Charophyceae. As afinidades dos filamentos não ramificados de *Geminella* e *Microspora* ainda não estão claras, mas os dois gêneros continuam incluídos nas Chlorophyceae ‘*sensu stricto*’, ao que tudo indica por simples questão de conveniência. *Microthamnion*, gênero de espécimes ramificados é atualmente reconhecido como membro das Trebouxiophyceae; e vários filamentos ramificados (como os representantes das Trentepohliales e *Ulvella*) antes considerados Chaetophorales encontram-se, agora, classificados nas Ulvophyceae. *Coleochaete* antes classificado nas Chaetophorales por Bold & Wynne (1985) é reconhecido atualmente como pertencente às Charophyceae. (Graham & Wilcox 2000).

1.1. Ordem Sphaeropleales

As Sphaeropleales constituem um grupo grande das Chlorophyceae e incluem alguns fitoplanctontes habitantes bastante comuns das águas doces como, por exemplo, *Scenedesmus*, *Desmodesmus* e *Pediastrum*, bem como vários picoplanctontes (Fučíková *et al.* (2014).

A ordem inclui algas verdes unicelulares, filamentosas e cenobiais que possuem células móveis com corpos basais diretamente opostos (DO) e reprodução sexuada do tipo isogamia, anisogamia ou oogamia (Wolf *et al.* 2002). A classificação das famílias entre as Sphaeropleales foi reavaliada por Fučíková *et al.* (2014) com base em dados moleculares.

O monofiletismo das Sphaeropleales foi reforçado por características únicas da estrutura secundária do marcador do gene ITS2 do rDNA (Keller *et al.* 2008).

1.1.1. Família Microsporaceae

A família Microsporaceae inclui os gêneros *Microspora* Thuret e *Flintia* Molinary & Guiry.

O gênero *Microspora* também teve sua origem, a exemplo de outras algas filamentosas, no gênero coletivo *Conferva*. Hazen (1902) comentou que a separação desses gêneros foi baseada na forma dos cloroplastídios, tipo de dispersão dos zoósporos e constituição peculiar da parede celular em duas peças.

A posição sistemática da família variou bastante ao longo do tempo. Alguns autores classificaram-na em uma ordem distinta, Microsporales (Bohlin 1901, Heering 1914); e outros na Ulotrichales (Ramanathan 1964, Bourrelly 1972).

Estudos citológicos e de ultraestrutura (Pickett-Heaps 1973, Lockhorst & Star 1999) redefiniram a família Microsporaceae incluindo-a na ordem Sphaeropleales, que reuniu os gêneros *Radiofilum* Schmidle e *Microspora* Thuret (Mattox & Stewart 1984, Lee 1989).

As algas classificadas nesta família são constituídas por filamentos simples não envoltos em mucilagem espessa (*Microspora*). Os filamentos são livres e flutuam, em geral, na massa d’água,

porém, em *Microspora* são tipicamente sésseis quando jovens (Ramanathan 1964). As células vegetativas são cilíndricas ou levemente doliformes (*Microspora*). O núcleo é único e está situado, basicamente, na porção mediana da célula, no vacúolo central (Smith 1955).

A parede celular é constituída por duas peças iguais, cada uma com a forma de “H” em seção óptica longitudinal, as quais se encaixam perfeitamente na região mediana da célula. Durante a divisão celular, a nova peça em “H” é intercalada entre as já existentes da parede da célula-mãe (Smith 1955).

O cloroplastídio é parietal e varia de forma de espécie para espécie e, até mesmo, entre os exemplares de uma mesma espécie. Em *Microspora*, ele está quase sempre coberto por grãos de amido, o que dificulta sua precisa caracterização. Nas células jovens, o cloroplastídio tem forma de lâmina (laminar, placoide) com a superfície irregular ou pode ser uma lâmina perfurada (clatrada) e até quase reticulada. Nas células mais velhas, apresenta-se como pequenos discos conectados entre si, constituindo uma estrutura quase moniliforme ou também pode ter a forma de taça (ciatiforme). *Microspora* não possui pirenoide (Smith 1955, Ramanathan 1964).

A reprodução ocorre por fragmentação ao acaso do filamento ou pela formação de células especializadas (zoósporos, aplanósporos e acinetos). *Microspora* forma zoósporos geralmente biflagelados, mas há menção a quadriflagelados em *M. willeana* Lagerheim. Cada célula pode formar um, dois, quatro, oito ou 16 zoósporos (Smith 1955, Ramanathan 1964).

O gênero *Microspora* encontrar-se amplamente distribuído no mundo. Seus espécimes habitam ambientes lênticos e, mais raro, também os lóticos. Representantes do gênero podem ser encontrados nas comunidades planctônica e epífita. Ramanathan (1964) mencionou uma espécie marinha, *Microspora ficulinae* Dangeard, cujos exemplares vivem simbioticamente no interior de esponjas a ca. 1 m de profundidade.

Informação sobre a ecologia destas algas é ainda bastante escassa. Assim, a título de exemplo, Smith (1955) referiu o início da primavera como o período mais propício para o desenvolvimento dos espécimes de *Microspora*. Cambra & Aboal (1992) registraram a ocorrência de *M. pachyderma* (Wille) Lagerheim e *M. amoena* (Kützinger) Rabenhorst em ambientes de águas ácidas (turfeiras) na Espanha.

Espessamento da parede celular e formação de acinetos foram observados por Evans (1958) em *M. floccosa* (Vaucher) Thuret e *M. stagnorum* (Kützinger) Lagerheim e interpretados como estratégias para sobrevivência durante o período seco.

A posição filogenética das Microsporaceae exige investigação adicional e, possivelmente, maior coleta de material para melhor entender o tipo nomenclatural de *Microspora*, *M. abbreviata* (Rabenhorst) Lagerheim (Fučíková *et al.* 2013).

A família Microsporaceae reúne 31 espécies (28 de *Microspora* e três de *Flintia*), cuja taxonomia está baseada em características morfológicas da fase vegetativa de seu ciclo-de-vida, porém, complementada por informação da fase reprodutiva (Printz 1964).

Os principais caracteres diagnósticos em *Microspora* são: (1) estrutura da parede celular representada pelas peças em “H”, (2) medida da largura das células vegetativas, (3) tipo de cloroplastídio e (4) forma e dimensões das estruturas de reprodução (Ramanathan 1964).

A estrutura da parede das Microsporaceae é semelhante à de *Tribonema* Derbés & Solier, uma Xanthophyceae filamentosa. Necchi (2016) destacou a semelhança morfológica desses dois gêneros e ressaltou que a presença de amido nos plastídios de *Microspora* permite identificá-lo.

Os representantes das Microsporaceae podem ser reconhecidos com relativa facilidade utilizando a bibliografia básica disponível. Entretanto, deve-se cuidar para que a possibilidade de uma observação menos acurada da estrutura da parede celular e do cloroplastídio pode tornar a taxonomia imprecisa.

O conhecimento das Microsporaceae no Brasil está circunscrito a 15 trabalhos, dos quais 12 são florísticos e três de cunho ecológico. No conjunto desses artigos foram citadas 11 espécies de *Microspora*.

A primeira referência à ocorrência de representante de *Microspora* no Brasil foi para São Paulo e consta em Borge (1918), que citou *M. abbreviata* (Rabenhorst) Lagerheim, *M. amoena* (Kützing) Rabenhorst, *M. brevis* Nordstedt, *M. loefgrenii* Nordstedt e *M. stagnorum* (Kützing) Lagerheim.

Os trabalhos taxonômicos de Bicudo (1984), Dias (1985, 1989, 1990, 1991) e Franceschini (1992) constituem a contribuição para o Estado de São Paulo. Foram descritas e ilustradas nesses trabalhos as seis espécies seguintes: *M. abbreviata* (Rabenhorst) Lagerheim, *M. floccosa* (Vaucher) Thuret, *M. pachyderma* (Wille) Lagerheim, *M. palustris* Wichmann, *M. tumidula* Hazen e *M. willeana* Lagerheim.

As únicas informações ecológicas disponíveis sobre membros da família no Brasil encontram-se em Necchi *et al.* (1994a, 1994b), Necchi *et al.* (1995) e Necchi *et al.* (2002). *Microspora floccosa* (Vaucher) Thuret e *M. cf. quadrata* Hazen foram citadas nos dois primeiros trabalhos acima citados realizados com material da bacia do rio Preto, no Estado de São Paulo. Necchi *et al.* (2002) também relacionaram *M. stagnorum*. Os três trabalhos tratam a relação das espécies acima com alguns dados abióticos levantados nas estações de coleta, além da sazonalidade e da associação das espécies com outras algas.

Microspora Thuret, *nom. cons.*, Annales des Sciences Naturelles: sér. 3, Bot. 14: 222. 1850 *non* *Microspora* Hassall, Annals and Magazine of Natural History 11: 363. 1843 (*nom. rejic.*).

Espécie-tipo: *Microspora floccosa* (Vaucher) Thuret, Annales des Sciences Naturelles: sér. 3, Bot. 14: 222. 1850.

Microspora é o único gênero da família Microsporaceae e inclui espécimes filamentosos simples habitantes, mormente, de sistemas límnicos e semilóticos, mas também de água corrente (lótico). O filamento é sésil quando jovem e flutuante quando adulto. As células são cilíndricas ou têm a forma aproximada de barril (doliforme), com a parede celular quase homogênea em algumas espécies, mas na maioria composta por duas peças bem evidentes em forma de “H” que se sobrepõem na parte média da célula. Essas peças são pouco distintas em algumas espécies, enquanto em outras são fortemente espessadas. Tais peças em “H” são vistas com muita facilidade em filamentos mais velhos, onde as células geralmente desarticulam em duas peças e, particularmente, quando o protoplasma se transforma em zoósporos e aplanósporos. Cada peça em “H” consiste em dois cilindros em forma de copo (poculiforme) que possuem uma base comum representada pelo septo transversal do filamento. É até bastante espessa na base e mais delgada na extremidade. A parede da peça em “H” consiste basicamente de celulose, mas também contém certa quantidade de substâncias amiloides e pectina (Ramanathan 1964).

As peças em “H” são simples e homogêneas na maioria das espécies e não apresentam lamelas. Em certas espécies, quando adequadamente tratadas com agentes que provocam intumescimento, elas aparecem lameladas, as lamelas visíveis tanto ao longo das paredes longitudinais quanto dos septos transversais. Em determinadas condições ambientais, a região do septo transversal das peças em “H” aparece impregnada por sais de ferro (Ramanathan 1964).

Os filamentos são solitários, crescem livre-flutuantes e podem formar massas até visíveis a olho nu. A agitação do ambiente provoca a quebra dos filamentos até em vários pedaços, a ruptura sempre ocorrendo na porção mediana da célula por conta da menor resistência da parede celular nesse local. Resulta daí que cada célula ficará com metade da parede rompida. O cloroplastídio é único por célula, situa-se parietalmente, tem a forma de placa inteiriça (laminar) que reveste toda a periferia interna da célula, mas também pode ser irregularmente perfurado (clatrado) e até reticulado. Não existe pirenoide.

O nome *Microspora* Thuret 1850 foi conservado apesar de ser mais recente, em detrimento do mais antigo *Microspora* Hassal 1843.

O gênero inclui, atualmente, ao redor de 20 espécies amplamente distribuídas no globo terrestre. Exceto *M. ficulinae*, que vive simbioticamente no interior de esponjas marinhas, todas as demais espécies são dulcícolas de vida livre, podendo ser encontradas em águas paradas de

pântanos e alagados, semiparadas de reservatórios ou em água corrente. Ocorrem, de preferência, nas partes mais frias do ano, porém não no inverno, mas no fim do outono e início da primavera. Ramanathan (1964) contém chave artificial para a identificação taxonômica e descrição de 19 espécies do gênero; e Novis *et al.* (2004) incluíram chave, também artificial, para identificar as oito espécies que ocorrem na Nova Zelândia.

O trabalho de Sophia *et al.* (2005) baseado em material do Parque Florestal Estadual do Turvo, no Estado do Rio Grande do Sul, permite identificar duas espécies do gênero coletadas de ambientes de água parada ou quase; e o de Necchi *et al.* (2002) possibilita reconhecer três espécies de *Microspora* de ecossistemas lóticos do Estado de São Paulo.

É interessante destacar o potencial de *Microspora* na biorremediação de águas contaminadas por chumbo e níquel (Axtell *et al.* 2003); e na bioabsorção de metais pesados, sendo o gênero dominante na drenagem ácida de minas de carvão no Estado de Santa Catarina (Freitas *et al.* 2011).

As seis espécies que ocorrem no Estado de São Paulo podem ser identificadas como segue:

1. Parede celular delgada.

2. Filamentos levemente constrictos ao nível dos septos *M. lauterbornii*

2. Filamentos não constrictos ao nível dos septos.

3. Cloroplastídio revestindo totalmente o interior da parede celular *M. abbreviata*

3. Cloroplastídio revestindo parcialmente o interior da parede celular.

4. Parede celular geralmente adornada *M. stagnorum*

4. Parede celular não adornada *M. quadrata*

1. Parede celular espessa.

5. Células 22-24 µm compr., 10-10,1 µm larg. *M. floccosa*

5. Células 7,7-14,8 µm compr., 8,4-12,8 µm larg. *M. pachyderma*

Microspora abbreviata (Rabenhorst) Lagerheim, Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 5: 417. 1887.

Basiônimo: *Conferva abbreviata* Rabenhorst, Flora Europaea Algarum. 323. 1868.

Fig. 1-3

Filamentos solitários, fixos pela bainha por uma das extremidades, não constrictos na altura dos septos, células quadradas a retangulares, 5,4-8 µm compr., 5,3-6,1 µm larg., parede celular delgada, peças em “H” indistintas, cloroplastídio parietal, reticulado ou perfurado, revestindo internamente toda a parede celular.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de Pirassununga (Borge 1918: como ?*M. abbreviata*). **Município de São Paulo** (Borge 1918: como ?*M. abbreviata*, Bicudo 1996).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Segundo Ramanathan (1964), *M. abbreviata* (Rabenhorst) Lagerheim é uma espécie problemática, pois inúmeros documentos sobre ela não correspondem ao espécime original de seu basônimo, *Conferva abbreviata* Rabenhorst, na coleção de exsicatas “Die Algen Sachsens” compilada por Rabenhorst, nem à sua descrição em Rabenhorst (1868). Acrescente-se que Hazen (1902) listou-a entre as espécies consideradas duvidosas.

De acordo com a monografia de Ramanathan (1964), a espécie assemelha-se a *M. quadrata* Hazen e *M. stagnorum* (Kützing) Lagerheim, mas difere da primeira por apresentar a relação celular comprimento-largura menor e da segunda pelo tipo de plastídio, que na presente espécie reveste internamente toda a parede celular. Os materiais analisados por Bicudo (1996) coincidiram metricamente com o de *M. abbreviata* estudado por Ramanathan (1964) e Printz (1964), mas divergiram por possuírem a parede celular mais delgada, embora certa variação desta característica tenha sido observada por Ramanathan (1964).

Borge (1918) foi o primeiro a documentar a presença da espécie no Brasil através de sua simples citação, o que impossibilitou sua re-identificação. Assim, a primeira referência efetiva da ocorrência da espécie no Brasil é de Bicudo (1996), a partir de material coletado no Lago das Ninfas, como epífita de *Vallisneria spiralis* Linnaeus.

M. floccosa (Vaucher) Thuret, Annales des Sciences Naturelles: sér. 3, Bot. 14: 222, pl. 17, fig. 4-7. 1850.

Basônimo: *Prolifera floccosa* Vaucher, Histoire des conferves d’eau douce. 131, pl. 14, fig. 3. 1803.

Fig. 4-5

Filamentos longos, raro constrictos ao nível dos septos, células cilíndricas, 1,2-1,8 vezes mais longas que largas, 22-24 µm compr., 10-10,1 µm larg., parede celular pouco espessa, peças em “H” dificilmente visíveis nas células intactas, observadas muito raro nas extremidades dos filamentos com grande aumento do microscópio, cloroplastídio laminar, em forma de “C”, não preenchendo internamente todo o diâmetro da célula.

Distribuição geográfica no Estado de São Paulo

Em literatura: **Municípios de São José do Rio Preto e Votuporanga** (Necchi *et al.* 1995, 1997). **Município de Ubatuba** (Necchi *et al.* 2002). Municípios não identificados (Mata Atlântica) (Branco & Necchi 1996a, 1996b).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Microspora floccosa (Vaucher) Thuret forma, comumente, densas massas flutuantes em ambientes de águas paradas ou quase como, por exemplo, na zona litorânea de reservatórios. Morfologicamente, lembra *M. pachyderma*, da qual difere apenas no maior comprimento de suas células.

M. lauterbornii Schmidle, Hedwigia 34: 69, pl. 1, fig. 4-6. 1895 (como ‘*lauterborni*').

Fig. 6

Filamentos levemente constrictos ao nível dos septos, às vezes torcidos em hélice, células aproximadamente tão longas quanto largas, 9,4-14,3 µm compr., 9,4-12,3 µm larg., parede celular delgada a pouco espessa, peças em “H” bastante evidentes, cloroplastídio laminar, preenchendo internamente todo comprimento da célula, pirenoide ausente.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: nada consta.

Material examinado: **Município de Bauru** (SP130790).

Comentários

Microspora lauterbornii Schmidle difere de *M. pachyderma* (Wille) Lagerheim somente por suas células serem tão longas quanto largas. A literatura também refere o fato de *M. lauterbornii* apresentar os filamentos comumente torcidos em oposição aos filamentos retos de *M. pachyderma*. O material de *M. lauterbornii* ora examinado não mostrou filamentos torcidos, restando apenas o tipo de cloroplastídio como diferença entre as duas espécies e a maior espessura da parede celular em *M. pachyderma*. Esta é a primeira citação da ocorrência da espécie no Estado de São Paulo.

M. pachyderma (Montagne) Lagerheim, Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 5: 415. 1887.

Basiônimo: *Conferva pachyderma* Montagne, Histoire naturelle des Îles Canaries 3(2): 184. 1849.

Fig. 7-8

Filamentos levemente constrictos ao nível dos septos, às vezes torcidos em hélice, células aproximadamente tão longas quanto largas, 7,7-14,8 µm compr., 8,4-12,8 µm larg., parede celular

moderada a bastante espessa, peças em “H” bastante evidentes, cloroplastídio laminar, perfurado, preenchendo internamente todo comprimento da célula, pirenoide ausente.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: nada consta.

Material examinado: Município de Águas de Santa Bárbara (SP239243). Município de Queluz (SP164018).

Comentários

A diferença entre *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim e *M. lauterbornii* é bastante sutil. A literatura menciona que os filamentos de *M. pachyderma* são retos e os de *M. lauterbornii* frequentemente torcidos, contudo, em todo material de *M. lauterbornii* presentemente examinado jamais foram vistos filamentos torcidos e a diferença entre os representantes das duas espécies ficou na maior espessura da parede celular de *M. pachyderma* e no tipo de cloroplastídio laminar inteiriço de *M. lauterbornii* e laminar perfurado de *M. pachyderma*. É a primeira citação da ocorrência da espécie no Estado de São Paulo.

M. quadrata Hazen, Memoirs of the Torrey Botanical Club 11: 178, pl. 24, fig. 14-15. 1902.

Fig. 9-10

Filamentos não constrictos ao nível dos septos, células cilíndricas curtas ou quase quadradas, 6,5-7(-9,5) µm compr., 7,5-9,5(-12,9) µm larg., parede celular delgada, peças em “H” pouco evidentes, cloroplastídio laminar, envolvendo parcialmente todo interior da parede celular, pirenoide ausente.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Municípios de Estrela d'Oeste, Ilha Solteira, Jales, São José do Rio Preto e Votuporanga (Necchi *et al.* 1994a, 1994b: como *M. aff. quadrata*, Necchi *et al.* 1995, 1997: como *M. stagnorum*, Necchi *et al.* 2002: como *M. quadrata*).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Esta espécie pode ser morfológicamente confundida com *M. stagnorum*, da qual difere na parede celular lisa, não ornamentada.

M. stagnorum (Kützinger) Lagerheim, Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 5: 417. 1887.

Basiônimo: *Conferva tenerrima* Kützinger f. *stagnorum* Kützinger, Algarum aquae dulcis germanicarum. 4. 1833.

Fig. 11-12

Filamentos retos, longos, não ou levemente constrictos ao nível dos septos, células cilíndricas ou elípticas, polos arredondados, (8-)10-13(-15) μm compr., 8,9-9,5(-11) μm larg., relação celular comprimento-largura (0,9-)1,1-1,7(-1,9), parede celular 0,5-1(-2) μm espess., peças em “H” mais claramente discerníveis nas células terminais dos filamentos, septos geralmente com espessamento em forma de anel avermelhado a escurecido, cloroplastídio laminar, geralmente cobrindo internamente a maior parte da parede celular.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Municípios de **Apiáí** e **Ipauçu** (Necchi *et al.* 2002). **Município de Pirassununga** (Borge 1918). **Município de São Paulo** (Borge 1918, Necchi *et al.* 1997, 2000: como *M. tumidula*).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Esta espécie pode ser morfológicamente confundida com *M. quadrata*, da qual difere pela parede celular ornamentada.

1.1.2. Família Sphaeropleaceae

A família Sphaeropleaceae reúne algas unicelulares e filamentosas que exibem: (1) septos intercelulares incompletos (organização cenocítica), (2) células móveis com os corpos basais do sistema flagelar diretamente opostos e (3) reprodução sexuada anisogâmica ou oogâmica (Wolf *et al.* 2002).

Dependendo do autor, as Sphaeropleaceae foram incluídas nas classes Ulvophyceae e Chlorophyceae e nas ordens Siphonocladales, Ulotrichales, Cladophorales e, mais recentemente, em uma ordem independente, a Sphaeropleales (Wolf *et al.* 2002).

Radiofilum Schmidle, Flora 78: 47. 1894.

Espécie-tipo: *Radiofilum conjunctivum* Schmidle, Flora 78: 47, pl. 7, fig. 4-5. 1894.

Os espécimes de *Radiofilum* são filamentosos simples envoltos por uma bainha de mucilagem mais ou menos copiosa, que apresenta estrias radiais quando corada, por exemplo, com solução aquosa a 5% de azul de metileno. As células são esféricas, elipsoidais e até lenticulares e estão dispostas, nos dois últimos casos, com seu eixo maior perpendicular ao eixo maior do filamento. A parede celular é constituída por duas metades que se encaixam na região equatorial da célula. A linha formada pela junção dessas duas metades nem sempre é de fácil visualização, mas em *R. conjunctivum* Schmidle aparece como uma projeção anelar razoavelmente notável. As células são

uninucleadas. Há um cloroplastídio apenas por célula de forma laminar e situação parietal, que ocupa mais ou menos a metade da extensão da célula. Pirenoide pode ou não ocorrer (Bicudo & Menezes 2017). A reprodução assexuada ocorre pela fragmentação ao acaso do filamento ou pela formação de células especializadas (zoósporos, aplanósporos e acinetos). Em *Radiofilum*, a formação de zoósporos foi documentada por alguns autores, mas ainda é considerada duvidosa pela grande maioria deles (Smith 1955, Ramanathan 1964).

Radiofilum é um gênero amplamente distribuído em nível global. Habita a água doce de ambientes lênticos e, embora mais raro, também dos lóticos. É encontrado nas comunidades planctônica e epífita.

A taxonomia das espécies do gênero está baseada em estruturas morfológicas da vida vegetativa, sendo os principais caracteres diagnósticos a forma da célula vegetativa e o arranjo do talo na bainha de mucilagem (Printz 1964, Ramanathan 1964).

Radiofilum é um gênero tradicionalmente bastante heterogêneo, cuja circunscrição encontra-se hoje um tanto confusa e somente algumas espécies foram revisadas quanto à taxonomia e formavam parte, até há pouco, da família Microsporaceae. Algumas espécies, entretanto, como *R. flavescens* G.S. West, devem ser xantofíceas ou crisofíceas por apresentarem cloroplastídios verde-amarelados e não possuírem pirenoide. Outras espécies foram inicialmente classificadas entre as *Geminella*, de cujo gênero foram retiradas por não possuírem parede celular homogênea, pois os *Radiofilum* a têm formada por duas peças encaixadas equatorialmente. A visualização dessas duas peças nem sempre é fácil, o que levou alguns autores a discutirem a situação sistemática de *R. flavescens* e *R. transversale* (Brébisson) Christensen. Novis *et al.* (2010) transferiram *R. transversale* e *R. irregulare* (Wille) Brunnthaler para o gênero *Parallela*, juntando a última espécie com *Parallela transversale* (Brébisson) Novis *et al.* com base em análises de sequências de proteínas do cloroplastídio. Os referidos autores demonstraram também que *R. conjunctivum* Schmidle pode ser transferida tanto para a classe Trebouxiophyceae quanto para a Ulvophyceae (Novis *et al.* 2010).

Há duas referências a espécies de *Radiofilum* na literatura do Brasil: *R. irregulare* e *R. conjunctivum*. A primeira espécie consta em Bicudo & Bicudo (1969) e decorreu do estudo de material coletado na Lagoa das Prateleiras, uma lagoa de esfagno situada no Parque Nacional do Itatiaia, Estado do Rio de Janeiro. A referência inclui descrição e ilustração. Esta espécie foi, entretanto, transferida para o gênero *Flintia*, sob a combinação *F. transversalis* (Brébisson) Molinari & Guiry. A referência a *R. conjunctivum* aparece em Bicudo & Bicudo (1970) e dela consta apenas a ilustração de material coletado no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga.

Apenas uma espécie identificada.

R. conjunctivum Schmidle, Flora 78: 47, pl. 7, fig. 4-5. 1894.

Fig. 13

Filamentos simples, curtos, envoltos em bainha abundante de mucilagem, raro ramificados, ramificações falsas (pseudo ramos), células esféricas, aproximadamente lenticulares ou até quase losangulares, 3,4-3,6 µm compr., 6,5-7,2 µm larg., parede celular formada por 2 metades em forma de taça rasa (ciatiformes) que se encaixam na região mediana da célula, cloroplastídio 1, parietal, situado adjacente aos septos transversais, pirenoide 1.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Paulo (Bicudo & Bicudo 1970).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

O material do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga ilustrado em Bicudo & Bicudo (1970: fig. 182) apresentou as células esféricas com a parede bivalva típica de *R. conjunctivum* com o qual, aliás, foi identificado na legenda da ilustração. Tal material não foi, contudo, incluído no herbário do Instituto de Pesquisas Ambientais.

1.2. Ordem Chaetophorales

Os representantes da ordem Chaetophorales constituem um dos grupos de clorofíceas que possuem talo filamentoso. Estas algas são cosmopolitas, exibem ampla gama de variação morfológica e são encontradas em vários ambientes de água doce, subaéreo e terrestre (Poinar & Brown 2019). São algas filamentosas com talo heterótrico, isto é, formado por uma parte ereta e outra prostrada de onde saem as ramificações (Caisova & Melkonian 2018).

As Chaetophorales têm, junto com as Oedogoniophyceae, a organização mais complexa alcançada pelas algas verdes. Elas possuem plasmodesmos, uma característica de verdadeira multicelulariedade. O nível de organização das Chaetophorales é, sob vários aspectos, paralelo ao alcançado pelas Coleochaetales das Charophyceae (Lee 2008).

Os filamentos dos representantes desta ordem são ramificados e formados por células uninucleadas que contêm um único cloroplastídio parietal. No passado, postulou-se que estes organismos fossem os precursores das plantas superiores por mostrarem os filamentos diferenciados em dois sistemas distintos. Uma evolução progressiva de *Stigeoclonium* e *Chaetophora* para *Draparnaldia* e *Fritschiella*, respectivamente, ilustra a crescente diferenciação comparável à de uma planta terrestre primitiva. Mas, a mitose destas algas ocorre pela produção de ficoplastos e não podem, por isso, estar em linha direta com as plantas superiores (Lee 2008).

As Chaetophorales foram, como outras algas filamentosas, inicialmente identificadas como *Conferva* Linnaeus. As primeiras referências a seus representantes constam em Agardh (1824) e Kützing (1843, 1849), que identificaram como *Conferva* todas as clorófitas filamentosas ramificadas ou não, que possuíam um cloroplastídio parietal por célula.

Conforme John (1984), a taxonomia de gêneros e categorias infragenéricas dos representantes das Chaetophorales está baseada em características morfológicas da fase vegetativa de seu ciclo-de-vida e não nas reprodutivas, no que as diferem dos demais grupos de algas verdes devido aos processos reprodutivos serem pouco especializados na ordem e exibirem variação de pequena monta nas espécies até hoje investigadas. O referido autor afirmou também que os critérios morfológicos hoje utilizados para delimitar famílias, gêneros e espécies na ordem são muito variáveis.

A formação de filamentos longos semelhantes a cabelos em Chaetophorales parece estar ligada à depleção de nutrientes no ambiente (Francke 1982).

1.2.1. Família Aphanochaetaceae

Pertencem a esta família os gêneros de Chaetophorales que possuem pelos unicelulares simples, às vezes com a base bulbosa, porém, sempre desprovidos de bainha de mucilagem. É, sem dúvida, um grupo extremamente artificial. Conforme Bourrelly (1972), a característica que reúne os representantes da família é, por um lado, de observação extremamente fácil ao microscópio óptico, mas, por outro agrupa gêneros cuja reprodução sexuada pode ser isógama ou anisógama ao lado de outros em que é oógama. Estudos moleculares deverão ser providenciados para definir a melhor composição genérica desta família (Bicudo & Bicudo 2014).

Gonatoblaste Huber, Annales des Sciences Natureles: sér. 7, Bot. 16: 311. 1892 (1893).

Espécie-tipo: *Gonatoblaste rostrata* Huber, Annales des Sciences Naturelles: sér. 7, Bot. 16: 311, pl. 9, fig. 8-16. 1892 (1893).

Os filamentos de *Gonatoblaste* são unisseriados, pouco ramificados e crescem epífitas sobre a face dorsal de folhas flutuantes de fanerógamas aquáticas ou sobre filamentos de várias algas como, por exemplo, os de *Zygnema*. Os indivíduos de *Gonatoblaste* estão sempre envoltos em mucilagem resultante da gelatinização da parede das células da planta hospedeira. As células de *Gonatoblaste* são mais ou menos globosas, em geral um pouco alongadas, possuem um cloroplastídio que reveste internamente toda a parede celular e um, dois ou vários pirenoides. Algumas células do filamento possuem um pelo hialino, longo, de base bulbosa, que aparece

frequentemente decumbente sobre o próprio filamento da alga. O septo que separa a célula do pelo aparece tardiamente na ontogênese de *Gonatoblaste*.

Apenas uma espécie identificada:

G. rostrata Huber, Annales des Sciences Naturelles: sér. 7, Bot. 16: 311, pl. 9, fig. 8-16. 1892 (1893).

Fig. 14

Filamentos prostrados, unisseriados, pouco ramificados, envoltos por mucilagem, células elípticas a sub-retangulares, 8-20 µm compr., 9,6-11 µm larg., ca. 8,1 µm alt., cloroplastídio 1, parietal, revestindo internamente a maior parte da célula, pirenoide 1, pelo 1 em algumas células, hialino, longo, ereto, levemente bulboso na base.

Hábitat: epífita.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Paulo (Bicudo 1996, Bicudo & Bicudo 2014).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

O primeiro documento sobre *G. rostrata* está em Huber (1892) derivado de um espécime ainda jovem que utilizou para descrever originalmente e propor a espécie. Bicudo (1996) foi, ao que tudo indica, o segundo documento mundial da existência dessa espécie, também através de exemplares ainda jovens coletados na cidade de São Paulo, vivendo sobre folhas modificadas em pelos de *Salvinia herzogii* de La Sota.

Alguns autores não consideram independente o gênero *Gonatoblaste* e sua única espécie *G. rostrata*, mas juntaram esta espécie às de *Aphanochaete* desaparecendo, conseqüentemente, o gênero. Neste caso, o nome a prevalecer para esta espécie seria *Aphanochaete repens* A. Braun. Para os que consideram *Gonatoblaste* um gênero independente, sua diferença de *Aphanochaete* está na presença de mucilagem e no tipo de base dos pelos, isto é, *Gonatoblaste* tem mucilagem envolvente e pelo com base bulbosa. Preferimos manter os dois gêneros independentes até que estudos provem o contrário.

Os trabalhos de Bicudo (1996) e Bicudo & Bicudo (2014) contêm descrição detalhada e ilustração que permitiram identificar a espécie a partir de material coletado no Lago das Ninfeias situado no Parque Estadual das Fontes de Ipiranga, região sul do Município de São Paulo.

1.2.2. Família Chaetophoraceae

Os representantes desta família são tipicamente aquáticos, exceto *Frittschiella* que ocorre em solo úmido (Sharma 2011). Estas algas adaptaram-se a ambientes lênticos e lóticos, onde crescem como epífitas, epilíticas ou epizoicas (John 1984).

A classificação das algas incluídas nesta família ainda é matéria de bastante controvérsia, com opiniões divergentes sobre quais características morfológicas devem ser empregadas em sua classificação (John 1984).

As Chaetophoraceae constituem uma família artificial que reúne 66 gêneros e ao redor de 183 espécies (Guiry & Guiry 2023). A maioria desses gêneros é constituída por formas filamentosas ramificadas, cujas células são uninucleadas, os plastídios possuem um ou mais pirenídes e os zoósporos (micro e macrozoósporos) possuem dois ou quatro flagelos iguais. Em alguns gêneros, as células estão reunidas formando pacotes cúbicos ou sarcinoides, que lembram os representantes das Chlorosarcinaceae. A diferença está em que as Chaetophoraceae podem formar filamentos curtos e ramificados em cultivo, típicos dos representantes da família. Em várias Chaetophoraceae, os ramos atenuam no sentido da extremidade assumindo a aparência de pelos pluricelulares, jamais unicelulares. A reprodução assexuada é comum nos representantes da família e ocorre pela fragmentação do talo ou pela formação de zoósporos, aplanósporos e acinetos (Hazen 1902). A reprodução sexuada é dos tipos isogamia e anisogamia e ocorre na maioria dos gêneros pela fusão de isogametas bi- ou tetraflagelados (*Chaetophora*) ou de ambos os tipos (*Stigeoclonium*) (Bicudo & Bicudo 2014, Bicudo & Menezes 2017).

A porção ereta do talo não apresenta bom desenvolvimento depois de isolada da porção prostrada, pelo menos em *Stigeoclonium* (Lee 1989, Sharma 2011). Os zoósporos são tetraflagelados na maioria dos gêneros (*Chaetophora* e *Stigeoclonium*), biflagelados em outros (*Cloniophora*) e bi- ou tetraflagelados ainda em outros (*Draparnaldiopsis* e *Frittschiella*) (John 1984).

A família reúne algas que possuem células vegetativas cilíndricas, uninucleadas, que formam filamentos simples (*Uronema*) ou ramificados (*Stigeoclonium*) (John 1984). As células podem ser todas iguais, mas, algumas são especializadas como estruturas de suporte ou terminais e outras como estruturas reprodutivas. O cloroplastídio é laminar, reveste internamente mais ou menos toda a parede celular e possui, em geral, muitos pirenídes.

A estrutura do talo é heterótrica, ou seja, possui um sistema de filamentos eretos e outro prostrado. Ocorrem nos indivíduos que compõem a família diferentes graus de desenvolvimento desses sistemas, desde os mais simples em *Draparnaldia* até os altamente polimórficos em *Stigeoclonium* (Smith 1955, John 1984).

O cloroplastídio é único em cada célula, ocupa situação parietal e tem a forma usual de lâmina. Os pirenoides estão presentes nas células vegetativas, mas podem não ocorrer na fase móvel (reprodutiva). Stewart & Mattox (1975) consideraram bastante uniformes citologicamente os gêneros que compõem a família, em especial no que diz respeito à estrutura do pirenoide, em geral, bastante variada nas algas verdes (John 1984).

Alguns gêneros apresentam a extremidade dos filamentos atenuada em uma estrutura celular incolor alongada chamada seta ou pelo que aumenta a área da alga destinada à absorção de nutrientes em contacto com o ambiente (Gibson 1986, Gibson & Whitton 1987).

A identificação taxonômica das algas desta família está baseada em características morfológicas da vida vegetativa, uma vez que os processos reprodutivos não apresentam maior especialização como sucede, por exemplo, com as Oedogoniophyceae e Zygnematophyceae. Além disso, tais processos são pouco ou nada conhecidos em vários representantes da família (John 1984).

A estrutura do talo é, de longe, a principal característica diagnóstica para separar gêneros em Chaetophoraceae. Para espécie, variedade e forma taxonômica o processo de identificação é complementado por dados métricos das células e, só raramente, por informação da vida reprodutiva (Printz 1964, Starmach 1972). A condição heterótrica é comum aos membros das Chaetophoraceae, embora diferentes graus de seu desenvolvimento possam ser observados nos sistemas ereto e prostrado de alguns de seus representantes. A morfologia das ramificações da porção ereta é comumente utilizada na taxonomia dos representantes da família e a influência do meio sobre o sistema de ramos é conhecida apenas em alguns gêneros como em *Draparnaldia* e *Stigeoclonium* (John 1984).

Seis gêneros foram identificados habitando o Estado de São Paulo, os quais podem ser separados da seguinte maneira:

1. Planta inteiramente prostrada *Protoderma*
1. Planta com parte prostrada e parte ereta.
 2. Filamentos prostrados formados por células bastante maiores
que as dos filamentos eretos *Draparnaldia*
 2. Filamentos prostrados e eretos formados por células de iguais tamanhos.
 3. Porção prostrada do talo almofadada, ramos eretos
constituídos por 4-6 células *Grongosira*
 3. Porção prostrada do talo não almofadada, ramos eretos constituídos
por maior número de células.

- 4. Talo não envolto em copiosa mucilagem *Stigeoclonium*
- 4. Talo envolto em copiosa mucilagem ou células situadas nas extremidades de tubos de mucilagem.
- 5. Talo envolto em copiosa mucilagem *Chaetophora*
- 5. Células situadas nas extremidades de tubos de mucilagem concentricamente extratificada *Hormotila*

Protoderma Kützing, Phycologia generalis. 295. 1843.

Espécie-tipo: *Protoderma viride* Kützing, Phycologia generalis. 295. 1843.

Planta epífita formada por filamentos unisseriados coalescidos lateralmente que vão constituir um talo discoide, monostromático, pseudoparenquimatoso, cujos ápices dos filamentos são livres. A porção central do disco é formada por células poligonais, das quais irradiam filamentos ramificados, livres, decumbentes, compostos por células cilíndricas. Esta porção pode ser mais ou menos desenvolvida e, no último caso, o talo se apresenta como filamentos irregularmente distribuídos, mais ou menos radiais, porém, jamais coalescidos para formar um disco. Cada célula possui um cloroplastídio laminar, parietal, que reveste internamente quase toda a parede celular, exceto a extremidade distal. Pirenoide pode ou não existir.

Quando a porção central do disco está ausente é difícil separar os espécimes de *Protoderma* dos de *Epibolium*. O tipo de plastídio identifica, entretanto, os representantes dos dois gêneros, pois o de *Epibolium* também é laminar e parietal, mas não circunda completamente a célula.

Protoderma viride é a espécie atualmente mais conhecida das águas doces. O gênero inclui, todavia, mais duas ou três espécies pouco referidas na literatura mundial. Espécimes de *P. viride* podem ser observados sobre rochas e pedaços de madeira submersos em rios, sempre misturados com exemplares de *Cladophora* e *Rhizoclonium*. Printz (1964) incluiu chave artificial, descrição e ilustração de quatro espécies de *Protoderma* [*P. beesleyi* (Fritsch) Printz, *P. cohaerens* (Wittrock) Printz, *P. frequens* (Butcher) Printz e *P. viride* Kützing]. Para Brasil foi registrada a ocorrência somente de *P. viride* de material coletado no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Município de São Paulo. A espécie pode ser identificada utilizando Bicudo & Bicudo (2014).

Uma espécie apenas foi identificada.

P. viride Kützing, Phycologia generalis. 295. 1843.

Fig. 15

Talo mais ou menos discoide, filamentos unisseriados, simples, irregularmente irradiando de um centro comum, às vezes envoltos em mucilagem, porção central do talo não diferenciada,

células aproximadamente cilíndricas, ápice dos filamentos mais ou menos acentuadamente cônico, 6-9 µm compr., 3-3,5 µm larg. Hábitat: epífita.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Paulo (Bicudo & Bicudo 2014, Ferragut *et al.* 2005).

Material examinado: somente material de literatura.

Comentários

As duas notícias da presença de *Protoderma viride* Kützinger no Estado de São Paulo não puderam ser revistas, pois Vercellino (2001) divulgou a ocorrência de espécimes sobre lâminas de vidro colocadas para um experimento no Lago das Garças, mas não ilustrou nem preservou o material examinado; e o exemplar ilustrado em Ferragut *et al.* (2005) não mostrou o talo discoide típico dos representantes deste gênero (Bicudo & Bicudo 2014).

Stigeoclonium Kützinger, *nom. cons.*, Phycologia generalis. 253. 1843. *Myxonema* Fries, *nom. rejic.*, Systema orbis vegetabilis. Primas líneas novae constructionis... 1: Plantae homonemeae. 343. 1825.

Espécie-tipo: *S. tenue* (C. Agardh) Kützinger, Phycologia generalis. 253. 1843.

Basiônimo: *Draparnaldia tenuis* C. Agardh, Algarum decas tertia. 40. 1814.

Fries (1825) propôs o nome genérico *Myxonema* para designar organismos com talo ramificado ou não. Kützinger (1843) estabeleceu o gênero *Stigeoclonium* a partir de cinco espécies originalmente descritas sob os nomes genéricos *Conferva* e *Draparnaldia*. Após vários arranjos taxonômicos efetuados por Kützinger (1847, 1849, 1853), foram incluídas 28 espécies de *Stigeoclonium* (Islam 1963, Cox & Bold 1966). O nome *Stigeoclonium* Kützinger 1843 foi conservado (*nomem conservadum*) em detrimento de *Myxonema* Fries 1825 *nomen rejiciendum*.

Stigeoclonium inclui as algas verdes filamentosas, unisseriadas, de talo heterótrico bastante ramificado, cujos sistemas prostrado e ereto podem apresentar diferentes graus de desenvolvimento e, às vezes, um ou o outro pode dominar (Islam 1963). Os filamentos da parte prostrada e os eretos são formados, quando jovens, por células cilíndricas, subcilíndricas e até quase poligonais, levemente constrictas ao nível dos septos transversais. Quando adultas, as células tornam-se mais globosas. Não há diferença substancial de tamanho, em geral, entre as células que constituem os filamentos prostrados e os eretos. A parte final dos filamentos eretos termina de modo gradual em alguns casos, formando um pelo multicelular hialino que pode ser até bastante longo. O cloroplastídio é único em cada célula, ocupa posição parietal e tem forma laminar, lobada, lacerada ou com as margens fimbriadas; e possui um até vários pirenoides. Rizoides formam-se das células basais ou dos ramos eretos e podem ser ramificados (Bicudo & Menezes 2017).

De acordo com Simons & van Beem (1987), a reprodução sexuada e o ciclo-de-vida de *Stigeoclonium* foram descritos por Juller (1937) para *S. subspinosum* Kützing e por Godward (1942) a partir de material cultivado de *S. amoenum* Kützing. Segundo Juller (1937), o ciclo-de-vida de *S. subspinosum* é diplobiôntico. Em condições de cultivo em ágar, as células dos filamentos eretos transformam-se em uma estrutura palmeloide, que produz muitos gametas biflagelados. Após fusão dos gametas formam-se zigotos de parede fina, a partir dos quais é produzida uma grande quantidade de plantas anãs diploides. Através de meiose, as plantas anãs produzem zoósporos tetraflagelados que vão restaurar o hábito filamentoso usual de *Stigeoclonium*. De acordo com Godward (1942), no entanto, o ciclo-de-vida de *S. amoenum* é haplôntico, ou seja, as células dos filamentos eretos produzem gametas tetraflagelados que se fundem para formar o zigoto que se transforma, em seguida, em um zigósporo de parede espessa. Após um período de repouso, o zigósporo produz quatro zoósporos por meiose, que se desenvolverão em novas plantas filamentosas.

Stigeoclonium mostra certa preferência por rios com correnteza moderada a rápida e água limpa ou enriquecida por nutrientes. O gênero é de ocorrência comum e pode dominar o perifíton (Biggs & Kilroy 2000). Acredita-se que o alcance ecológico de uma espécie de *Stigeoclonium* seja determinado por uma combinação de plasticidade morfológica e diferenciação genética ou ecotípica (Francke 1982).

Há duas formas para identificar espécies neste gênero. Uma foi proposta por Islam (1963) em uma monografia realizada em âmbito mundial para o gênero com base parte em material herborizado e parte em material vivo mantido em cultivo. O referido autor considerou critérios importantes para separar espécies a forma e a orientação da parte ereta do talo, apesar de tais características serem bastante variáveis diante de certos fatores ambientais como, por exemplo, luz, temperatura e nutrientes. Islam (1963) colocou maior peso taxonômico no tipo de ápice dos filamentos eretos, embora a formação de pelo esteja sujeita à influência do ambiente se lótico ou lêntico e à concentração de nutrientes na água. Outra forma de separar as espécies de *Stigeoclonium* foi proposta por Cox & Bold (1966), que efetuaram um estudo comparativo entre material da natureza e material mantido em cultivo em laboratório e concluíram que os tributos morfológicos dos ramos prostrados são claramente mais estáveis do que os dos ramos eretos e constituiriam, por isso, uma base mais sólida para delimitar as espécies do gênero. Cox & Bold (1966) comentaram que sua posição se antepunha frontalmente à de Islam (1963) baseada na morfologia do sistema ereto, estrutura esta extremamente dependente de fatores ambientais e, provavelmente, mais do que tudo do tipo de substrato (Bicudo & Menezes 2017).

O gênero inclui 28 espécies conforme Islam (1963) que reconheceu 10 delas como boas, isto é, bem circunscritas, 13 possivelmente boas e cinco duvidosas; 18 de acordo com Cox & Bold (1966); ou 53 segundo Guiry & Guiry (2023). Embora conhecidas do mundo inteiro, as espécies de *Stigeoclonium* são pouco referidas na literatura, desde que seu estudo depende de coletar também o hospedeiro, pois seus representantes e mesmo seus fragmentos jamais ocorrem no plâncton. Para o Brasil e, mais especificamente para o Estado do Rio de Janeiro, foram documentadas as presenças de *S. amoenum* e *S. aff. farctum* que podem ser identificadas usando os trabalhos, respectivamente, de Dias (1985) e Dias & Bicudo (2001). Branco *et al.* (2002) coletaram no Estado de São Paulo plantas de *S. amoenum*, *S. farctum*, *S. fasciculare*, *S. helveticum*, *S. lubricum* e *S. subsecundum* e ofereceram chave para identificação e descrição de todas. Peres (2011) disponibilizou chave artificial, descrição e ilustração de *S. amoenum* identificado de material dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, de *S. lubricum* do Estado de Santa Catarina e de *S. fasciculare* do Estado do Rio Grande do Sul.

Chave para identificação dos *Stigeoclonium* que ocorrem no Estado de São Paulo:

1. Sistema basal bem desenvolvido.
 2. Sistema basal formado por filamentos prostrados *S. lubricum*
 2. Sistema basal constituído por uma estrutura discoide pseudoparenquimatosa *S. farctum*
1. Sistema basal pouco desenvolvido.
 3. Sistema prostrado composto só por rizoides.
 4. Sistema ereto com eixo principal composto por células iguais em forma e tamanho; ramos laterais fasciculados na região próxima do ápice *S. fasciculare*
 4. Sistema ereto com eixo principal diferenciado em dois tipos distintos de células, longas e curtas; ramos laterais não fasciculados *S. amoenum*
 3. Sistema prostrado composto por filamentos ramificados e rizoides.
 5. Sistema ereto composto por filamentos esparsamente ramificados *S. subsecundum*
 5. Sistema ereto bem desenvolvido e ramificado.
 6. Células do eixo principal e das ramificações semelhantes em forma e tamanho *S. helveticum*
 6. Ramos secundários curtos, talo jovem com células cilíndricas, subcilíndricas a subpoligonais, levemente constrictas na região

dos septos transversais *Stigeoclonium* sp.

S. amoenum Kützing, Phycologia germanica. 240. 1843.

Fig. 16-17

Sistema prostrado composto por massa profusa de rizoides, sistema ereto bem desenvolvido, células do eixo principal diferenciadas em dois tipos distintos, longas e curtas, as últimas normalmente formadoras de ramos laterais primários, 8,5-67,5 µm compr., 6,3-25,3 µm larg., relação comprimento-largura celular 0,8-5,2, células curtas cilíndricas a quadráticas, às vezes levemente infladas, 8,5-24,5 µm compr., 6,9-14,8 µm larg., relação comprimento-largura celular 0,8-2,6, células longas cilíndricas, adjacentes às células curtas, 11,4-52,8 µm compr., 6,3-17,4 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,2-5,2, áreas de ramos formados por 2-3 células curtas em sequência, ramificações alternas ou opostas, frequentemente com 2 ramificações a partir de uma mesma célula curta, ramos laterais formados por células cilíndricas, 6,8-53,8 µm compr., 3,9-14 µm larg., relação comprimento-largura celular 0,8-6,2, ápice dos ramos principais acuminado, pelos ocasionais, cloroplastídios parietais, forma de banda mediana nas células da região central, laminar nas células da região periférica da planta, revestindo internamente quase toda a parede celular, células do eixo principal formam filamentos multisseriados durante a produção dos zoósporos.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Municípios de Apiaí, Mirassol, Paraibuna, São José do Rio Preto e Ubatuba (Branco *et al.* 2002).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Esta espécie pode ser morfológicamente confundida com *S. fasciculare* Kützing, da qual difere por apresentar o sistema ereto constituído por dois tipos de células: longas e curtas. Também, por possuir os ramos laterais não fasciculados.

Stigeoclonium amoenum mostra as seguintes características diagnósticas: (1) um sistema basal formado por uma massa profusa de rizoides oriundos da base ou, raramente, da região mediana dos filamentos eretos, (2) os filamentos eretos possuem dois tipos distintos de células, curtas e longas, mas só as primeiras comumente apresentam ramos laterais e (3) regiões ramificadas frequentemente compostas por uma fileira de células curtas.

S. farctum Berthold, Verhandlungen der Kaiserlichen Leopoldinisch-Carolinischen Deutschen Akademie der Naturforscher 40: 201, pl. 16, fig. 1-5. 1878.

Fig. 18

Sistema basal bem desenvolvido, 0,3-0,5 cm compr., formando estrutura pseudoparenquimatosa semelhante a disco, composta de células globosas ou cilíndricas, 10-20 µm compr., 6-8 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,2-2,7, sistema ereto menos desenvolvido que o prostrado, filamentos eretos pouco ramificados, eixo principal semelhante em forma e tamanho, cilíndrico, 28-40 µm compr., 6-10 µm larg., relação comprimento-largura celular 3-5,7, ramos laterais alternados, opostos ou dicotômicos, ápice do eixo principal acuminado, raro pelos multicelulares, cloroplastídeo uma banda mediana nas células do eixo principal, laminado nas regiões periféricas, cobrindo internamente a maior parte da parede celular, produção de zoósporos nos filamentos multisseriados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de Pereiras (Branco *et al.* 2002).

Material examinado: somente material de literatura.

Comentários

Stigeoclonium farctum Berthold é típico por conta das seguintes características diagnósticas: (1) as plantas formam um sistema basal bem desenvolvido que envolve, tipicamente, uma estrutura pseudoparenquimatosa discoide, que o diferencia de *S. lubricum* (Dillwyn) Kützinger; (2) presença de um sistema ereto menos desenvolvido do que o prostrado; e (3) as células do eixo principal são semelhantes quanto à forma e ao tamanho.

S. fasciculare Kützinger, Botanische Zeitung 5: 177. 1847.

Fig. 19

Sistema prostrado composto por rizoides que partem de profusa massa de células mais ou menos esféricas, sistema ereto bastante desenvolvido, ramificado, ramificações primárias opostas ou alternas, às vezes formando fascículos no eixo principal, ramos secundários opostos ou alternos, muito próximos uns dos outros, formando fascículos próximos das regiões apicais, células do eixo principal cilíndricas, iguais em toda extensão dos ramos, 15-37,9 µm compr., 16,2-22,1 µm larg., relação comprimento-largura celular 0,8-2,2, células dos ramos cilíndricas a levemente infladas, 8,1-24,3 µm compr., 6-16,8 µm larg., relação comprimento-largura celular 0,9-2, ápice dos ramos primários e secundários acuminado, cloroplastídios parietais, laminares nas células da região central e da região periférica da planta, recobrindo internamente toda a parede celular, células do eixo principal, dos ramos laterais e das regiões basais formando filamentos multisseriados durante a produção de zoósporos.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Luiz do Paraitinga (Branco *et al.* 2002).

Material examinado: somente material de literatura.

Comentários:

Stigeoclonium fasciculare Kützing pode ser morfológicamente confundido com *S. amoenum* Kützing, porém, difere por apresentar o eixo principal do sistema ereto constituído por células iguais na forma e no tamanho, além dos ramos laterais fasciculados.

As características diagnósticas dessa espécie são (1) sistema prostrado composto por rizoides que partem de uma profusa massa de células; (2) sistema ereto bastante desenvolvido, ramificado; (3) ramos secundários opostos ou alternos, muito próximos uns dos outros; e (4) células do eixo principal cilíndricas, iguais em toda extensão dos ramos.

S. helveticum Vischer, Beihefte zum Botanischen, a: Morphologie und Physiologie der Pflanzen 51: 56, fig. 13-22. 1933.

Fig. 20

Sistema basal composto por rizoides oriundos da base dos filamentos eretos ou, menos comum, da região mediana da planta, 0,9-7 cm compr., sistema ereto bem desenvolvido, ramificado, células do eixo principal cilíndricas, semelhantes em toda a planta na forma e no tamanho, 20,5-67,5 µm compr., 8,2-15,9(-19) µm larg., relação comprimento-largura celular 1,5-4,9, ramos alternos, dicotômicos ou, menos frequente, 2 ramos surgindo de uma única célula, células das ramificações cilíndricas, 12,5-27,5(-30) µm compr., 5-10(-11) µm larg., relação comprimento-largura celular 1,6-3,7, ápice dos ramos primários acuminado, geralmente formando pelos, cloroplastídio com forma de banda mediana nas células do eixo principal, laminar nas regiões periféricas, cobrindo internamente a maior parte da parede celular, produção de zoósporos nos filamentos multisseriados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Municípios de Américo de Campos, Dirce Reis, Fernandópolis, Marília, Neves Paulista, Ocaçu, Orindiúva, Oscar Bressane, Potirendaba e Teodoro Sampaio (Branco *et al.* 2002). **Municípios de Fernandópolis, Ilha Solteira e Jales** (Necchi *et al.* 1997). **Município de Mirassol** (Necchi & Moreira 1995). **Município de São José do Rio Preto** (Necchi *et al.* 1994a, 1994b, Necchi *et al.* 1997). **Município de Votuporanga** (Necchi *et al.* 1997). **Município não determinado** (Mata Atlântica) (Branco & Necchi 1996a, 1996b).

Material examinado: Município de Rancharia (SP114513). **Município de Descalvado** (SP371023).

Comentários

Stigeoclonium helveticum Vischer é típico graças às seguintes características diagnósticas: (1) planta com sistema basal formado por rizoides originados da base dos filamentos eretos ou, mais raro, de células da região mediana da planta; (2) sistema ereto bem desenvolvido e ramificado; (3) células do eixo principal e das ramificações semelhantes em forma e tamanho; e (4) ápice dos ramos primários acuminados, geralmente formando um pelo.

S. lubricum (Dillwyn) Kützinger, *Phycologia germanica*. 198. 1845.

Basiônimo: *Conferva lubrica* Dillwyn, *British Confervae, or colored figures and descriptions of the British plants referred by botanists to the genus Conferva*. 8, pl. 57. 1806.

Sinônimos: *Myxonema lubricum* Dillwyn, *Stigeoclonium tenue* (C. Agardh) Kützinger var. *lubricum* (Dillwyn) Rabenhorst, *Myxonema lubricum* Dillwyn var. *varians* Hazen e *Stigeoclonium lubricum* (Dillwyn) Rabenhorst var. *varians* (Hazen) Collins.

Fig. 21-22

Sistema basal formado por filamentos prostrados não ramificados e rizoides, células basais globosas, 4,5-9,9 µm compr., 3,8-7,3 µm larg., relação comprimento-largura celular 0,9-1,7, sistema ereto bem desenvolvido, células do eixo principal de 2 tipos, longas e curtas, células longas 5,2-29,5 µm compr., 6,5-10,9 µm larg., relação comprimento-largura celular 0,5-3,6, células curtas cilíndricas a quadradas, 5,2-15,6 µm compr., 6,5-10,9 µm larg., relação comprimento-largura celular 0,5-1,9, células longas cilíndricas, adjacentes às curtas, 10,7-24,6 µm compr., 7-10,1 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,2-2,9, ramificações alternas ou opostas, dicotômicas, frequentemente com 2 ramificações a partir da mesma célula curta, raro formando uma sequência de 2-3 células curtas com ramificações sucessivas, ramos laterais compostos por células cilíndricas, 6,3-17,8 µm compr., 5,1-7,8 µm larg., relação comprimento-largura celular 1-3,5, ápice dos ramos principais levemente acuminado, raro formando pelos multicelulares, cloroplastídios parietais, forma de banda mediana nas células da região central da planta, laminar nas células da região periférica, recobrando internamente quase toda parede celular, células do eixo principal formando filamentos multisseriados durante a produção de zoósporos.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Municípios de Cerqueira Cesar, Ipauçu, São José do Rio Preto, Teodoro Sampaio e Turiúba (Branco *et al.* 2002). Município de São Paulo (Islam 1963).

Material examinado: somente material de literatura.

Comentários

Stigeoclonium lubricum (Dillwyn) Kützinger é uma espécie típica por apresentar o seguinte: (1) sistema basal composto por filamentos prostrados não ramificados e rizoides; (2) células basais

globosas; (3) sistema ereto bem desenvolvido; e (4) células do eixo principal de dois tipos, longas e curtas.

A espécie é conhecida no Brasil através de sua variedade *S. lubricum* var. *varians* (Hanzen) Collins amostrada de riachos na Serra do Mar, Estado do Rio Grande do Sul. Essa variedade é considerada, atualmente, sinônimo da variedade-tipo da espécie.

S. subsecundum (Kützinger) Kützinger, *Phycologia generalis*. 253. 1843.

Basiônimo: *Conferva subsecunda* Kützinger. Segundo o GBIF, Global Biodiversity Information Facility, não há informação sobre o local de publicação do binômio.

Fig. 23-24

Sistema basal composto por filamentos prostrados, ramificados e rizoides, 0,8-2,5 cm compr., células basais cilíndricas, 20-30 µm compr., 8-10 µm larg., relação comprimento-largura celular 2-3, sistema ereto composto por filamentos esparsamente ramificados, células do eixo principal semelhantes em forma e tamanho, cilíndricas, 45-75 µm compr., 8-12,5 µm larg., relação comprimento-largura celular 4,5-7, ramos alternados, dicotômicos, raro 2 ramos originados de uma célula apenas, células dos ramos cilíndricas, 22-37,5 µm compr., 5-10,5 µm larg., relação comprimento-largura celular 3,7-5,5, ápice dos ramos primários acuminado, pelos multicelulares presentes, cloroplastídio na forma de banda mediana nas células do eixo principal, laminar nas regiões periféricas, cobrindo internamente a maior parte da parede celular, produção de zoósporos em filamentos multisseriados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Municípios de Pindamonhangaba e Teodoro Sampaio (Branco *et al.* 2002).

Material examinado: somente material de literatura.

Comentários

As características diagnósticas desta espécie são: (1) plantas com sistema basal constituído por filamentos prostrados ramificados e rizoides; (2) sistema ereto esparsamente ramificado, as células do eixo principal semelhantes em forma e tamanho em toda a planta; e (3) ápice dos ramos primários acuminado, pelos multicelulares presentes.

***Stigeoclonium* sp.**

Fig. 25-26

Sistema de ramos prostrados desde pouco até moderadamente desenvolvido, filamentos principais irregularmente ramificados, ramos secundários curtos, talo jovem com células cilíndricas, subcilíndricas a subpoligonais, levemente constritas na região dos septos transversais,

8,1-15 µm compr., 5,7-12,4 µm larg., talo adulto com células mais ou menos globosas, 10,6-11,7 µm compr., 10,2-11,8 µm larg., pelos raramente presentes, multicelulares, hialinos, às vezes com base intumescida, rizoides ausentes, sistema de ramos eretos irradiando da porção prostrada, 1-3 vezes ramificados dicotomicamente, ápice dos ramos obtuso, acuminado ou afilado em pelo, pelo multicelular, longo, hialino, células cilíndricas a subcilíndricas, levemente constritas ao nível dos septos transversais, 8,2-15,2 µm compr., 5,7-8,5 µm larg., cloroplastídio 1, parietal, laminar, pirenoide 1.

Hábitat: epífita.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Paulo (Bicudo 1996, Bicudo & Bicudo 2014).

Material examinado: somente material de literatura

Comentários

Usando o sistema em Islam (1963), o material em questão aproxima-se de *Stigeoclonium longipilum* Kützing emend. Islam, mas difere, sobretudo, pela ausência de pelos na maioria dos ramos eretos e pela falta de rizoides e matriz mucilagínosa no talo jovem. Utilizando o sistema de Cox & Bold (1966) nada existe que possa ser comparado com o atual material do Lago das Ninfeias.

Bicudo (1996) e Bicudo & Bicudo (2014) afirmaram que apesar de haverem examinado um número bastante grande de indivíduos deste tipo, ainda não estavam convencidos da possibilidade de se tratar de uma espécie nova ou de uma variedade nova de *S. longipilum*. A existência de dois sistemas de classificação tão discrepantes e a ausência atual de trabalhos que reforcem qualquer um dos dois foram as razões determinantes para este posicionamento.

Os exemplares estudados foram encontrados sobre *Hydrocleis nymphoides* (Wildeman) Buchenau, *Utricularia obtusa* Swartz e *Vallisneria spiralis* Linnaeus.

Chaetophora Schrank ex Hazen, Memoirs of the Torrey Botanical Club 11(2): 209. 1902.

Espécie-tipo: *Chaetophora lobata* Schrank, Der Naturforscher (Halle) 19: 126, pl. 7, fig. 2, 3. 1783.

O gênero *Chaetophora* foi proposto por Schrank em 1783 que, entretanto, não designou seu tipo nomenclatural (Hazen 1902). Hazen (1902) validou o gênero ao designar *C. lobata* Schrank seu lectótipo e nele incluiu quatro espécies (*C. attenuata*, *C. elegans*, *C. incrassata* e *C. pisiformis*), três das quais antes classificadas no gênero *Rivularia* Roth e uma (*C. attenuata*) foi proposta como espécie nova. A morfologia dos representantes de *Chaetophora* é muito semelhante à dos de *Stigeoclonium*, exceto pela mucilagem firme que envolve seus filamentos. Em certos casos, essa

mucilagem pode abrigar outros organismos como, por exemplo, a cianobactéria *Calothrix fusca* (Kützinger) Bornet & Flahaut (Margalef 1983).

A taxonomia do gênero está tradicionalmente baseada em características dos filamentos eretos e da matriz mucilaginosa que os envolve e são: (1) tipo e orientação das ramificações, (2) forma e medidas das células vegetativas, (3) presença ou ausência de pelo e (4) textura e formato da mucilagem (Hazen 1902, Prescott 1962, Printz 1964) considerando, entretanto, que essas características são reconhecidamente variáveis conforme os atributos ambientais que lhes causam altos níveis de plasticidade e polimorfismo (Branco *et al.* 2002).

Chaetophora apresenta talos filamentosos envoltos em uma matriz mucilaginosa globosa ou tuberculada, de consistência firme, com a parte de fixação às vezes prostrada, porém, sempre presa a algum substrato. Os filamentos são unisseriados, densamente ramificados e a maior quantidade de ramos situa-se na porção distal do talo. A porção ereta da alga inclui filamentos atenuados em ápice pontiagudo ou em um longo pelo multicelular hialino. O sistema basal é formado por uma massa palmeloide de células aproximadamente isodiamétricas, das quais partem os filamentos eretos. Os rizoides estão presentes a partir das células basais ou dos ramos eretos. Os cloroplastídios variam de um até numerosos por célula, são parietais, laminares e recobrem internamente quase por completo a parede celular das células mais próximas do ápice e apresentam, em geral, poucos pirenoides (Bicudo & Menezes 2017).

A forma globosa tuberculada ou arbustiforme da mucilagem é usada na separação taxonômica de espécies do gênero. O conjunto filamentos-mucilagem é considerado uma colônia por alguns autores e pode estar calcificado, principalmente, na base; e a mucilagem torna-se mais evidente após tratada com solução aquosa a 5% de azul de metileno (Printz 1964, Bold & Wynne 1985).

Branco *et al.* (2002) insistiram em que as características da matriz de mucilagem e do sistema ereto da planta apresentam forte resposta às condições ambientais, que podem lhes causar alto grau de plasticidade e polimorfismo. Mesmo assim, os atuais sistemas de classificação utilizam tais características na taxonomia de espécies, variedades e formas taxonômicas do gênero (Hazen 1902) sendo, entretanto, utilizadas também outras relacionadas com o sistema ereto da planta (Hazen 1902, Printz 1964).

Os representantes de *Chaetophora* vivem epífitas, principalmente, sobre plantas aquáticas de ambientes dulcícolas e possuem ampla distribuição geográfica. Os caracteres morfológicos para separar as espécies do gênero são questionáveis, como já foi amplamente discutido acima, em função de sua mencionada plasticidade.

Caisová *et al.* (2011) apontaram, com base em dados moleculares, que *Chaetophora* é um gênero polifilético e necessita de ampla reavaliação taxonômica. O gênero inclui atualmente oito

espécies. Para o Brasil, os trabalhos de Branco *et al.* (2002) e Peres (2011) permitem reconhecer, por meio de descrição, ilustração e chave de identificação, três espécies coletadas nos estados de São Paulo e Paraná (Bicudo & Menezes 2017).

Chaetophora é conhecida por remover poluentes orgânicos de ambientes aquáticos e já foi demonstrado que o processo de adsorção depende do tempo de contato, da dose do adsorvente, do pH e de sua concentração inicial (El-Jamal & Ncibi 2012).

Chave artificial para identificação das espécies de *Chaetophora*.

1. Sistema basal composto por filamentos prostrados ramificados;
filamentos eretos fasciculados no ápice *C. elegans*
1. Sistema basal não composto por filamentos prostrados ramificados;
filamentos eretos não fasciculados no ápice.
 2. Sistema basal formado por células palmeloides; filamentos eretos
frouxamente ramificados, atenuados no ápice *C. attenuata*
 2. Sistema basal formado apenas por rizoides; filamentos eretos
densamente ramificados, não atenuados no ápice *C. pisiformis*

C. attenuata Hazen, Memoirs of the Torrey Botanical Club 11: 213, pl. 39, fig. 1, 2. 1902.

Fig. 27

Matriz gelatinosa globosa ou tuberculada, consistência firme, 0,2-1 cm diâm., filamentos eretos, bi- ou tricotomicamente ramificados, frouxamente ramificados, não fasciculados no ápice, ramos terminais 12-19(-25) por eixo principal, ápice fortemente atenuado, em geral setáceo, células do sistema ereto cilíndricas, 23,5-67,5 µm compr., 5-8,2 µm larg., relação comprimento-largura celular 4,1-8,6, relação diâmetro basal:diâmetro apical 2-2,6, cloroplastídio banda anelar, parietal, mediano nas células da região central, laminar nas células da região periférica da alga, revestindo internamente quase toda a parede celular, sistema basal formado por uma massa palmeloide de células aproximadamente isodiamétricas, das quais partem os filamentos eretos, rizoides presentes, produzidos pelas células basais ou pelos ramos eretos.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Municípios de Guapiaçu, Ocaçu e Teodoro Sampaio (Branco *et al.* 2002).

Material examinado: somente material de literatura.

Comentários

Esta espécie pode ser morfológicamente confundida com *C. pisiformis* (Roth) C. Agardh, da qual difere por apresentar um sistema basal constituído por células palmeloides e os filamentos eretos frouxamente ramificados.

As características diagnósticas desta espécie são: (1) plantas com o sistema basal formado por uma massa palmeloide de células, das quais partem os rizoides e (2) filamentos eretos com o ápice fortemente atenuado (relação diâmetro basal:diâmetro apical 2-2,6).

C. elegans (Roth) C. Agardh, Dispositio algarum Sueciae, quam publico examini subjiciunt Carl Adolph Agardh...4: 42. 1812.

Basiônimo: *Rivularia elegans* Roth, Neue Beiträge zur Botanik 1: 269. 1802.

Fig. 28

Matriz gelatinosa globosa ou tuberculada, consistência macia, 0,1-0,5 cm diâm., filamentos eretos bi- ou tricotomicamente ramificados, frouxamente ramificados, fasciculados na região próxima à periferia, ramos terminais com ápice arredondado a pontiagudo, raro terminando em pelo multicelular, células do sistema ereto cilíndricas, raro intumescidas, 39,7-116,5 µm compr., 6,2-10,1 µm larg., relação comprimento-largura celular 4,5-13,9, cloroplastídio uma banda parietal mediana nas células da região central, laminar nas células da região periférica da alga, recobrindo internamente quase toda a parede celular, sistema basal formado por filamentos prostrados, ramificados, compostos por células cilíndricas, das quais partem rizoides e ramos eretos, filamentos prostrados raro presentes.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Municípios de Fernandópolis, Ilha Solteira, Pereiro Barreto, São José do Rio Preto e Votuporanga (Necchi & Pascoaloto 1993, Necchi *et al.* 1995, 1997). Município de São José do Rio Preto (Necchi *et al.* 1994b). Municípios de Mirassol e Piedade (Necchi & Moreira 1995). Municípios de Apiaí, Cardoso, Ocaçu, Potirendaba, Redenção da Serra, Ribeirão Branco, Riolândia e São José do Rio Preto (Branco *et al.* 2002). Município não determinado (Mata Atlântica) (Branco & Necchi 1996a, 1996b).

Material examinado: somente material de literatura.

Comentários

As características diagnósticas desta espécie são: (1) plantas com o sistema basal formado por filamentos prostrados e ramificados, dos quais partem os rizoides e filamentos eretos e (2) ramos terminais raro terminando em pelo multicelular.

C. pisiformis (Roth) C. Agardh, Dispositio algarum Sueciae, quam publico examini subjiciunt Carl Adolph Agardh... 3: 43. 1812.

Basiônimo: *Rivularia pisiformis* Roth, Dispositio algarum Sueciae, quam publico examini subjiciunt Carl Adolph Agardh... 1: 272. 1802, *nom. inval.*

Fig. 29

Matriz gelatinosa globosa ou tuberculada, cor verde claro, consistência macia, frequentemente firme, 0,2-1 cm diâm., filamentos eretos bi- ou tricotomicamente ramificados, frouxa a densamente ramificados, não fasciculados na região próxima à periferia, ramos terminais com ápice arredondado, raro terminando em pelo multicelular, células do sistema ereto cilíndricas, raro intumescidas, 13,8-49 µm compr., 7,6-17 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,1-3,4, cloroplastídio uma banda parietal mediana nas células da região central, laminar nas células da região periférica da alga, recobrando internamente quase toda a parede celular, sistema basal formado exclusivamente por rizoides que partem das células basais dos filamentos eretos, mais raro de células da região mediana dos filamentos.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Municípios de Eldorado Paulista, Espírito Santo do Turvo e Lençóis Paulista (Branco *et al.* 2002).

Material examinado: somente material de literatura.

Comentários

Chaetophora pisiformis (Roth) C. Agardh pode ser morfológicamente confundida com *C. attenuata* Hazen, da qual difere por apresentar o sistema basal composto só por rizoides.

As características diagnósticas desta espécie são: (1) plantas com o sistema basal formado exclusivamente por rizoides que partem das células basais dos filamentos eretos e (2) ramos terminais com o ápice arredondado, raro terminando em pelo multicelular.

Draparnaldia Bory de St. Vincent, Annales du Muséum d'Histoire Naturelle 12: 399. 1808.

Espécie-tipo: *Draparnaldia mutabilis* Bory de St. Vincent, Annales du Muséum d'Histoire Naturelle 12: 402, pl. 35, fig. 1b, d. 1808.

Draparnaldia é uma alga macroscópica comum nas águas doces, onde cresce aderida a uma grande variedade de superfícies e pode alcançar até 10 cm de comprimento. Seu talo é constituído por três tipos de células, as do eixo principal, as das ramificações que compõem o sistema ereto e as dos rizoides que constituem o sistema prostrado. Cada célula contém um núcleo, um cloroplastídio parietal e um ou mais pirenoides. Plasmodesmos e ficoplasto também estão presentes (Stewart *et al.* 1973, Caisová 2020).

O gênero *Draparnaldia* foi originalmente proposto por Bory (1808) a partir de algas verdes filamentosas até então identificadas como *Conferva* (*C. mutabilis* Roth), mas passou, mais tarde, por várias mudanças por causa de sua circunscrição original ter sido bastante imprecisa e da reconhecida plasticidade fenotípica exibida pelos seus representantes. Tais incertezas levaram à transferência de vários de seus representantes para outros gêneros (Dias 1997).

Draparnaldia reúne as algas cujo talo heterótrico está quase sempre incluído em mucilagem pouco consistente, porém, copiosa e, por isso, pouco visível ao microscópio, mas que também pode estar ausente. O sistema ereto é ramificado, bem desenvolvido e forma rizoides a partir, usualmente, dos pontos de ramificação (Hazen 1902, Prescott 1962).

A característica diagnóstica destas algas é o eixo principal notadamente diferenciado dos secundários. Entretanto, Carrol & Deason (1969) ressaltaram que esta característica é observada com maior frequência nos espécimes coletados da natureza e que podem aparecer, em cultivo, alterações significativas nesse padrão típico do talo.

Draparnaldia tem seu talo embebido em mucilagem, de modo que esses organismos aparecem a olho nu como bolas macroscópicas devido à mucilagem abundante que os envolve e podem atingir alguns centímetros de diâmetro. Os filamentos são fixos ao substrato por projeções rizoidais. Na base dos filamentos existem, além dos rizoides, alguns filamentos prostrados pouco desenvolvidos, dos quais nasce o eixo principal também unisseriado e prostrado, composto por grandes células com forma de cilindro ou barrilete, dotadas de um cloroplastídio parietal pouco pigmentado, em forma de fita ou retículo que circunda transversalmente o terço mediano interno da célula. Este plastídio possui margem lisa ou franjada e vários pirenoides arranjados em série longitudinal mediana. Do eixo principal partem tufo de ramos secundários alternos, opostos ou verticilados constituídos por células pequenas das quais a terminal é subitamente arredondada ou gradualmente afilada em um longo pelo multicelular. As células dos ramos secundários possuem um cloroplastídio laminar que reveste internamente quase toda a parede celular e apresenta um, dois ou três pirenoides (Bicudo & Menezes 2017).

Espécimes representantes deste gênero são mais encontrados em córregos de região de maior altitude e área bem preservada. São mais comuns e abundantes nas águas mais frias e são, por isso, mais facilmente encontrados nas regiões temperadas durante a primavera e o outono (John 2015). Além do mais, a existência de *Draparnaldia* em uma grande variedade de ambientes e uma extensa área geográfica torna o gênero uma boa ferramenta experimental para buscar uma explicação evolutiva para a ocorrência de plasticidade fenotípica em Chaetophorales (Johnstone 1978). Como a plasticidade fenotípica em *Draparnaldia* foi explicada até agora apenas parcialmente por mudanças químicas do ambiente físico, este também pode desempenhar papel determinante no

polimorfismo do gênero (Johnstone 1978). A resposta fenotípica básica de *Draparnaldia* à variação ambiental resulta da alternância entre a produção de biomassa potencialmente não reprodutiva (eixo principal, rizoides, pelos e bainha extracelular gelatinosa) e as células potencialmente reprodutivas dos ramos laterais, que são pequenas e ricas em clorofila. Assim, o polimorfismo demonstrado por *Draparnaldia* permite que o gênero coloque proporções variadas de energia no desenvolvimento do tecido não reprodutivo ou no potencialmente reprodutivo, dependendo da estabilidade do ambiente em que habita (Johnstone 1978).

O trabalho de Johnstone (1978) apresenta implicações importantes na taxonomia do gênero. Quando coletados direto da natureza, os materiais não puderam ser satisfatoriamente identificados com as espécies e variedades clássicas da literatura. Contudo, em condição de cultivo cada isolado mostrou um padrão de resposta característico às condições físicas alteradas. Isto sugeriu que o polimorfismo genético é uma característica básica em *Draparnaldia* ou, em outras palavras, que os representantes do gênero existem na forma de numerosas raças ecofisiológicas relativamente isoladas, que mostram picos adaptativos nos diferentes ambientes como lagoas, riachos e lagos. Na ausência de informação disponível sobre o grau de isolamento reprodutivo dessas raças, a taxonomia baseada unicamente na morfologia para separar espécies parece difícil de ser justificada. Tal problema está associado à plasticidade fenotípica, desde que também foi demonstrado que os isolados de *Draparnaldia* são morfologicamente plásticos e que qualquer clone pode assumir morfologias distintas dependendo das condições ambientais reinantes.

O gênero inclui atualmente 16 morfoespécies. Dada a enorme plasticidade fenotípica demonstrada pelas espécies do gênero ante às variações ambientais que afetam várias características tradicionalmente usadas na separação de suas espécies, discute-se muito o número real de espécies a serem consideradas em *Draparnaldia*. Em ambientes ricos em nitrogênio, espécimes de *Stigeoclonium* podem exibir feições que lembram as de *Draparnaldia* e podem, portanto, ser confundidos com representantes deste gênero graças ao tipo de ramificação em tufo e às menores dimensões do diâmetro do eixo principal. O fato de *Draparnaldia* exibir considerável plasticidade morfológica em resposta ao ambiente levantou dúvidas quanto à validade das características tradicionalmente utilizadas em sua discriminação de espécies. Assim, por exemplo, em meios mais ricos em nutrientes as características típicas de *Draparnaldia*, especialmente a diferença entre eixos principais e fascículos laterais, desapareceram e as plantas adquiriram hábito semelhante ao de *Stigeoclonium* (van Beem & Simons 1988). Em águas enriquecidas por nutrientes, espécies de *Stigeoclonium* são capazes de exibir o que tem sido referido como características “draparnaldioides” (Simons *et al.* 1986). Mas, é pouco provável que sejam confundidas com *Draparnaldia* porque *Stigeoclonium* jamais forma agrupamentos de ramos

secundários e seus eixos principais são proporcionalmente mais estreitos ($< 30 \mu\text{m}$ diâm.) (John & Rindi 2015).

Prescott (1962), Printz (1964), Starmarch (1972) e Sarma (1986) separaram as espécies de *Draparnaldia* utilizando características dos ramos laterais como: (1) forma e largura dos ramos; (2) presença e ausência de ráquis; (3) dimensões das células e (4) tipo de cloroplastídio. Forest (1956) comentou que todas as espécies que analisou deveriam ser reunidas em uma única: a extremamente variável *D. mutabilis*. van Beem & Simons (1988) estudaram o crescimento e a morfologia de *D. mutabilis* em meio de cultivo e chegaram à mesma conclusão de Forest (1956), isto é, de que o limite entre as diferentes espécies havia sido comumente pouco distinto e que deveriam ser reconhecidas, no máximo, cinco espécies em *Draparnaldia*.

O trabalho de Printz (1964) permite identificar as 16 morfoespécies de *Draparnaldia* atualmente conhecidas. *Draparnaldia glomerata* e *D. mutabilis* são as únicas cuja presença foi registrada, até o momento no Brasil, identificadas de materiais coletados nos estados de Goiás, Rio de Janeiro (Dias 1985, 1997). Tais referências incluem descrição e ilustração dos materiais estudados que permitem identificar cada uma (Bicudo & Menezes 2017).

Branco *et al.* (2002) encontraram apenas uma espécie (*D. mutabilis*) em riachos do Estado de São Paulo. Os critérios taxonômicos que utilizaram foram os mesmos constantes em Forest (1956, 1957) e van Beem & Simons (1988), os quais confirmaram a fragilidade dos critérios tradicionalmente utilizados para definição de espécies e propuseram uma redução drástica no número de espécies. Os estudos desses espécimes mostraram sua alta variabilidade morfológica, ao ponto de não poderem ser considerados representantes de diferentes espécies ou variedades taxonômicas, pois mostraram um ‘*continuum*’ na variação de diversas características morfológicas. Tal informação corrobora as posições de Forest (1956, 1957) e van Beem & Simmons (1988) e sugere que a população que examinaram representaria uma única espécie, *D. mutabilis*.

Draparnaldia reproduz-se assexuadamente em laboratório (Caisová & Jobe 2019). Dessa reprodução, apenas os zoósporos foram estudados com mais detalhes (Caisová & Melkonian 2018). Foi também observado que apenas as células das ramificações do sistema vertical são capazes de produzir zoósporo, um por célula. Este zoósporo tetraflagelado é liberado através de um orifício elipsoidal na parede celular e nada ativamente, após liberação, por duas a três horas e então se fixa a um substrato pelo polo flagelado. Uma vez aderido, os flagelos são retraídos para o corpo do zoósporo dando início à germinação. A germinação é ereta e os sistemas vertical e prostrado são definidos na primeira divisão celular que ocorre paralela ao substrato, ou seja, a célula apical dá origem ao sistema vertical e a basal ao prostrado (rizoides) (Caisová 2020).

Apenas uma espécie coletada.

D. mutabilis (Roth) Bory de St. Vincent, Annales du Muséum d'Histoire Naturelle 12: 405. 1808.

Basiônimo: *Conferva mutabilis* Roth, Catalecta botânica quibus plantae novae et minus cognitae describuntur atque illustrantur 1: 197, pl. 4, fig. 6, pl. 5, fig. 1. 1797.

Sinônimos: *Batrachospermum glomeratum* Vaucher, Histoire des conferves d'eau douce. 114, pl. 12, fig. 1, 4. 1803; *Draparnaldia plumosa* (Vaucher) C. Agardh, Dispositio algarum Sueciae, quam publico examini 41. 1812.

Fig. 30

Talo constituído por filamentos ramificados envoltos por mucilagem diluída, quase fluida, eixo principal formado por células cilíndricas a doliformes, (42-)80-152 µm compr., 44-110 µm larg., relação comprimento-largura celular 0,9-1,5, fascículos laterais quase sempre sem ráquis distinta, ovalados, bi- ou tricotomicamente ramificados, alternados ou opostos, células dos fascículos cilíndricas, 26-50 µm compr., 8-14 µm larg., relação comprimento-largura celular 2,6-4,6, cloroplastídio 1, laminar, bordo fimbriado, formando banda mediana nas células do eixo principal, laminar, cobrindo internamente a maior parte da parede celular nas células dos fascículos, células terminais dos fascículos laterais acuminadas ou arredondado-truncadas, pelos multicelulares ausentes, sistema basal formado por uma massa profusa de rizoides ramificados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Municípios de Apiaí, Iguape e Juquiá (Branco *et al.* 2002). **Municípios não determinados** (Mata Atlântica) (Branco & Necchi 1996a, 1996b: como *D. glomerata*).

Material examinado: somente material de literatura.

Comentários

Segundo Branco *et al.* (2002), autores como Hazen (1902), Prescott (1962), Starmach (1972) e Sarma (1986) preferiram utilizar o ráquis e os fascículos dos ramos laterais como características diagnósticas para as espécies de *Draparnaldia*. Forest (1956) observou, entretanto, grande variação nas características diagnósticas apontadas por Hazen (1902) e, não raro, uma única planta apresentar mais de um tipo de fascículos laterais podendo, conseqüentemente, representar mais de uma espécie. Forest (1956) concluiu que a maioria dos espécimes que examinou representou a espécie amplamente variável *D. mutabilis*.

van Beem & Simons (1988) descreveram a morfologia de algumas linhagens de *D. mutabilis* submetidas a diferentes condições de cultivo e da natureza, concordando com Forest (1956) quanto à existência de grande sobreposição nos limites de espécies diferentes. Em meios mais ricos em nutrientes desapareceram as características típicas de *Draparnaldia*, especialmente a diferença

entre os eixos principal e os laterais e as plantas adquiriram, conseqüentemente, hábito semelhante ao de *Stigeoclonium*, apresentando evidências de que na Holanda ocorreria apenas uma espécie bastante polimórfica de *Draparnaldia*.

Dias (1997) examinou algumas populações tropicais de *Draparnaldia* coletadas no Estado do Rio de Janeiro e não encontrou limites evidentes na morfologia dos fascículos e identificou todos os materiais que estudou com *D. mutabilis*.

Hormotila Borzi, Studi algologici 19: 99, pl. 8-9. 1883.

Espécie-tipo: *Hormotila mucigena* Borzi, Studi algologici 19: 99, pl. 8-9. 1883.

Indivíduos sempre coloniais e de vida fixa a um substrato. As colônias são formadas por uma porção central maciça, da qual irradiam tubos de mucilagem mais ou menos longos que portam uma célula na extremidade e, muitas vezes, uma ou mais intermediárias. As células são esféricas ou elipsoidais e situam-se, em geral, na extremidade das projeções de mucilagem concentricamente estratificada. O cloroplastídio é único por célula e pode ser maciço ou estrelado. Ocorre sempre um ou dois pirenoides de localização aproximadamente central no plastídio.

A semelhança desta alga com estádios do ciclo-de-vida de *Schizochlamys* e de certos dinoflagelados faz com que se duvide de sua real existência. Os representantes de *Hormotila* habitam ambientes, preferencialmente, de água parada e ácida, onde ocorrem na região litorânea sobre as plantas aquáticas ou mais raro também sobre o solo alagado.

Borzi (1883) mencionou que *Hormotila mucigena* Borzi lembra espécimes de *Gloeocystis* quando examinada em seu estágio vegetativo. No entanto, a textura da mucilagem que envolve as células é muito variada e pode se tornar bastante fluida fazendo desaparecer a estratificação concêntrica. Nesta condição, os estratos se fundem formando uma massa mucilaginosa quase amorfa, de modo que toda a colônia lembra a um exemplar de *Palmella*. Às vezes, no entanto, os mesmos tubos mucilaginosos tornam-se bastante sólidos e diferenciados em um suporte anelar espessado como os característicos de *Urococcus* (Wujek & Wynne 2016).

Apenas três espécies de *Hormotila* são reconhecidas atualmente (Guiry & Guiry 2023) e sua distribuição geográfica permanece ainda pouco conhecida dada a falta de estudos sobre o gênero. Segundo Wujek & Wynne (2016), *Hormotila mucigena* foi descrita de material proveniente da Sicília, Itália e teve sua ocorrência documentada, mais tarde, nos estados da Califórnia e de Iowa, nos Estados Unidos da América (Smith 1950) a partir de coletas feitas por Collins *et al.* (1905). Tais ocorrências não devem ser, entretanto, levadas em consideração conforme aconselhado por Wujek & Wynne (2016). Uma segunda espécie de *Hormotila*, *H. blennista* Trainor & Hilton, foi proposta a partir de espécimes coletados em Connecticut, nos Estados Unidos da América. A

descrição de *H. blennista* em Trainor & Hilton (1964) seguiu a interpretação do gênero em Smith (1950). Segundo Ettl & Gärtner (2013), *H. blennista* seria de verdade *H. mucigena* no sentido de Smith (1950), mas tal sinonímia jamais foi proposta oficialmente permanecendo questionável a validade da espécie. Uma terceira espécie, *H. ramosissima* Koršikov, foi descrita com base em espécimes da Ucrânia (Wujek 2017).

Como foi mencionado acima, Smith (1950) relatou a presença de *H. mucigena* nos estados da Califórnia e de Iowa, E.U.A. O material examinado foi, ao que tudo indica, baseado no espécime nº 1218 da coleção de exsicatas da Phycotheca Boreali-Americana (Collins *et al.* 1905), um material coletado por Winthrop John van Leuven Osterhout Nathaniel Lyon Gardner, em janeiro de 1904, formando uma camada avermelhada sobre madeira e rochas no antigo reservatório Hayward, perto de Oakland, na Califórnia.

A segunda forma descrita originalmente por Antonino Borzi é uma planta filamentosa ramificada. Neste material, as células são globosas e algumas produzem estruturas tubulares de mucilagem, enquanto outras permanecem intactas em posição intercalar. Para estes espécimes que apresentam as células apenas parcialmente desenvolvidas, Borzi descreveu a liberação de zoósporos e a formação de aplanósporos. Os zoósporos são biflagelados e bastante metabólicos. Borzi descreveu a liberação dos zoósporos como um movimento em massa e sua ilustração confirma isso, por mostrar os zoósporos concentrados em uma vesícula de mucilagem fora da célula. Tudo o que se sabe sobre estas formas filamentosas é totalmente diferente das massas palmeloides semelhantes a *Urococcus* antes mencionadas. A única característica em comum é a secreção de mucilagem, no entanto, de maneira bastante diferente em cada caso. Estes espécimes filamentosos ramificados foram o que Lemmermann (1915) utilizou para caracterizar o gênero *Hormotila*. Esse mesmo autor incluiu a formação de zoosporângios e a produção de zoósporos em seu conceito do gênero.

Chodat (1902) foi o primeiro autor a lançar dúvida sobre a existência de *Hormotila* como um gênero independente, referindo *H. mucigena* como uma possível espécie de *Pleurococcus*, mas isso foi refutado por Wujek & Wynne (2016) que confirmaram que a forma *Gloeocystis* e a forma filamentosa ramificada na descrição de Borzi (1883) são dois gêneros de algas totalmente diferentes. Segundo Hindák (1982), as colônias que examinou de *H. mucigena* não foram abundantemente ramificadas e as ramificações apareceram solitárias, aos pares ou em pequenos grupos. A forma filamentosa descrita e ilustrada por Borzi (1883) seria, muito provavelmente, o desenvolvimento fisiológico estressado da alga em um meio pobre ou mesmo exausto em nutrientes e não de uma alga filamentosa verdadeiramente ramificada. A produção de aplanósporos

relatada por Borzi (1883) condiz com o estresse ambiental causado pelo desenvolvimento em um meio mínimo ou exausto em nutrientes.

A grande semelhança entre as espécies de *Hormotila* com muitas algas verdes representantes de várias ordens das Chlorophyceae, principalmente, no que tange à morfologia, bem como o conhecimento incompleto da reprodução e, particularmente, da estrutura microscópica de seus zoósporos são o principal motivo da difícil determinação da situação taxonômica desse gênero (Matula & Richter 2006).

O gênero compreende só três espécies pouco coletadas e, por isso, ainda hoje muito mal conhecidas, as quais podem ser identificadas usando Komárek & Fott (1983) que contém chave, descrição detalhada e ilustração das três. Para o Brasil, apenas *H. blennista* foi identificada até o presente, a partir de material do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga situado na região sul do Município de São Paulo. Tal notícia, entretanto, jamais foi publicada (Bicudo & Menezes 2017).

Apenas uma espécie coletada.

H. blennista Trainor & Hilton, Phycologia 4(2): 101, fig. 1-6. 1964 emend. Wujek & Wynne, Algae 31(2): 89. 2016.

Fig. 35

Filamentos ramificados, uma a várias células localizadas nas extremidades ou espalhadas ao longo da matriz mucilaginosa linear, mais ou menos larga que as células vegetativas, bastante lamelada, células esféricas a elipsoidais, 10-20 µm compr., 4-12 µm larg., uninucleadas, cloroplastídio 1, parietal, variável, pirenoide ausente ou 1 ou 2 por célula, células geralmente verdes, podendo tornar-se amareladas ou avermelhadas pelo acúmulo de pigmentos carotenoides, crescimento por divisão celular vegetativa, reprodução vegetativa pela fragmentação dos filamentos e assexuada por autósporos ou zoósporos biflagelados nus, esporângio esférico a irregular-alongado, ca. 30 µm compr., até 64 aplanósporos ou zoósporos liberados pela ruptura do esporângio, zoósporos ovais a elipsoidais ou irregulares, 3-11 µm compr., 1-7 µm larg., estigma e vacúolos contráteis presentes.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Paulo (Bicudo & Menezes 2017).

Material examinado: apenas material de literatura.

Comentários

As células vegetativas são esféricas e podem atingir até 12 µm de diâmetro. A camada externa da parede de celulose destas algas sofre processo de gelatinização periférica transformando-se em bainha de mucilagem. A mucilagem está distribuída uniformemente em torno das células jovens

ou daquelas em rápido crescimento. O verdadeiro hábito colonial com ramificação e mucilagem estratificada é visto nítido em cultivos mais antigos, especialmente em meio preparado com extrato de solo. A natureza poculiforme do cloroplastídio das células jovens de *Hormotila* pode ser obscurecida nas células mais velhas. Cada célula contém um pirenoide, exceto durante a divisão celular. Células coradas pela técnica de Feulgen evidenciaram a existência de um núcleo. Os zoósporos são produzidos por divisões mitóticas sucessivas e ocorrem em números de 2, 4, 8 ou 16 por zoosporângio, que pode atingir até 17 µm de diâmetro. Em meio basal ou em material da alga preparado para exame ao microscópio, os zoósporos podem permanecer móveis por vários dias. Em raras ocasiões foram observados zoósporos tetraflagelados. Como a reprodução sexuada ainda não foi observada, tais elementos tetraflagelados foram interpretados como o resultado de um processo irregular de divisão protoplasmática.

Wujek & Wynne (2016) sugeriram que a forma *Gloeocystis* e a filamentosa ramificada em Borzi (1883) sejam dois gêneros de algas totalmente diferentes e concluíram que os zoósporos que o referido autor atribuiu à forma *Gloeocystis* não devem ser utilizados para definir *Hormotila*. Consideraram, ademais, totalmente descartada a possibilidade de considerar o grupo semelhante a *Gloeocystis* representante de *H. mucigena*, porque ilustra uma condição palmeloide que se desenvolve nas algas verdes, porém, não relacionadas com o crescimento sob certas condições.

Gongrosira Kützinger, *Phycologia generalis*. 282. 1843, *nom. cons.*

Espécie-tipo: *Gongrosira sclerococcus* Kützinger, *Phycologia generalis*. 282, pl. 17, fig. 6-8 (como ‘*Sclerococcus*’) *nom. illeg.*

As plantas de *Gongrosira* consistem em filamentos unisseriados, irregularmente ramificados, que formam uma porção prostrada presa ao substrato, que assume a forma de almofada e outra ereta (talo heterótrico). Os filamentos prostrados podem ser simples ou multiestratificados, com aspecto de falso parênquima (pseudoparênquima), enquanto os eretos são usualmente curtos, pouco ramificados e possuem o ápice em geral truncado. As células intermediárias dos filamentos eretos são curtas, irregularmente cilíndricas e podem apresentar a parede espessa e lamelada. As células terminais são mais avantajadas e constituem os esporócitos. Os cloroplastídios são discoides e variam de um a numerosos em cada célula. Os zoosporângios são geralmente terminais. Aplanósporos e acinetos também podem estar presentes.

O gênero inclui ao redor de 10 espécies conhecidas, praticamente, de toda a faixa tropical e subtropical do globo, que podem ser identificadas utilizando Printz (1964), que contém chave para identificação, descrição e ilustração de cada uma. Duvida-se hoje da real existência da maioria dessas espécies, pois as características morfológicas de várias delas são extremamente variáveis,

sobrepõem-se entre as espécies, a ponto de tornar extremamente difícil sua identificação com um mínimo de precisão. A confusão aumenta quando alguns autores preferem classificar certas espécies de *Gongrosira* em outros gêneros. Para aumentar ainda mais a confusão reinante no gênero, é também bastante problemática sua localização entre as Chaetophorales, uma vez que alguns autores preferem classificá-lo entre as Ctenocladales. *Gongrosira* ocorre mais comumente nas margens de lagos e rios formando uma camada superficial de cor esverdeada visível a olho nu ou uma massa semelhante a uma almofada fixa sobre rochas, plantas ou animais aquáticos.

Há referência, para o Brasil, de material de *Gongrosira* em Francheschini (1992), que descreveu e ilustrou *G. cf. depauperata* Woronichin a partir de material coletado no lago Chinês, na cidade de Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul; e em Ramos *et al.* (2018) que descreveram *G. papuasica* em material de fitotelmos de bromeliáceas do Parque das Dunas, na cidade de Salvador, Estado da Bahia.

Apenas uma espécie coletada.

G. papuasica (Borzi) Tupa, Beihefte zum Nova Hedwigia 46: 37, fig. 3d. 1974.

Fig. 34

Talos formados por filamentos unisseriados, sistema pseudoparenquimatoso prostrado, alguns ramos eretos irregulares, constituídos por poucas células, células cilíndricas, às vezes infladas, 7,1-14,4 µm compr., 3,1-4,5 µm larg., cloroplastídio parietal, 1 pirenoide.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Paulo (Bicudo & Menezes 2017).

Material examinado: Município de Barra Bonita (SP255742).

Comentarios

Segundo Ramos *et al.* (2018), *Gongrosira papuasica* (Borzi) Tupa foi registrada apenas nos fitotelmos de bromélias do Parque das Dunas, em Salvador, Estado da Bahia, durante o verão, após um período de chuvas intensas. A espécie é morfológicamente próxima a *Gongrosira pseudoprostata* Johnson, da qual difere por não possuir o sistema de filamentos eretos e, caso o possua, é bastante subdesenvolvido (Johnson & John 1992).

O material coletado no Município de Barra Bonita proveio do perifíton de *Vallisneria*, o que indica a variedade de ambientes nos quais pode estar presente. A presente é a primeira citação da ocorrência da espécie no Estado de São Paulo.

1.2.3. Família Schizomeridaceae

Esta família encontra-se atualmente representada pelo único gênero *Schizomeris* Kützing. *Schizomeris* foi proposto por Kützing (1843a) e validado pelo mesmo autor com a publicação da descrição de *Schizomeris leibleinii* Kützing (Kützing 1843b). Estas plantas são semelhantes às de *Ulothrix* em muitos aspectos e foram classificadas na família Ulothricaceae por causa do tipo de cloroplastídio idêntico ao de *Ulothrix* quando as plantas são jovens e, também, por causa do tipo de filamento inicialmente ulotricoide durante seu desenvolvimento (Prescott 1968). A partir de análises citológicas feitas por Birkbeck *et al.* (1974) e Mattox *et al.* (1974), *Schizomeris* foi considerado um gênero bem delimitado e classificado nas Schizomeridaceae das Chaetophorales. Fritsch & Rich (1924) descreveram uma segunda espécie, *S. irregulares*, e concluíram que *Uronema indicum* Ghose deveria ser mais bem denominada *Schizomeris indicum* (Ghose) Fritsch & Rich que seria, por conseguinte, a terceira espécie do gênero. De todas as três espécies, apenas *S. leibleinii* é mencionada com frequência na literatura mundial, enquanto *S. irregularis* e *S. indicum* o foram, respectivamente, apenas para África do Sul (Fritsch & Rich 1924) e para a Índia (Ghose 1920).

Segundo Mattox *et al.* (1974), as análises citológicas e ultraestruturais efetuadas com material de *S. leibleinii* aproximaram a espécie dos representantes da ordem Chaetophorales por conta do seguinte: (1) ocorrência de citocinese via placa celular, com ficoplastos e microtúbulos associados, (2) presença de plasmodesmos nos septos transversais e (3) número variável de flagelos nas células móveis (Pereira 2004).

Estas algas apresentam o talo sésil quando adulto, não ramificado e multisseriado exceto na região próximo à célula basal. Os filamentos jovens são geralmente diferentes dos de *Ulothrix* por possuírem a porção distal do talo terminando em uma célula apical acuminada e a basal alongada e dotada de um disco de fixação algumas vezes lobado (Smith 1955, Bold & Wynne 1985).

A divisão celular inicial ocorre perpendicular ao eixo maior do talo e dá origem a filamentos unisseriados constituídos por células proporcionalmente mais largas que longas. Após um período de crescimento do filamento tanto na largura quanto no comprimento, a divisão celular acontece em planos alternados produzindo o talo de aspecto parenquimatoso típico do gênero (Mattox *et al.* 1974).

As células vegetativas possuem formas variadas desde cilíndrico-alongada (filamento jovem) até aproximadamente cúbica ou globosa (filamento maduro), ocorrendo também elevado número de formas intermediárias. Cada célula contém apenas um núcleo que preenche, praticamente, todo o citoplasma nas células jovens (Mattox *et al.* 1974).

Existe nas células mais velhas um grande vacúolo central que restringe o citoplasma a uma fina camada periférica. Este vacúolo resulta da coalescência de vários outros menores existentes nas células mais jovens. Em qualquer fase do desenvolvimento do talo, as células contíguas são conectadas por plasmodesmos semelhantes àqueles das plantas vasculares e outras clorofíceas (Mattox & Stewart 1984).

Na fase inicial do desenvolvimento do talo, as paredes laterais das células são moderadamente espessas, parecendo estar separadas umas das outras por membranas transversais interpretadas inicialmente como espessamentos em anel. Entretanto, estudos citológicos posteriores mostraram tratar-se de intrusões anulares da parede transversal na longitudinal, que conferem ao talo maduro a aparência septada (Smith 1955, Mattox *et al.* 1974).

O cloroplastídio ocorre isolado na célula, é parietal, perfurado e característico pelo estroma abundante e por ocorrerem vários pirenídes esféricos tipicamente atravessados pelas inúmeras ondulações transversais das tilacoides (Mattox *et al.* 1974).

A reprodução vegetativa acontece pela fragmentação do filamento resultando em porções livres e flutuantes (Bold & Wynne 1985). A formação de zoósporos foi documentada por diferentes autores e forma-se apenas um zoósporo por célula. Prasad & Srivastava (1963) observaram dois, quatro ou oito flagelos por zoósporo e, às vezes, até números superiores. Segundo Mattox & Stewart (1984), o aparelho flagelar destas algas é típico e os zoósporos são tetraflagelados como os de Chlorophyceae; e o fato de ocorrerem células reprodutoras com algumas diferenças estruturais e, inclusive, com mais de quatro flagelos pode ser considerado uma anomalia. Existe, todavia, o documento fotográfico de Prasad & Srivastava (1963) que mostra zoósporos com dois, três, quatro, seis, oito e até mais flagelos. A reprodução sexuada ainda não é conhecida nos membros desta família.

São escassas as informações sobre a distribuição geográfica e a ecologia de representantes desta família. De modo geral, as Schizomeridaceae são consideradas cosmopolitas e habitantes da água doce, preferivelmente de ambientes lóticos, mas também ocorrem em ambientes lênticos como lagos, brejos e empoçados temporários (Watson & Tilden 1930, Bold & Wynne 1985).

Esta família é monotípica, representada só pelo gênero *Schizomeris*. Fritsch & Rich (1924) descreveram uma segunda espécie, *S. irregularis*, para a África com base na divisão irregular das células, no número variado de pirenídes por plastídio e no menor diâmetro dos filamentos dos espécimes analisados. Estudos posteriores como os de Watson & Tilden (1930) e Prasad & Srivastava (1963) demonstraram, contudo, que tais características variam conforme o estágio de desenvolvimento da alga. Fritsch & Rich (1924) também consideraram que *Uronema indicum*

Ghose (Ghose 1920) seria a fase jovem de algum *Schizomeris* devido à presença de célula apical acuminada.

Campbell & Sarafis (1972) consideraram *S. leibleinii* apenas uma expressão morfológica de *Stigeoclonium tenue* quando em condições desfavoráveis. Pereira & Parra (1984) documentaram a ocorrência de *S. tenue* no Chile salientando que a parte da amostra mantida em cultivo desenvolveu estágios palmeloides e filamentos do tipo *Schizomeris*. Islam (1963) ressaltou o fato de *S. tenue* ser uma espécie altamente polimórfica.

Os estudos de ultraestrutura realizados por Steward *et al.* (1973) e Mattox *et al.* (1974) confirmaram certas afinidades citológicas entre os gêneros *Stigeoclonium* e *Schizomeris*, mas não os resultados em Campbell & Sarafis (1972) há pouco mencionados. Com base nos estudos de ultraestrutura, pode-se reconhecer que os dois gêneros devem ser mantidos separados, mas classificados na ordem Chaetophorales.

O conhecimento das Schizomeridaceae no Brasil está restrito a três artigos taxonômicos (Dias 1985, 1989, Franceschini 1992) e cinco sobre ecologia de macroalgas (Necchi & Pascoaloto 1993, Necchi *et al.* 1994a, 1994b, Necchi & Moreira 1995, Necchi *et al.* 1995).

Todas as citações acima referem-se a coletas efetuadas em ambientes com pouca a moderada correnteza. Necchi & Pascoaloto (1993), Necchi *et al.* (1994), Necchi & Moreira (1995) e Necchi *et al.* (1995) reuniram as poucas informações disponíveis sobre a ocorrência de Schizomeridaceae no Brasil, sua distribuição na área estudada e a associação de exemplares de *S. leibleinii* com outras macroalgas. Nos estudos realizados sobre a bacia do rio Preto, no noroeste do Estado de São Paulo, os referidos autores observaram que: (1) *S. leibleinii* não apresentou sazonalidade, pois ocorreu ao longo de todo o ano, (2) a espécie esteve associada especialmente a *Stigeoclonium helveticum* Vischer, (3) *S. leibleinii* ocorreu em local contaminado por esgoto doméstico e (4) *S. leibleinii* foi a espécie mais frequente nos córregos de primeira a quinta ordem amostrados (Necchi *et al.* 1994a, 1994b).

Schizomeris Kützinger, Phycologia generalis. 247. 1843.

Espécie-tipo: *Schizomeris leibleinii* Kützinger, Phycologia generalis. 247, pl. 12, fig. 1. 1843.

Os representantes de *Schizomeris* são plantas macroscópicas, filamentosas, simples, unisseriadas na porção basal do talo e multisseriadas na apical e ocorrem, em geral, fixas a um substrato. A movimentação do ambiente pode destacar os filamentos do substrato e levá-los a flutuar na coluna d'água. A parte do talo dessas algas que vai da região mais ou menos mediana até sua extremidade livre é um cilindro parenquimático sólido, que apresenta constrições anelares a determinados intervalos em toda sua extensão. As células são cilíndricas e longas na parte basal

do talo e mais ou menos quadradas na apical. Existe só um cloroplastídio por célula, reticulado e situado parietalmente envolvendo ao redor de um terço da circunferência da célula. O número de pirenídes varia de um na porção basal do talo até vários na distal.

Schizomeris é uma planta filamentosa desprovida de ramificações, que apresenta um sistema basal diferenciado para fixação. Quando jovem, o filamento é delgado, unisseriado, dotado de células regulares que medem 6-500 µm compr., 12,5-57,5 µm larg., cujo ápice é geralmente acuminado. O filamento mais velho é comparativamente mais grosso (até 225 µm larg.), multisseriado e constituído por células irregulares que variam entre 5-25 µm compr., 7,5-40 µm larg. e possuem o ápice truncado ou arredondado (Necchi *et al.* 1997).

Campbell & Sarafis (1972) examinaram material de *S. leibleinii* obtido da natureza e de cultivo e afirmaram que a espécie seria uma forma de resistência de *Stigeoclonium tenue* (C. Agardh) Kützing quando submetida a condições ambientais desfavoráveis. As referidas autoras sugeriram que o polimorfismo em *Stigeoclonium* deve ser bem maior do que se conhece atualmente e que todas as formas e estágios do desenvolvimento obtidos em cultivo e os coletados na natureza seriam apenas formas de crescimento da alga. Paralelamente, Campbell & Sarafis (1972) consideraram ecofenos de *S. tenue*, os gêneros *Schizomeris*, *Pearsoniella* Fritsch & Rich, *Uronema* Lagerheim, *Protoderma* Kützing emend. Borzi e alguns estágios cocoides de outras algas. No entanto, estudos citológicos realizados por Mattox *et al.* (1974) com *S. leibleinii* mostraram diferenças nos zoósporos, na estrutura dos pirenídes, nos cloroplastídios e no número de cromossomos e que tais diferenças seriam suficientes para distinguir *Schizomeris* de *Stigeoclonium*.

Schizomeris inclui presentemente somente quatro espécies (*S. leibleinii*, *S. indicum*, *S. constricta* e *S. irregularis*), todas de ocorrência bastante rara na natureza. Essas espécies ocorrem em ambientes eutróficos, sempre habitando a zona litorânea dos corpos d'água em meio a outras algas e são relativamente frequentes na água parada próximo a efluente de esgoto orgânico (Wehr & Sheat 2015). O trabalho de Printz (1964) permite identificar três das quatro espécies do gênero. Para o Brasil e especificamente para a cidade de São Paulo há referência à presença do gênero causando entupimento de filtros de estações de tratamento de água.

Apenas *S. leibleinii* foi identificada ocorrendo no Estado de São Paulo.

S. leibleinii Kützing, Phycologia generalis. 247, pl. 12, fig. 1. 1843.

Fig. 31-33

Planta filamentosa, desprovida de ramificação, com um sistema basal rizoidal de fixação coberto por mucilagem, filamentos adultos geralmente unisseriados próximo à base, constituídos

por células achatadas ou cilíndricas e multisseriados na região distal, densos, formados por células pequenas dispostas desordenadamente, na região unisseriada há um apressório lobado ou um rizoide, células da região unisseriada 13,5-29,7 μm compr., 38-58,7 μm diâm., na região multisseriada 9,4-18,7 μm compr., 11-20,7 diâm.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Municípios de Borá, Piedade, Rio Claro, São Pedro e São José do Rio Preto (Pereira & Branco 2005). Município de São José do Rio Preto (Necchi *et al.* 1997).

Material examinado: Município de Bebedouro (SP239020). Município de Descalvado (SP371023).

Comentários

Pereira & Branco (2005) demonstraram que as características morfológicas e métricas de *S. leibleinii* Kützinger são bastante variáveis. No entanto, mesmo que a descrição original da espécie não faça menção à amplitude morfológica e métrica nem aos amplos limites de variação, a espécie pode ser considerada taxonomicamente bem definida.

Conforme Fritsch & Rich (1924), *S. irregularis* Fritsch & Rich difere das demais três espécies do gênero pela disposição irregular das células na região multisseriada do filamento, mas Prasad & Srivastava (1963) constataram que essa característica depende do estágio de desenvolvimento do filamento. De acordo com Watson & Tilden (1930), *S. indicum* (Ghose) Fritsch & Rich difere das outras três espécies do gênero por apresentar o ápice dos filamentos acuminado. De acordo com Prasad & Srivastava (1963), a característica mais confiável para separar três das quatro espécies é a estrutura de seu sistema basal de fixação. Assim, segundo esses mesmos autores, *S. leibleinii* tem a região basal alongada e sub-rizoidal, mas que também pode ser rizoidal, lobada ou ramificada; *S. indicum* apresenta o sistema basal na forma de um apressório mucilaginoso (disco de fixação); e *S. irregularis* possui o sistema de fixação do tipo clavado.

Pereira & Branco (2005) verificaram que as duas populações de *S. leibleinii* coletadas no Estado de São Paulo exibiram ampla variação morfológica e métrica quando avaliadas temporalmente dependentes, muito provavelmente, das condições ambientais.

Schizomeris leibleinii foi avaliado como um novo adsorvente para remoção de Cu de soluções aquosas, mesmo como biomassa morta, com resultados mostrando que tal adsorção tem potencial para aplicação industrial (Tavana *et al.* 2020). Özer *et al.* (1999) concluíram que células inativas (secas) de *S. leibleinii* eram potencialmente úteis na remoção dos íons Fe e Pb de águas industriais residuais.

A espécie é comum em ambiente aquático eutrófico do mundo inteiro impactado por poluição orgânica (Campbell & Sarafis 1972, Yadava & Pandey 1980, Dias 1985, Necchi *et al.* 1994a,

1994b, Branco & Pereira 2002). Alguns trabalhos sugeriram que *S. leibleinii* seja um bom indicador de poluição, merecendo atenção especial por se desenvolver bastante bem em ambientes fortemente eutróficos ou organicamente contaminados (Necchi *et al.* 1994a, Branco & Pereira 2002). Dessa maneira, o conhecimento de sua biologia e de sua capacidade de tolerância às condições ambientais torna-se fundamental para projetos de biomonitoramento ou indicação biológica dos níveis de nutrientes orgânicos no ambiente (Pereira 2004).

1.2.4. Família Uronemataceae

Segundo Liu *et al* (2020), a família Uronemataceae está mais intimamente relacionada à Chaetophoraceae ‘*sensu lato*’. Seus representantes formam zoósporos só para a germinação da porção ereta do talo. Nas Chaetophoraceae ‘*sensu lato*’, entretanto, os zoósporos dos representantes das Chaetophoraceae ‘*sensu stricto*’ e das Fritschiellaceae germinam para formar ambas as partes ereta e prostrada do talo.

Uronema Lagerheim, Malpighia 1: 518. 1887.

Espécie-tipo: *Uronema confervicola* Lagerheim, Malpighia 1: 518, pl. 12, fig. 1-10. 1887.

Uronema possui características morfológicas bastantes similares às de *Ulothrix*, mas difere, essencialmente, pela célula apical e a presença de uma célula basal curta que pode, às vezes, expandir em um disco de fixação. A célula terminal do filamento de *Uronema* é afilada em ponta acuminada que pode ser curta ou longa e reta ou curva e, em certos casos, até levemente inflada (Ramanathan 1964, Lee 1978).

Os filamentos de *Uronema* são solitários, simples, unisseriados, bastante similares aos de *Ulothrix*. Esses filamentos possuem crescimento indefinido, podendo alcançar até 30 cm de comprimento (ex. *U. gigas* e *U. conferviculum*). São envoltos, em geral, por mucilagem mais ou menos abundante, que apresenta reação química para celulose ou para material péctico. As células são cilíndricas, comumente longas e possuem a parede delgada e lisa. As células apicais são acuminadas. A característica diagnóstica deste gênero é a célula terminal do filamento pontiaguda, curta ou longa, reta ou encurvada e até levemente intumescida em algumas espécies. O cloroplastídio é único por célula, ocupa posição parietal e pode preencher todo o comprimento celular ou, no mínimo, cerca de metade da circunferência da célula. Um e até vários pirenoides estão presentes. O núcleo situa-se centralmente no protoplasmae está sempre coberto pelo plastídio.

A reprodução vegetativa ocorre por fragmentação do filamento, mas não é comum. A reprodução assexuada é bastante frequente e acontece pela formação de um ou dois zoósporos

tetraflagelados por célula, que são liberados por um ou mais poros situados na parede lateral do zoosporângio. Todas as células do filamento podem transformar-se em zoosporângios, inclusive a basal e a apical. Aplanósporos também podem, embora ocasionalmente, ser produzidos isolados ou aos pares por célula. Reprodução sexuada jamais foi observada nos representantes de *Uronema*.

A proximidade morfológica entre *Uronema* e *Ulothrix* despertou o interesse de vários pesquisadores no sentido de definir-lhes as circunscrições e, conseqüentemente, estabelecer limites claros entre os dois gêneros. O trabalho de Mattox & Bold (1962) destaca-se por ter analisado 100 cultivos unialgáceos, 39 dos quais axênicos, incluindo representantes de quatro gêneros das Ulotrichaceae, entre os quais *Uronema* e *Ulothrix*. Após observar material de cultivo e espécimes herborizados, os referidos autores concluíram que a descrição de *Ulothrix* poderia ser ampliada de modo a incorporar as espécies de *Uronema* e apresentaram duas combinações novas para cumprir com a proposta que apresentaram, que são: *Ulothrix gigas* (Vischer) Mattox & Bold (= *Uronema gigas* Vischer) e *Ulothrix confervicola* (Lagerheim) Mattox & Bold (= *Uronema confervicola* Lagerheim). Tal proposta não teve aceitação pela comunidade dos especialistas. Além disso, os estudos de ultraestrutura de Stewart *et al.* (1973) não apenas mantiveram o gênero *Uronema* taxonomicamente independente de *Ulothrix*, como também o incluíram nas Chaetophoraceae por causa da presença de ficoplasto (Silva 1982, John 1984).

Uronema está atualmente classificado na ordem Chaetophorales das Chlorophyceae ‘*sensu stricto*’ com base em evidências ultraestruturais e dados da sequência 18S do rDNA (Booton *et al.* 1998). O gênero inclui ao redor de 14 espécies (Guiry & Guiry 2023), todas restritas a ambientes terrestres úmidos ou de água doce (Leliaert *et al.* 2009).

As cinco espécies que ocorrem na Índia podem ser identificadas utilizando Ramanathan (1964). Os representantes de *Uronema* ocorrem geralmente fixos a partes submersas de plantas aquáticas e/ou sobre outras algas na zona litorânea de ambientes preferencialmente lênticos. É comum coletar exemplares de *Uronema* no plâncton, após serem destacados do substrato pela ação mecânica da própria água ou de animais aquáticos.

Os representantes de *Uronema* são normalmente epífitas ou edáficos (*U. terrestre*, *U. trentonense*) e habitam a água doce, exceto *U. curvatum* que ocorre epífita sobre algas marinhas.

Bicudo & Pereira (2003) incluíram chave para identificação e descrição das duas espécies de *Uronema* (*U. confervicola* var. *africana* e *U. elongatum*) que ocorrem no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, na cidade de São Paulo. Vale a pena mencionar também a identificação de *U. brasiliense* em Franceschini & Couté (1992) a partir de material coletado de lagos urbanos e periurbanos da região de Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul. E merece também destaque

a notícia da presença de *U. gigas* divulgada por Sophia *et al.* (2005) a partir de material coletado no Parque Estadual da Floresta do Turvo, Estado de Rio Grande do Sul.

A taxonomia de *Uronema* está baseada na morfologia da célula apical, porém, complementada por características da célula basal e medidas das células vegetativas (Ramanathan 1964). Considere-se, contudo, que o gênero apresenta considerável polimorfismo quando em cultivo, o qual comumente afeta as características diagnósticas das células apical e basal. Lee (1978) ressaltou que fragmentos de *Uronema* coletados da natureza destituídos da célula apical típica podem ser facilmente identificados com *Ulothrix* ou *Klebsormidium* e que, segundo observações feitas em filamentos jovens com apenas uma célula, ou seja, ainda em germinação, poderiam ser facilmente confundidos com representantes de *Characium* (Chlorococcales).

A taxonomia mais acurada deste gênero, bem como a de outros das Chaetophoraceae requer o acompanhamento de cultivos unialgais e axênicos (Lee 1978).

Leflaive *et al.* (2008) demonstraram que *U. confervicolum* (alga bentônica epífita) produz compostos alelopáticos que induzem estresse oxidativo e inibição do crescimento em *Scenedesmus quadricornis* Chodat planctônico.

Chave para identificação das duas espécies de *Uronema* que ocorrem no Estado de São Paulo:

1. Célula terminal intumescida *U. elongatum*
1. Célula terminal não intumescida *U. confervicolum* var. *africanum*

U. confervicolum Lagerheim var. ***africanum*** (Borge) Printz, Hydrobiologia 24(1): 36. 1964.

Basiônimo: *Uronema africanum* Borge, Hedwigia 68: 96, pl. 1, fig. 2a-d. 1928.

Fig. 36

Filamentos solitários, fixos, longos, raro constritos no nível dos septos transversais, células retangulares, 1,8-2,2 vezes mais longas que largas, 8,1-13,7 µm compr., 4,5-6,2 µm larg., célula terminal cônica, não intumescida, pontiaguda, curvada, célula basal em geral mais curta que as intercalares, raro de igual comprimento, cloroplastídio parietal, laminar, revestindo internamente toda a extensão ou, pelo menos, mais da metade da circunferência da célula, pirenóides 1-3.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Paulo (Bicudo & Pereira 2003).

Material examinado: apenas material da literatura

Comentários

Uronema confervicolum Lagerheim var. *africanum* (Borge) Printz pode ser morfológicamente confundido com *U. elongatum* Hodgetts, do qual difere por apresentar: (1) as células retangulares até 2,2 vezes mais longas que largas e (2) a célula terminal do filamento não intumescida.

Bicudo & Pereira (2003) descreveram os representantes desta variedade usando espécimes coletados no perifíton do Lago das Ninfeias, no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga.

U. elongatum Hodgetts, New Phytologist 17: 166, fig. 1-11. 1918.

Fig. 37

Filamentos solitários, fixos, bastante longos, não constrictos no nível dos septos transversais, células retangulares, alongadas, ca. 4,3 vezes mais longas que largas, ca. 13 µm compr., ca. 3 µm larg., célula terminal pouco intumescida, levemente clavada, pontiaguda, curvada, cloroplastídio parietal, laminar, restrito à porção mediana da célula, revestindo internamente desde metade até 2/3 da circunferência da célula, estendendo em geral desde 1/5 até 1/2, raro 3/4 do comprimento da célula, pirenoides 1-2.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Paulo (Bicudo & Pereira 2003).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

As características diagnósticas de *U. elongatum* Hodgetts são: (1) células retangulares ca. 4,3 vezes mais longas que largas e (2) célula terminal intumescida.

Bicudo & Pereira (2003) descreveram material desta espécie a partir de um espécime coletado do perifíton do Lago do Instituto Astronômico e Geofísico, situado no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, região sul do Município de São Paulo. Apesar dos autores terem examinado só um indivíduo deste tipo, tal espécime apresentou inequívocas as características diagnósticas da espécie.

1.3. Conclusões

Os organismos pertencentes à classe Chlorophyceae apresentaram considerável variação morfológica, incluindo filamentos simples não ramificados, filamentos ramificados com ou sem mucilagem envolvente e filamentos coalescidos, sendo o tipo dominante o filamentoso ramificado. Esses organismos apresentaram hábito principalmente bentônico, porém, também ocorreram espécimes epífitos.

Foram identificados espécimes representantes de duas ordens (Sphaeropleales e Chaetophorales), as Sphaeropleales através de duas famílias (Microsporaceae e Sphaeropleaceae) e as Chaetophorales através de quatro (Aphanochaetaceae, Chaetophoraceae, Schizomeridaceae e Uronemataceae). As Microsporaceae foram representadas só por um gênero (*Microspora*), as Sphaeropleaceae também apenas por um (*Radiofilum*), as Aphanochaetaceae por cinco

(*Draparnaldia*, *Gongrosira*, *Hormotila*, *Protoderma* e *Stigeoclonium*), as Chaetophoraceae por dois (*Chaetophora* e *Gonatoblaste*), as Schizomeridaceae apenas por um (*Schizomeris*) e as Uronemataceae igualmente só por um (*Uronema*).

Stigeoclonium foi o gênero que apresentou o maior número de espécies (sete), seguido por *Microspora* com seis, *Chaetophora* com três e *Uronema* com duas espécies. Todos os demais gêneros (*Draparnaldia*, *Gonatoblaste*, *Gongrosira*, *Hormotila*, *Protoderma*, *Radiofilum* e *Schizomeris*) foram representados por uma única espécie cada um.

As espécies com maior distribuição geográfica no Estado de São Paulo foram *Stigeoclonium helveticum* Vischer coletado em 14 localidades distintas e *Chaetophora elegans* (Roth) C. Agardh em 13. Os municípios de São Paulo e de São José do Rio Preto foram os que apresentaram os maiores números de espécies identificadas, com 10 e sete espécies, respectivamente. Esta informação deve estar, entretanto, distorcida se lembrarmos que os dois municípios possuem centros com especialistas trabalhando há já bastante tempo no levantamento taxonômico da flórmula do Estado.

1.4. Referências citadas

- Agardh, C.A.** 1824. Systema Algarum. Literis Berlingianis, Lundae.
- Axtell, N.R., Sternberg, S.P.K. & Claussen, K.** 2003. Lead and nickel removal using *Microspora* and *Lemna minor*. Bioresource Technology 89: 41-48.
- Bicudo, C.E.M. & Bicudo D.C.** 2014. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas, 36: Chlorophyceae (Chaetophorales). Hoehnea 41(3): 411-422.
- Bicudo, C.E.M. & Bicudo, R.M.T.** 1969. Algas da Lagoa das Prateleiras, Parque Nacional do Itatiaia, Brasil. Rickia 4: 1-40.
- Bicudo, C.E.M. & Bicudo, R.M.T.** 1970. Algas de águas continentais brasileiras: chave ilustrada para identificação de gêneros. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências, São Paulo.
- Bicudo, C.E.M. & Menezes, M.** 2017. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. RiMa Editora, São Carlos. 3ª edição.
- Bicudo, C.E.M. & Pereira, F.C.** 2003. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas, 16: Chlorophyceae (Ulotrichales). Hoehnea 30: 31-37.
- Bicudo, D.C.** 1984. Algas epifitas (exceto diatomáceas) do Lago das Ninféias, São Paulo: levantamento e aspectos ecológicos. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Bicudo, D.C.** 1996. Algas epífitas do Lago das Ninféias, São Paulo, Brasil, 4: Chlorophyceae, Oedogoniophyceae e Zygnemaphyceae. Revista Brasileira de Biologia 56(2): 345-374.

- Biggs, B.J.F. & Kilroy, C.** 2000. Stream periphyton monitoring manual. New Zealand Ministry for the Environment/NIWA, Christchurch.
- Birkbeck, T.E., Stewart, K.D. & Mattox, K.R.** 1974. The cytology and classification of *Schizomeris leibleinii* (Chlorophyceae), 2.: the structure of quadriflagellate zoospores. *Phycologia* 13: 71-79.
- Bohlin, K.** 1901. Utkast till de gröna algernas och arkegoniaternas fylogeni. Almqvist & Wiksells, Uppsala.
- Bold, H.C. & Wynne, M.J.** 1985. Introduction to the algae: structure and reproduction. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 2ª edição.
- Booton, G.C., Floyd, G.L. & Fuerst, P.A.** 1998. Origins and affinities of the filamentous green algal orders Chaetophorales and Oedogoniales based on 18S rRNA gene sequences. *Journal of Phycology* 34: 312-318.
- Borge, O.** 1918. Die von Dr. A. Löfgren in São Paulo gessammelten Süßwasseralgen. *Arkiv för Botanik* 15(13): 1-108.
- Bory de Saint-Vincent, J.B.G.M.** 1808. Mémoire sur le genre *Draparnaldia*, de la famille des Conferves. *Annales du Muséum d'Histoire Naturelle* 12: 399-409.
- Borzi, A.** 1883. Studi algologici: saggio di ricerche sulla biologia delle alghe. Gaetano Capra e Co., Messina.
- Bourrelly, P.C.** 1972. Les algues d'eau douce: initiation à la systématique, 1: les algues vertes. Éditions N. Boubée & Cie., Paris.
- Branco, C.C.Z. & Necchi Jr., O.** 1996a. Survey of stream macroalgae of Eastern Atlantic Rainforest of São Paulo State, Southeastern Brazil. *Algological Studies* 80: 35-57.
- Branco, C.C.Z. & Necchi Jr., O.** 1996b. Distribution of stream macroalgae in the Eastern Atlantic Rainforest of São Paulo State, Southeastern Brazil. *Hydrobiologia* 333: 139-150.
- Branco, C.C.Z., Necchi Jr., O. & Branco, L.H.Z.** 2002. Taxonomy and ecological distribution of Chaetophoraceae (Chaetophorales, Chlorophyta) in lotic ecosystems from São Paulo State, Southeastern Brazil. *Algological Studies* 106: 43-75.
- Caisová, L.** 2020. *Draparnaldia*: a chlorophyte model for comparative analyses of plant terrestrialization. *Journal of Experimental Botany* 71(11): 3305-3313.
- Caisová, L. & Jobe, T.O.** 2019. Regeneration and transient gene expression in protoplasts of *Draparnaldia* (chlorophytes), an emerging model for comparative analyses with basal Streptophytes. *Plant Methods* 15: 74.
- Caisová, L., Marin, B., Sausen, N., Pröschold, T. & Melkonian, M.** 2011. Polyphyly of *Chaetophora* and *Stigeoclonium* within the Chaetophorales (Chlorophyceae), revealed by

- sequence comparisons of nuclear-encoded SSU rRNA genes. *Journal of Phycology* 47: 164-177.
- Caisová, L. & Melkonian, M.** 2018. The Chaetophorales (Chlorophyceae): a taxonomic revision at family level. *European Journal of Phycology* 53: 381-392.
- Cambra, J. & Aboal, M.** 1992. Filamentous green algae of Spain: distribution and ecology. *Limnetica* 8: 213-220.
- Campbell, E.O. & Sarafis, V.** 1972. *Schizomeris*: a growth form of *Stigeoclonium tenue* (Chlorophyta: Chaetophoraceae). *Journal of Phycology* 8: 276-282.
- Carrol, J.W. & Deason, T.R.** 1969. Some chromosome numbers of *Draparnaldia*. *Journal of Phycology* 5: 48-53.
- Chodat, R.H.** 1902. Algues vertes de la Suisse: *Pleurococcoïdes-Chroolépoides*. *Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz*. vol. 1, part 3. K.-J. Wyss, Libraire-Éditeur, Berne. p. 1-373.
- Collins, F.S., Holden, I. & Setchell, W.A.** 1905. *Phycotheca Boreali-Americana*: a collection of dried specimens of the algae of North America. Disponível em <https://www.macroalgae.org/portal/collections/exsiccati/> (acesso em 20-XI-2022).
- Cox, E.R. & Bold, H.C.** 1966. Taxonomic investigations of *Stigeoclonium*. *Phycological Studies* 7: 1-167.
- Dias, I.C.A.** 1985. Chlorophyta filamentosas da Lagoa de Juturnaíba, Araruama, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Botânica* 8: 93-98.
- Dias, I.C.A.** 1989. Chlorophyta filamentosas do Município de Cáceres e arredores, Mato Grosso, Brasil: uma contribuição ao seu conhecimento. *Acta Botanica Brasilica* 3(2): 3-12.
- Dias, I.C.A.** 1990. Sobre algumas Chlorophyta filamentosas da Fazenda Água Limpa, Distrito Federal, Brasil. *Hoehnea* 17(2): 51-61.
- Dias, I.C.A.** 1991. Estudos ficológicos na Região Noroeste Brasileira: Chlorophyta filamentosas. *Hoehnea* 18: 157-169.
- Dias, I.C.A.** 1997. Chlorophyta filamentosas da Reserva Biológica de Poço das Antas, Município de Silva Jardim, Rio de Janeiro: taxonomia e aspectos ecológicos. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Dias, I.C.A. & Bicudo, C.E.M.** 2001. Chaetophoraceae, Microsporaceae, Schizomeridaceae, and Ulotrichaceae from the Biological Reserve of Poço das Antas, State of Rio de Janeiro, Brazil. *Algological Studies* 102: 73-91.
- El-Jamal, M.M. & Ncibi, M.C.** 2012. Biosorption of methylene blue by *Chaetophora elegans* algae: kinetics, equilibrium and thermodynamic studies. *Acta Chimica Slovenica* 59: 24-31.

- Ettl, H. & Gärtner, G.** 2013. Syllabus der boden-, luft- und flechtenalgen. Springer Spektrum Berlin, Heidelberg. 2ª edição.
- Evans, J.H.** 1958. The survival of freshwater algae during dry periods, 1: an investigation of the algae of five small ponds. *Journal of Ecology* 46: 149-167.
- Ferragut, C., Lopes, M.R.M., Bicudo, D.C., Bicudo, C.E.M. & Vercellino, I.S.** 2005. Ficoflórula perifítica e planctônica (exceto Bacillariophyceae) de um reservatório oligotrófico raso (Lago do IAG, São Paulo). *Hoehnea* 32(2): 137-184.
- Forest, H.S.** 1956. A study of the genera *Draparnaldia* Bory and *Draparnaldiopsis* Smith & Klyver. *Castanea* 21: 1-29.
- Forest, H.S.** 1957. The remarkable *Draparnaldia* species of Lake Baikal, Siberia. *Castanea* 22(4): 126-134.
- Franceschini, I.M.** 1992. Algues d'eau douce de Porto Alegre, Brésil (les Diatomophycées exclues). *Bibliotheca Phycologica* 92: 1-81.
- Franceschini, I.M. & Couté, A.** 1992. A propos de trois nouvelles Chlorophytes provenant de Porto Alegre (Brésil). *Cryptogamie, Algologie* 13(4): 273-280.
- Francke, J.A.** 1982 Morphological plasticity and ecological range in three *Stigeoclonium* species (Chlorophyceae, Chaetophorales). *British Phycological Journal* 17(2): 117-133.
- Freitas, A.P.P., Schneider, I.A.H. & Schwartzbold, A.** 2011. Biosorption of heavy metals by algal communities in water streams affected by the acid mine drainage in the coal-mining region of Santa Catarina State, Brazil. *Minerals Engineering* 24: 1215-1218.
- Friedl, T.** 1997. The evolution of the green algae. *In*: Bhattacharya, D. (ed.). *Origin of algae and their plastids. Plant Systematics and Evolution* vol 11. Springer, Vienna, p. 87-101.
- Fries, E.M.** 1825. *Systema orbis vegetabilis: primas lineas novae constructionis periclitatur*, 1: plantae homonemeae. Typographia Academica, Lundae.
- Fritsch, F.E. & Rich, F.** 1924. Contributions to our knowledge of the freshwater algae of Africa, 4: freshwater and subaerial algae from Natal. *Transactions of the Royal Society of South Africa* 11: 297-398.
- Fučíková, K., Lewis, P.O. & Lewis L.A.** 2014. Putting incertae sedis taxa in their place: a proposal for ten new families and three new genera in Sphaeropleales (Chlorophyceae, Chlorophyta). *Journal of Phycology* 50: 14-25.
- Ghose, S.L.** 1920. A new species of *Uronema* from India. *Annals of Botany* 34(133): 95-98.
- Gibson, M.T.** 1986. The structure and function of hairs of Chaetophorales. Tese de Doutorado, Universidade de Durham, Durham.

- Gibson, M.T. & Whitton, B.A.** 1987. Hairs, phosphatase activity and environmental chemistry in *Stigeoclonium*, *Chaetophora* and *Draparnaldia* (Chaetophorales). *British Phycological Journal* 22: 11-22.
- Godward, M.** 1942. The life-cycle of *Stigeoclonium amoenum* Kütz. *New Phytologist* 41(4): 293-301.
- Graham, L.E. & Wilcox, L.W.** 2000. *Algae*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M.** 2023. *AlgaeBase*: World wide electronic publication. National University of Ireland, Galway. <http://algaebase.org>
- Hazen, T.E.** 1902. The Ulothricaceae and Chaetophoraceae of the United States. *Memoirs of the Torrey Botanical Club* 11(2): 135-250.
- Heering, W.** 1914. Ulothricales, Microsporales, Oedogoniales. *In*: Pascher, A. (ed.). *Die Süßwasser flora Deutschlands, Österreich und der Schweiz*. vol. 3, part 6. Gustav Fischer, Jena.
- Hindák, F.** 1982. Systematic position of some genera of green algae characterized by the formation of mucilaginous or pseudofilaments colonies. *Preslia* 54: 1-18.
- Huber, M.J.** 1892. Contributions à la connaissance des Chaetophorées épiphytes et endophytes et de leur affinités. *Annales des Sciences Naturelles: sér. 7*, 16: 265-359.
- Islam, A.K.M.N.** 1963. A revision of the genus *Stigeoclonium*. *Beihefte zur Nova Hedwigia* 10: 1-164.
- John, D.M.** 1984. On the systematics of the Chaetophorales. *In*: Irvine, D.E.G. & John, D.M. (eds.). *Systematics of the green algae*. Academic Press, London, p. 207-232.
- John, D.M. & Rindi, F.** 2015. Filamentous (non-conjugating) and plantlike green algae. *In*: Wehr, J.R., Sheath, R.G. & Kociolek, J.P. (eds.). *Freshwater algae of North America: ecology and classification*. Academic Press, San Diego, p. 375-427. 2ª edição
- Johnson, L.R & John, D.M.** 1992. Taxonomic observations on some uncommon and new *Gongrosira* species (Chaetophorales sensu stricto, division Chlorophyta). *British Phycological Journal* 27: 153-163.
- Johnstone, I. M.** 1978. Phenotypic plasticity in *Draparnaldia* (Chaetophoraceae), 2: the physical environment and conclusions. *American Journal of Botany* 65(6): 608-614.
- Juller, E.** 1937. Der generations- und phasenwechsel bei *Stigeoclonium subspinosum*. *Archiv für Protistenkunde* 89: 55-93.
- Kanagawa, A.I.** 1983. Ulvales (Chlorophyta) marinhas do Estado de São Paulo. *Dissertação de Mestrado*, Universidade de São Paulo, São Paulo.

- Keller, A., Schleicher, T., Förster, F., Ruderisch, B., Dandekar, T., Müller, T. & Wolf, M.** 2008. ITS2 data corroborate a monophyletic chlorophycean DO-group (Sphaeropleales). *BMC Evolutionary Biology* 8: 218.
- Komárek, J. & Fott, B.** 1983. Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung: Chlorococcales. *In*: Huber-Pestalozzi, G., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (eds.). *Das Phytoplankton des Süßwassers: Systematik und Biologie*. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Kützing, F.T.** 1843a. Ueber die systematische eintheilung der algen. *Linnaea* 17: 75-107.
- Kützing, F.T.** 1843b. *Phycologia generalis oder anatomie, physiologie und systemkunde der Tange*. F.A. Brockhaus, Leipzig.
- Kützing, F.T.** 1847. Diagnosen und Bemerkungen zu neuen oder kritischen Algen. *Botanische Zeitung* 5: 1-5, 22-25, 33-38, 52-55, 164-167, 177-180, 193-198, 219-223.
- Kützing, F.T.** 1849. *Species Algarum*. F.A. Brockhaus, Lipsiae.
- Kützing, F.T.** 1853. *Tabulae phycologicae; oder Abbildungen der Tange*, vol. 3. Gedruckt auf Kosten des Verfassers (in commission bei Wilhem Köhne), Nordhausen.
- Lee, K.W.** 1978. *Uronema trentonense* sp. nov. (Chlorophycophyta, Ulotrichales): a new edaphic alga from New Jersey. *Phycologia* 17(2): 191-195.
- Lee, R.E.** 2008. *Phycology*. Cambridge University Press, New York. 4^a edição.
- Leflaive, J., Lacroix, G., Nicaise, Y. & Ten-Hage, L.** 2008. Colony induction and growth inhibition in *Desmodesmus quadricapsa* (Chlorococcales) by allelochemicals released from the filamentous alga *Uronema confervicolum* (Ulotrichales). *Environmental Microbiology* 10(6): 1536-1546.
- Leliaert, F., Rueness, J., Boedeker, C., Maggs, C.A., Cocquyt, E., Verbruggen, H. & De Clerck, O.** 2009. Systematics of the marine microfilamentous green algae *Uronema curvatum* and *Urospora microscopica* (Chlorophyta). *European Journal of Phycology* 44(4): 487-496.
- Leliaert, F., Smith, D.R., Moreau, H., Herron, M.D., Verbruggen, H., Delwiche, C.F. & De Clerck, O.** 2012. Phylogeny and molecular evolution of the green algae. *Critical Reviews in Plant Sciences* 31: 1-46.
- Lemmermann, E.** 1915. Tetrasporales. *In*: Pascher, A. (ed.). *Die Süßwasser flora Deutschlands, Österreich und der Schweiz*. vol.3, part 5. Gustav Fischer, Jena.
- Lewis, L.A., Wilcox, L.W., Fuerst, P.A. & Floyd, G.L.** 1992. Concordance of molecular and ultrastructural data in the study of zoosporic Chlorococcalean green algae. *Journal of Phycology* 28: 375-380.
- Liu, B., Hu, Y., Hu, Z., Liu, G. & Zhu, H.** 2020. Taxonomic scheme of the order Chaetophorales (Chlorophyceae, Chlorophyta) based on chloroplast genomes. *BMC Genomics* 21: 442.

- Lokhorst, G.M. & Star, W.** 1999. The flagellar apparatus structure in *Microspora* (Chlorophyceae) confirms a close evolutionary relationship with unicellular green algae. *Plant Systematics and Evolution* 217: 11-30.
- Margalef, R.** 1983. *Limnología*. Editorial Omega. Barcelona.
- Mattox, K.R. & Bold, H.C.** 1962. The taxonomy of certain Ulotrichacean algae. *Phycological Studies* 3: 1-67.
- Mattox, K.R. & Stewart, K.D.** 1984. Classification of the green algae: a concept based on comparative cytology. *In*: Irvine, D.E.G. & John, D.M. (eds.). *Systematics of the green algae*. Academic Press, London, p. 29-72.
- Mattox, K.R., Stewart, K.D. & Floyd, G.L.** 1974. The cytology and classification of *Schizomeris leibleinii* (Chlorophyceae), 1: the vegetative thallus. *Phycologia* 13: 63-69.
- Matula, J., Pietryka, M. & Richter, D.** 2006. Taxonomical studies on *Hormotila ramosissima* Korš. (Chlorophyceae). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 75(2): 149-156.
- Melkonian, M.** 1990. Phylum Chlorophyta: introduction to the Chlorophyta. *In*: Margulis, L., Corliss, J.O., Melkonian, M. & Chapman, D.J. (eds.). *Handbook of Protoctista*. Jones & Barlett, Boston. p. 597-599.
- Necchi Jr., O.** 2016. Heterokonts (Xanthophyceae and Chrysophyceae) in rivers. *In*: Necchi Jr., O. (ed.). *River algae*. Springer, Cham. p. 153-158.
- Necchi Jr., O., Branco, C.C.Z. & Branco, L.H.Z.** 2000. Distribution of stream macroalgae in São Paulo State, Southeastern Brazil. *Algological Studies* 97: 43-57.
- Necchi Jr., O., Branco, C.C.Z., Simões, R.C.G. & Branco, L.H.Z.** 1995. Distribution of stream macroalgae in Northwest region of São Paulo State, Southeastern Brazil. *Hydrobiologia* 299: 219-230.
- Necchi Jr., O., Branco, L.H.Z. & Dip, M.R.** 1994a. Uso de macroalgas para avaliação da poluição orgânica no Rio Preto, Noroeste do Estado de São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 66(3): 359-371.
- Necchi Jr, O. & Moreira, J.C.** 1995. Longitudinal distribution of macroalgae in two tropical lotic ecosystems from Southeastern Brazil. *Archiv für Hydrobiologie* 135: 113-128.
- Necchi Jr, O. & Pascoaloto, D.** 1993. Seasonal dynamics of macroalgal communities in the Preto River basin, São Paulo, Southeastern Brazil. *Archiv für Hydrobiologie* 129(2): 231-252.
- Necchi Jr., O., Pascoaloto, D. & Branco, L.H.Z.** 1994b. Distribution of macroalgae in a tropical river basin from Southeastern Brazil. *Archiv für Hydrobiologie* 129(4): 459-471.

- Necchi Jr., O., Pascoaloto, D., Branco, C.C.Z. & Branco, L.H.Z.** 1997. Stream macroalgal flora from the Northwest region of São Paulo State, Southeastern Brazil. *Algological Studies* 84: 91-112.
- Necchi Jr., O., Spezamiglio, D.N., Branco, C.C.Z. & Branco, L.H.Z.** 2002. Taxonomy and ecological distribution of the genus *Microspora* (Microsporaceae, Chlorophyta) in lotic ecosystems of São Paulo State, Southeastern Brazil. *Algological Studies* 105: 39-50.
- Novis, P.M.** 2004. A taxonomic survey of *Microspora* (Chlorophyceae, Chlorophyta) in New Zealand. *New Zealand Journal of Botany* 42: 153-165.
- Novis, P.M., Lorenz, M., Broady, P.A. & Flint, E.A.** 2010. *Parallel* Flint: its phylogenetic position in the Chlorophyceae and the polyphyly of *Radiofilum* Schmidle. *Phycologia* 49(4): 373-383.
- Özer, A., Özer, D. & Ekiz, H.I.** 1999. Application of Freundlich and Langmuir models to multistage purification process to remove heavy metal ions by using *Schizomeris leibleinii*. *Process Biochemistry* 34: 919-927.
- Pereira, I. & Parra, O.** 1984. Algas filamentosas dulceacuícolas de Chile, 1: algas bentônicas de la Región de Concepción. *Gayana Botánica* 41(3-4): 201-224.
- Pereira, J.L.** 2004. Aspectos taxonômicos e amplitude ecológica de *Schizomeris leibleinii* (Chaetophorales, Chlorophyta). Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Pereira, J.L. & Branco, L.H.Z.** 2005. Aspectos taxonômicos de *Schizomeris* Kützinger (Chaetophorales, Chlorophyta). *Revista Brasileira de Botânica* 28(2): 305-318.
- Peres, C.K.** 2011. Taxonomia, distribuição ambiental e considerações biogeográficas de algas verdes macroscópicas em ambientes lóticos de unidades de conservação do sul do Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Pickett-Heaps, J.D.** 1973. Cell division and wall structure in *Microspora*. *New Phytologist* 72: 347-355.
- Poinar, G.O. & Brown, A.E.** 2019. Green algae (Chaetophorales: Chaetophoraceae) in Burmese amber. *Historical Biology*. DOI: [10.1080/08912963.2019.1616719](https://doi.org/10.1080/08912963.2019.1616719).
- Prasad, B.N. & Srivastava, P.N.** 1963. Observations on the morphology, cytology, and asexual reproduction of *Schizomeris leibleinii*. *Phycologia* 2(4): 148-156.
- Prescott, G.W.** 1962. *Algae of the Western Great Lakes area*. Wm C. Brown. Dubuque. 2ª edição.
- Prescott, G.W.** 1968. *The algae: a review*. Houghton Mifflin Company, Boston.

- Printz, H.** 1964. Die Chaetophorales der binnengewässer: eine systematische übersicht. *Hydrobiologia* 24(1-3): 1-376.
- Pröschold, T. & Leliaert, F.** 2007. Systematics of the green algae: conflict of classic and modern approaches. *In*: Brodie, J. & Lewis, J. (eds.). *Unravelling the algae: the past, present and future of algal systematics*. CRC press, Boca Raton, p. 123-153.
- Rabenhorst, L.** 1868. *Flora europea algarum aquae dulcis et submarine*, 3: Algae Chlorophyllopyceas, Melanophyceas et Rhodophyceas complectens. Eduardum Kummerum, Lipsiae.
- Ramanathan, K.R.** 1964. Ulotrichales. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi.
- Ramos, G.J.P., Bicudo, C.E.M. & Moura, C.W.N.** 2018. Diversity of green algae (Chlorophyta) from bromeliad phytotelmata in areas of rocky outcrops and “restinga”, Bahia State, Brazil. *Rodriguesia* 69(4): 1973-1985.
- Sarma, P.** 1986. The freshwater Chaetophorales of New Zealand. *Beihefte zur Nova Hedwigia* 58: 1-169.
- Sharma, O.P.** 2011. *Algae: diversity of microbes and cryptogams*. Tata McGraw-Hill, New Delhi.
- Silva, P.C.** 1982. Chlorophycota. *In*: Parker, S.P. (ed.). *Synopsis and classification of living organisms*. vol. 1. McGraw-Hill, New York, p. 131-161.
- Simons, J. & van Beem, A.P.** 1987. Observations on asexual and sexual reproduction in *Stigeoclonium helveticum* Vischer (Chlorophyta) with implications for the life history. *Phycologia* 26(3): 356-362.
- Smith, G.M.** 1950. *The fresh-water algae of United States*. McGraw-Hill Book Company, New York. 2ª edição.
- Smith, G.M.** 1955. *Botânica Criptogâmica*. vol. 1: algas e fungi. McGraw-Hill Book Company, New York. 2ª edição.
- Sophia, M.G., Dias, I.C.A. & Araújo, A.M.** 2005. Chlorophyceae and Zygnematophyceae from the Turvo State Forest Park, State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Iheringia, Sér. Bot.* 60: 25-47.
- Starmach, K.** 1972. Chlorophyta, 3: Ulotrichales, Ulvales, Prasiolales, Sphaeropleales, Cladophorales, Chaetophorales, Trentepohliales, Siphonales, Dichotomosiphonales. *In*: Starmach, K. & Sieminska, J. (eds.). *Flora słodkowodna Polski*. vol. 10. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Stewart, K.D. & Mattox, K.R.** 1975. Comparative cytology, evolution and classification of the green algae with some consideration of the origin of other organisms with chlorophylls a and b. *The Botanical Review* 41: 104-135.

- Stewart, K.D., Mattox, K.R. & Floyd, G.** 1973. Mitosis, cytokinesis, the distribution of plasmodesmata, and other cytological characteristics in the Ulotrichales, Ulvales, and Chaetophorales: phylogenetic and taxonomic considerations. *Journal of Phycology* 9: 128-141.
- Tavana, M., Pahlavanzadeh, H. & Zarei, M.J.** 2020. The novel usage of dead biomass of green algae of *Schizomeris leibleinii* for biosorption of copper (II) from aqueous solutions: equilibrium, kinetics, and thermodynamics. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 8: 104-272.
- Trainor, F.R. & Hilton Jr., R.L.** 1964. A new species of *Hormotila* from a Connecticut soil. *Phycologia* 4(2): 99-104.
- Turmel, M., Brouard, J.S., Gagnon, C., Otis, C. & Lemieux, C.** 2008. Deep division in the Chlorophyceae (Chlorophyta) revealed by chloroplast phylogenomic analyses. *Journal of Phycology* 44: 739-750.
- van Beem, A.P. & Simons, J.** 1988. Growth and morphology of *Draparnaldia mutabilis* (Chlorophyceae, Chaetophorales) in synthetic medium. *British Phycological Journal* 23: 143-151.
- van den Hoek, C., Mann, D.G. & Jahns, H.M.** 1995. *Algae: an introduction to phycology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Vercellino, I.S.** 2001. Sucessão da comunidade de algas perifíticas em dois reservatórios do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo: influência do estado trófico e período climatológico. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Watson, J.B. & Tilden, J.E.** 1930. The algal genus *Schizomeris* and the occurrence of *Schizomeris leibleinii* Kützing in Minnesota. *Transactions of the American Microscopical Society* 49(2): 160-167.
- Wehr, J.D. & Sheath, R.G.** 2015. Habitats of freshwater algae. *In*: Wehr, J.D., Sheath, R.G. & Kociolek, J.P. (eds.). *Freshwater algae of North America, ecology and classification*. Academic Press, San Diego, p. 13-74.
- Wehr, J.D., Sheath, R.G. & Kociolek, J.P.** 2015. *Freshwater algae of North America, ecology and classification*. Academic Press, San Diego. 2ª edição.
- Wolf, M., Buchheim, M., Hegewald, E., Krienitz, L. & Hepperle, D.** 2002. Phylogenetic position of the Sphaeropleaceae (Chlorophyta). *Plant Systematics and Evolution* 230: 161-171.

- Wujek, D.E.** 2017. Reestablishing the occurrence of the green alga *Hormotila mucigena* in North America: Kansas and Michigan. Transactions of the Kansas Academy of Science 120(1-2): 82-86.
- Wujek, D.E. & Wynne, M.J.** 2016. What is the real *Hormotila*? (Chlorophyceae). Algae 31(2): 85-90.

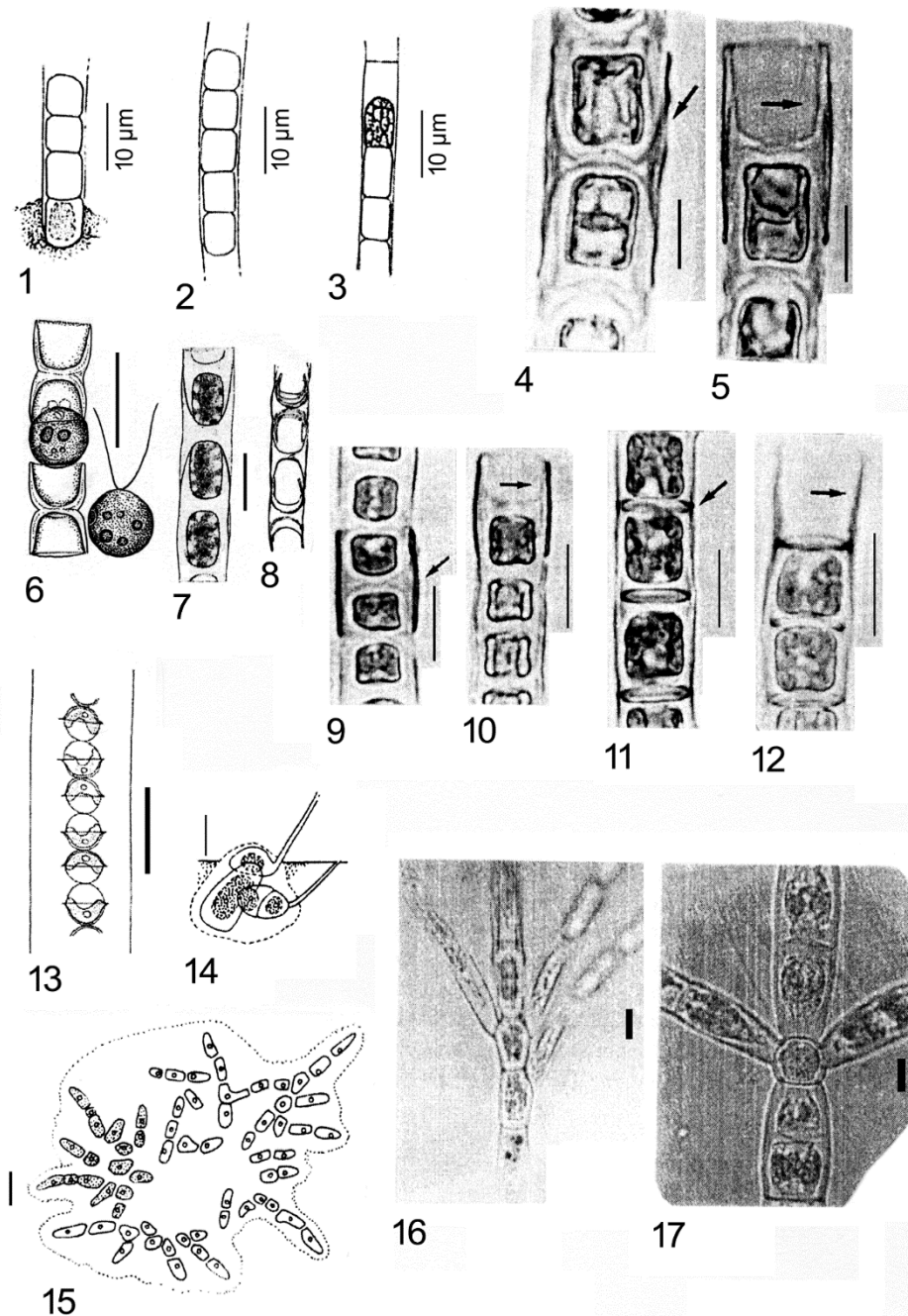


Fig. 1-3. *Microspora abbreviata* (Wille) Lagerheim (de Bicudo 1996). Fig. 4-5. *Microspora floccosa* (Vaucher) Thuret (de Necchi *et al.* 2002), setas indicando parede celular espessa. Fig. 6. *Microspora lauterbornei* Schmidle (de Ramanathan 1964). Fig. 7-8. *Microspora pachyderma* Lagerheim (de Ramanathan 1964). Fig. 9-10. *Microspora quadrata* Hazen (de Necchi *et al.* 2002), setas indicando parede celular. Fig. 11-12. *Microspora stagnorum* (Kützinger) Lagerheim (de Necchi *et al.* 2002), setas indicando parede celular. Fig. 13. *Radiofilum conjunctivum* Schmidle (de Bicudo & Bicudo 1970). Fig. 14. *Gonatoblaste rostrata* Huber (de Bicudo 1996). Fig. 15. *Protoderma viride* Kützinger (de Ferragut *et al.* 2005). Fig. 16-17. *Stigeoclonium amoenum* Kützinger (de Branco *et al.* 2002). Escalas: 10 μ m.

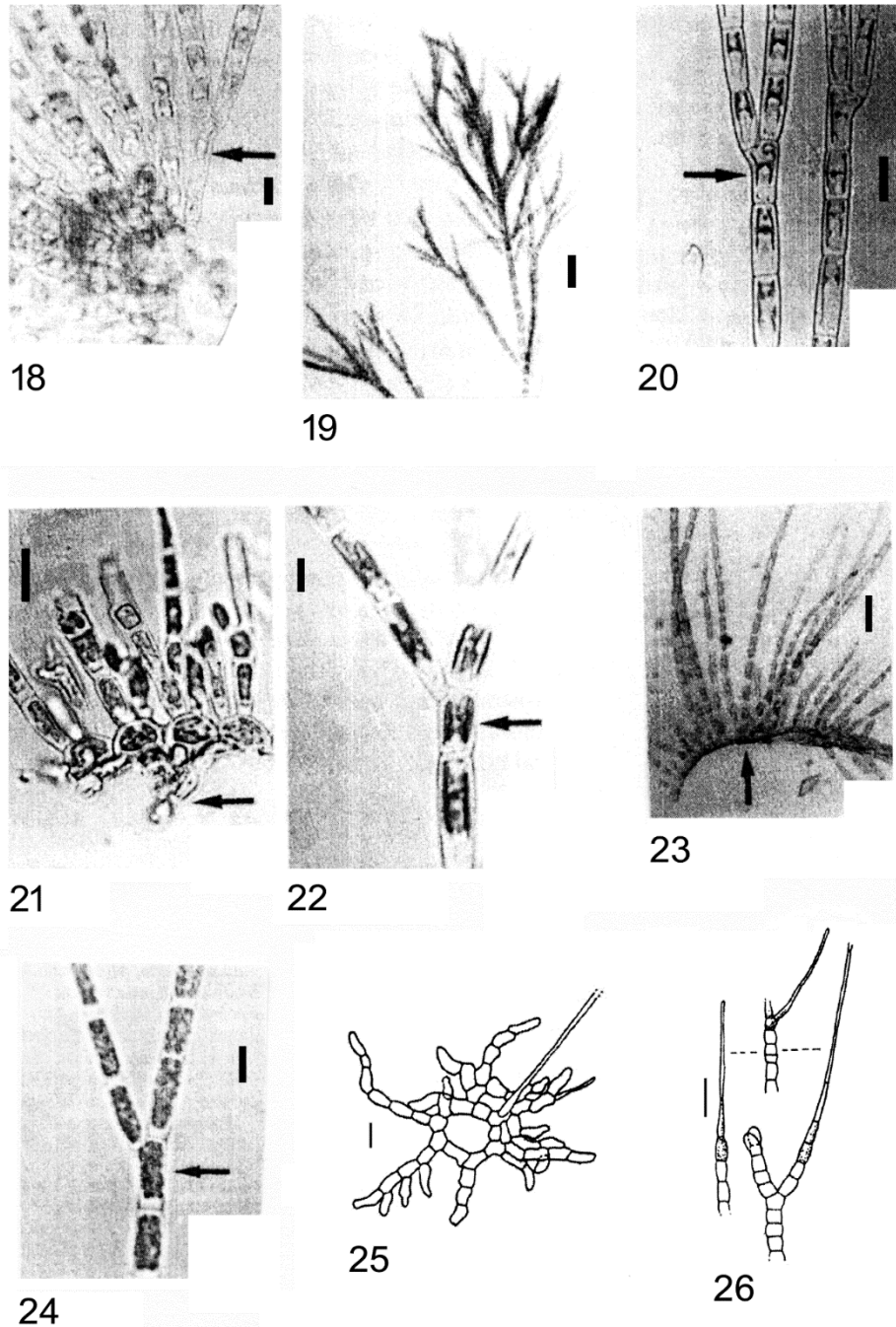


Fig. 18. *Stigeoclonium farctum* Berthold, sistema ereto mostrando células dos ramos similares às do eixo principal (de Branco *et al.* 2002). Fig. 19. *Stigeoclonium fasciculare* Kützing (de Branco *et al.* 2002). Fig. 20. *Stigeoclonium helveticum* Vischer, sistema ereto mostrando células dos ramos similares às do eixo principal (de Branco *et al.* 2002). Fig. 21-22. *Stigeoclonium lubricum* (Dillwyn) Kützing, 21. Detalhe de um ramo prostrado mostrando rizoide, 22. Sistema ereto mostrando ramificação (de Branco *et al.* 2002). Fig. 23-24. *Stigeoclonium subsecundum* (Kützing) Kützing, 23. Sistema prostrado, 24. Sistema ereto mostrando ramificação (de Branco *et al.* 2002). Fig. 25-26. *Stigeoclonium* sp., 26. Detalhes dos pelos terminais (de Bicudo & Bicudo 2014). Escalas: fig. 18, 21, 22, 24-26 = 10 μ m; fig. 20 e 23 = 20 μ m; fig. 19 = 100 μ m.

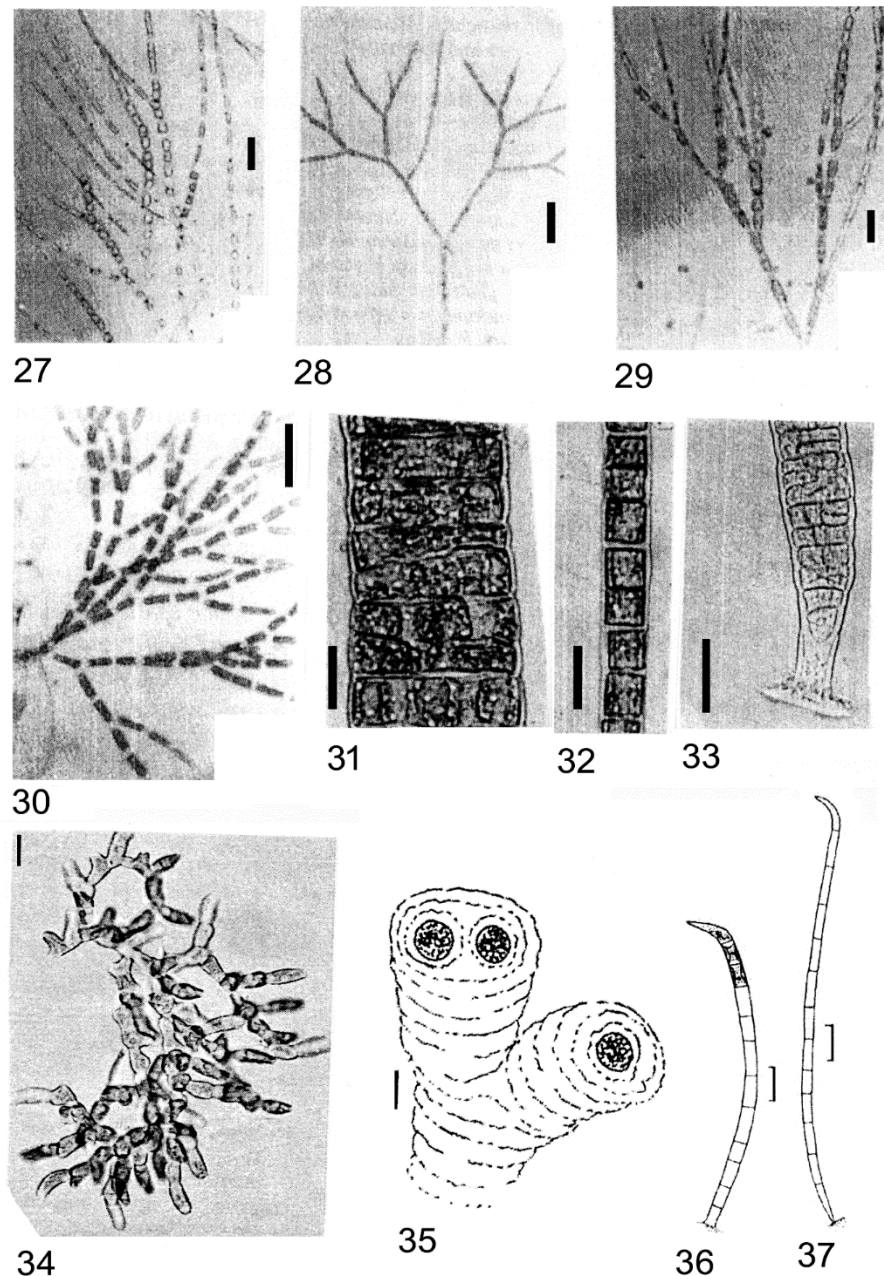


Fig. 27. *Chaetophora attenuata* Hazen (de Branco *et al.* 2002). Fig. 28. *Chaetophora elegans* (Roth) C. Agardh (de Branco *et al.* 2002). Fig. 29. *Chaetophora pisiformis* (Roth) C. Agardh (de Branco *et al.* 2002). Fig. 30. *Draparnaldia mutabilis* Roth (de Branco *et al.* 2002). Fig. 31-33. *Schizomeris leibleinii* Kützinger, 31. Detalhe da porção multisseriada do talo, 32. Detalhe da porção unisseriada do talo. 33. Detalhe do tipo de fixação do talo ao substrato (de Pereira & Branco 2005). Fig. 34. *Gongrosira papuasica* (Borzi) Tupa (de Ramos *et al.* 2018). Fig. 35. *Hormotila blennista* Trainor & Hilton (de Bicudo & Menezes 2017). Fig. 36. *Uronema confervicolum* Lagerheim var. *africanum* (Borge) Printz (de Bicudo & Pereira 2003). Fig. 37. *Uronema elongatum* Hodgetts (de Bicudo & Pereira 2003). Escalas: fig. 27-30 = 50 μ m; fig. 31-33 = 40 μ m; fig. 34-37 = 10 μ m.

Capítulo 2

Ulvophyceae filamentosas do Estado de São Paulo

1. Classe Ulvophyceae

As Ulvophyceae são conhecidas por incluírem, basicamente, as algas verdes marinhas macroscópicas bentônicas, mas também as microalgas habitantes das águas doces e salgadas (Darienko & Pröschold 2017).

A identificação das espécies e sua classificação entre as Ulvophyceae são, muitas vezes, difíceis e só podem ser realizadas estudando cepas em cultivo sob diferentes condições de crescimento, para que se possa conhecer todas as fases de seu ciclo-de-vida. As características únicas das Ulvophyceae são, principalmente, ultraestruturais como, por exemplo, a orientação anti-horária dos corpos basais dos flagelos e o tipo de citocinese (Mattox & Stewart 1984, Pröschold & Leliaert 2007).

Segundo Leliaert *et al.* (2012), as Ulvophyceae excedem bastante as demais classes das Chlorophyta em termos de complexidade do talo e sofisticação de suas células. Constituem um grupo de particular interesse evolutivo por apresentarem extraordinária diversidade morfológica e citológica. Os tipos morfológicos de talo variam desde unicelular até filamentoso simples e laminar corticado. Os esquemas citológicos variam de células pequenas contendo um único núcleo e cloroplastídio a células gigantes com centenas de núcleos e cloroplastídios (Cocquyt *et al.* 2010).

Quatro tipos citomorfológicos principais podem ser observados entre as Ulvophyceae (Cocquyt *et al.* 2010). O primeiro inclui as células uninucleadas, isoladas, não móveis e está presente em algumas Ulotrichales (Watanabe & Nakayama 2007) e em uma série de gêneros de afinidade incerta como, por exemplo, *Oltmannsiellopsis*. O segundo tipo reúne os filamentos e os talos laminares compostos por células uninucleadas, como sucede com a maioria das Ulvales, Ulotrichales e Trentepohliales. O terceiro tipo é conhecido como sifonocladáceo e inclui talos multicelulares compostos por células multinucleadas resultantes de divisões nucleares não seguidas de citocinese. Os núcleos dividem sincronicamente e estão organizados em domínios nucleocitoplasmáticos não móveis, regularmente espaçados mantidos por arranjos de microtúbulos

internucleares (McNaughton & Goff 1990, Motomura 1996). Este tipo caracteriza as Cladophorales, *Blastophysa* e alguns representantes das Ulotrichales como *Urospora* e *Acrosiphonia*. O quarto tipo são as algas verdes sifonáceas, ou seja, um conjunto de representantes marinhos constituídos por uma única célula gigante, que compreende as Bryopsidales e as Dasycladales (Verbruggen *et al.* 2009). As células sifonáceas usualmente contêm milhares de núcleos. Várias Dasycladales permanecem, entretanto, uninucleadas ao longo de grande parte de seu ciclo-de-vida, com um núcleo diploide gigante que só se dividirá no início do processo reprodutivo. O estágio uninucleado prolongado característico das Dasycladales pode ter gerado certa restrição evolutiva ao aumento do tamanho do genoma (Kapuraun & Buratti 1998).

Aproximadamente 2.380 espécies constituem esta classe conforme informação do AlgaeBase no início do corrente ano (Guiry & Guiry 2023). A classe é constituída por indivíduos predominantemente marinhos e inclui os exemplares macroscópicos das Chlorophyta. Ulvophyceae podem ser encontradas crescendo ao longo de grande parte das costas marinhas do Globo. Algumas espécies formam “florações” flutuantes conhecidas como marés verdes e que podem ser invasoras (espécies de *Caulerpa* e *Codium*). *Ulva* e *Cladophora* adaptaram-se secundariamente ao ambiente de água doce. É pouco conhecida na literatura a presença de *Monostroma quaternarium* (Kützinger) Desmazières na região altoandina da América do Sul, a ca. 4.000 m de altitude, uma espécie amplamente usada como fonte regional de alimento (Arauco *et al.* 2020).

Estudos filogenéticos realizados por Cocquyt *et al.* (2010) concluíram que a ulvófita ancestral foi, muito provavelmente, um organismo uninucleado unicelular e que o crescimento macroscópico foi alcançado de forma independente por várias linhagens que envolveram mecanismos radicalmente diferentes, seja pela evolução da multicelulariedade com mitoses e citocineses sucessivas (Ulvaes, Ulotrichales e Trentepohliales) e a obtenção de uma organização sifonocladácea multinucleada, onde cada núcleo forneceu seu próprio domínio citoplasmático (Cladophorales e *Blastophysa*); ou pelo desenvolvimento de uma organização sifonácea caracterizada por um macronúcleo ou centenas de pequenos núcleos e fluxo citoplasmático (Bryopsidales e Dasycladales).

Admite-se que as estruturas sifonácea e sifonocladácea tenham evoluído independentes nestas algas, a partir de um ancestral comum unicelular resultante de pressões seletivas para o crescimento macroscópico no ambiente bentônico marinho. Assim, duas vias teriam permitido o aparecimento de células de tamanho maior e o crescimento macroscópico. A primeira envolveu a evolução a partir de células multinucleadas, onde cada núcleo forneceu seu domínio citoplasmático levando à organização citológica sifonocladácea das Cladophorales e *Blastophysa*. A segunda via levou às formas sifonáceas das Bryopsidales e Dasycladales e envolveu duas etapas, ou seja,

primeiro a célula ancestral aumentada desenvolveu um macronúcleo e o fluxo citoplasmático permitindo o aumento da transcrição de um único núcleo e a distribuição de transcritos pela célula e, a seguir, envolveu a formação de sifões multinucleados que ocorreram, possivelmente, de forma independente em ambas as ordens junto com o desenvolvimento de plantas macroscópicas complexas que ultrapassaram o potencial de um único macronúcleo (Cocquyt *et al.* 2010).

Ulvaes e Ulotrichales constituem um ramo diversificado das Chlorophyta, onde os talos unicelulares e multicelulares variam de filamentos simples ou ramificados a estruturas laminares ou tubulares (Leliaert *et al.* 2012). As ordens Ulvaes e Ulotrichales diferem por características de seu ciclo-de-vida, quais sejam: as Ulvaes possuem um ciclo que envolve alternância de fases multicelulares isomórficas e as Ulotrichales um estágio diploide de produção de esporos representado por uma pequena célula de parede espessa presa ao substrato (estádio *Codiolum*) (O’Kelly *et al.* 2004).

Trentepohliales e Charales são conhecidas por possuírem esporopolenina na camada externa da parede de seus esporos, ou seja, uma substância bastante resistente que contém fenol (Good & Chapman 1978).

1.1. Ordem Trentepohliales

As Trentepohliales constituem o único grupo das Ulvophyceae rico em espécies de algas subaéreas e representam um modelo ideal para investigar padrões evolutivos nesses organismos por serem amplamente distribuídas e organismos que habitam o ambiente terrestre (Rindi *et al.* 2009).

Como atualmente limitado, as Trentepohliales incluem apenas uma família, Trentepohliaceae, que abrange seis gêneros definidos a partir de critérios estritamente morfológicos (*Cephaleuros*, *Phycopeltis*, *Physolinum*, *Printzina*, *Stomatochroon* e *Trentepohlia*), cujas afinidades filogenéticas permanecem pouco conhecidas (López-Bautista *et al.* 2007).

São algas verdes não-aquáticas bastante comuns e constituem um dos grupos mais diverso e abundante da flórua subaérea da região tropical. Embora estejam também presentes na região temperada, são bastante mais abundantes e diversificadas nos trópicos, onde formam, devido à produção de pigmentos carotenoides, revestimentos amarelados, alaranjados ou avermelhados na superfície do substrato em que ocorrem (López-Bautista *et al.* 2006). Crescem formando manchas verdes, vermelhas, castanhas ou quase negras em uma ampla variedade de superfícies que incluem rochas, paredes urbanas, madeira, metal, casca e folhas de árvores e pelos de animais. As algas subaéreas são particularmente abundantes e difundidas em regiões de clima úmido onde, às vezes, causam problemas econômicos significativos (López-Bautista *et al.* 2007).

Hipóteses conflitantes têm sido aventadas sobre a posição sistemática desta ordem. A citocinese do tipo fragmoplasto sugere sua afinidade com a linhagem Charophyceae (Streptophyta), enquanto os componentes do aparelho flagelar as aproximam das Ulvophyceae (Chlorophyta) (López-Bautista *et al.* 2007).

Microalgas verdes subaéreas estão entre os organismos evolutivamente mais diversos que habitam o ambiente terrestre. Sua sistemática vem sendo tradicionalmente considerada problemática e cercada de grande controvérsia (Rindi *et al.* 2009). Como a maioria das espécies da flórua subaérea é constituída por organismos unicelulares sujeitos a grande plasticidade, o conjunto de caracteres confiáveis para fins taxonômicos é limitado nas Trentepohliales. Nos últimos 15 anos, os dados da sequência 18S do rDNA tornaram-se gradualmente disponíveis e têm conduzido a importantes descobertas sobre a evolução desses organismos (Rindi *et al.* 2009). A adaptação à vida terrestre resultou em morfologias convergentes em algas situadas em linhagens evolutivas bastante distantes (López-Bautista *et al.* 2007). Além disso, em várias linhagens de algas subaéreas a estrutura do talo convergiu para um número relativamente limitado de tipos morfológicos. Consequentemente, grande parte da diversidade genética está obscurecida por morfologias muito semelhantes e mesmo idênticas. Embora este seja um acontecimento comum a muitos grupos de plantas e animais, ele torna a taxonomia das algas verdes terrestres particularmente problemática devido ao número limitado de características úteis para uma identificação morfológica confiável. Quase sem exceção, as algas verdes subaéreas têm talo simples e tamanho reduzido. Os três tipos principais de morfologia do talo encontrados nas Trentepohliales são: (1) unicelular, (2) sarcinoide (pacotes formados por pequeno número de células) e (3) filamentosos unisseriados (López-Bautista *et al.* 2007). Consequência direta disso é uma identificação de gêneros e espécies absolutamente urgente de avaliação a partir de uma combinação polifásica de abordagens (Pröschold & Leliaert 2007). Atualmente, a quantidade limitada de dados disponíveis de sequências do rDNA para a maioria dos grupos é o principal obstáculo para o desenvolvimento desta avaliação (Rindi *et al.* 2009).

A ordem Trentepohliales constitui um modelo ideal para mostrar a complexidade dos problemas que afetam a sistemática e a taxonomia das algas verdes subaéreas. A ordem inclui organismos que ocorrem em uma ampla gama de ambientes de regiões de clima úmido e chuvoso. Embora as Trentepohliales sejam mais diversas e abundantes nas regiões tropicais, elas também são encontradas nas zonas temperadas e ocorrem em uma ampla variedade de substratos como casca, folhas e frutos de plantas vasculares, madeira, metal, plástico, pedras e concreto (López-Bautista *et al.* 2002, Rindi & López-Bautista 2007). As Trentepohliales também constam entre os ficobiontes mais comuns de líquenes (Chapman & Waters 2001).

Outro fator que complica significativamente as questões taxonômicas das Trentepohliales é o fato de que várias espécies foram trabalhadas por autores que forneceram descrições muito vagas e, em várias situações, não lhes foi designado o espécime-tipo ou outro espécime autêntico (ex. *Trentepohlia aurea* e *T. jolithus*). Por esta razão, a identidade de algumas espécies tornou-se bastante problemática ao longo do tempo e a circunscrição de vários táxons morfológicamente semelhantes permanece sem solução. Devido a tais conflitos persistentes, muitas espécies possuem sua posição taxonômica ainda incerta (Rindi *et al.* 2009).

Embora a morfologia de seus representantes seja relativamente simples, as Trentepohliales constituem um grupo taxonomicamente complexo. Estas algas exibem grande plasticidade morfológica devida aos fatores físicos e químicos dos ambientes que habitam, tornando difícil a distinção de vários gêneros e espécies (Rindi & Guiry 2002, López-Bautista *et al.* 2007). Segundo López-Bautista *et al.* (2006), a validade de muitas características diacríticas (inclusive métricas) usadas na separação de gêneros e espécies na ordem é duvidosa. Especialmente nos gêneros *Trentepohlia* e *Printzina*, muitas dessas características mostram considerável sobreposição entre diferentes espécies.

A posição das Trentepohliales no grupo das algas verdes é historicamente questionável (López-Bautista & Chapman 2003), pois as características de algumas espécies como, por exemplo, a estrutura estratificada do aparelho flagelar e a citocinese do tipo fragmoplasto sugerem sua afinidade filogenética com as Charophyceae (Lopez-Bautista *et al.* 2007). Por outro lado, os componentes do aparelho flagelar organizados no sentido anti-horário evidenciam sua afinidade com as Ulvophyceae. Análises filogenéticas recentes, principalmente as realizadas por López-Bautista & Chapman (2003) usando sequências do gene 18S do rDNA, definiram a classificação das Trentepohliales entre as Ulvophyceae. As Trentepohliales possivelmente divergiram de um ancestral marinho macroscópico filamentoso das Ulvophyceae, embora a citocinese característica do tipo fragmoplasto parece estar relacionada ao ambiente terrestre (López-Bautista & Chapman 2003).

A maioria das formas incluídas nas Trentepohliales possui um colorido brilhante, em que a cor resulta da grande produção de β -caroteno e hematocromo (Bartoli *et al.* 2019).

As Trentepohliales diferem de todas as outras algas verdes por uma combinação única de características que incluem: (1) presença de β -caroteno e hematocromo, (2) ausência de pirenoide, (3) aparelho flagelar diferenciado, (4) septo celular transversal com plasmodesmos e (5) ocorrência de esporângio lateral, uma estrutura de reprodução altamente diferenciada (Fig. 1) (Rindi *et al.* 2006).

Estudos ultraestruturais da célula móvel das Trentepohliaceae revelaram certas características consistentes, incluindo flagelos bilateralmente situados e o arranjo em cruz dos corpos basais também encontrado em outras algas verdes e nas plantas terrestres (Chapman 1984).

O esporângio situa-se em um ramo lateral profundamente modificado, composto por uma célula de suporte comprimida enquanto flácida e distendida quando túrgida, e que é imediatamente seguida por um esporângio. A parede entre a célula de suporte e o esporângio desaparece na maturidade, mas permanece o contato através de um pequeno espessamento. Esta conexão eventualmente enfraquece permitindo ao esporângio desprender-se e ser disseminado pelo vento, chuva ou insetos (Thompson & Wujek 1997, Rindi *et al.* 2006).

Os ciclos-de-vida de *Trentepohlia* e *Phycopeltis* inclui alternância de gerações isomórficas (Chapman 1984, Thompson & Wujek 1997), onde o gametófito haploide produz isogametas que se juntam para produzir um esporófito diploide que produzirá apenas meiozoosporângios. Em outros casos, o gametófito pode produzir e liberar zoosporângios haploides que darão origem a zoósporos tetraflagelados (Chapman 1984). Rindi & Guiry (2002) não observaram, entretanto, reprodução sexuada em populações de *Trentepohlia* da Irlanda, mas sim células biflageladas atuando como esporos e reproduzindo a mesma fase morfológica.

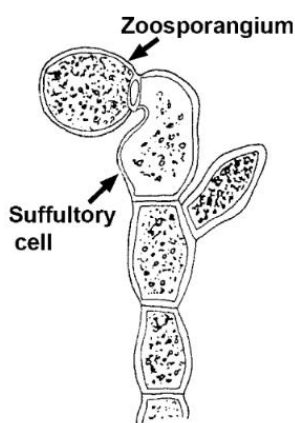


Fig. 1. Estrutura de esporângio lateral (Rindi *et al.* 2006).

Estudos recentes realizados com espécies de Trentepohliales usando o gene 18S do rDNA indicaram que os critérios morfológicos tradicionalmente usados para separar gêneros e espécies na ordem não estão perfeitamente relacionados com os padrões filogenéticos (López-Bautista *et al.* 2006). López-Bautista *et al.* (2006) estudaram representantes das Trentepohliales provenientes de diferentes regiões do mundo e concluíram ser *Cephaleuros* um ramo monofilético bem sustentado, enquanto *Trentepohlia* pareceu ser um ramo polifilético. Mostrou também que espécies de *Trentepohlia*, *Phycopeltis* e *Printzina* situaram-se em diferentes grupos. Torna-se de

fundamental importância, por conseguinte, ampliar os estudos moleculares para melhor detalhar a caracterização morfológica e ecológica dos membros das Trentepohliales. Todavia, os estudos tradicionais sobre diversidade, taxonomia e ecologia ainda constituem a base da informação para o grupo e, especialmente, para a região tropical (Rindi *et al.* 2006).

O gênero *Trentepohlia* é o mais comum e taxonomicamente o mais rico da família, incluindo mais ou menos 50 espécies (Guiry & Guiry 2023). Estas algas crescem sobre rocha, tronco de árvore, madeira e vários outros substratos artificiais formando massas, em geral, bastante conspícuas a olho nu, de cor avermelhada, alaranjada, acastanhada ou verde. Tais massas consistem em filamentos unisseriados, ramificados, com esporângios laterais ovóides, solitários ou reunidos em pequenos grupos (López-Bautista *et al.* 2002). Alguns aspectos taxonômicos do gênero ainda permanecem duvidosos como, por exemplo, a transferência por Printz (1921) da espécie *Trentepohlia monile* para o gênero *Physolinum* baseada somente em características reprodutivas, ou seja, na reprodução por aplanósporos em *Physolinum* e zoósporos em *Trentepohlia*. Flint (1959) constatou, entretanto, zoósporos em *Physolinum monile* e retornou a espécie para o gênero *Trentepohlia*. A separação de *Printzina* de *Trentepohlia* continua duvidosa, desde que análises utilizando o gene 18S do rRNA não garantiram tal separação (López-Bautista *et al.* 2006). Alguns pesquisadores ainda adotam, apesar disso, a proposta de Printz (1921) e consideram *Physolinum* um gênero bem estabelecido (Bicudo & Santos 2001).

Printzina é um gênero pouco conhecido universalmente, constituído por filamentos unisseriados ramificados, um sistema bem desenvolvido de ramos prostrados, esporângios laterais, solitários, globulares a reniformes e gametângios terminais ou laterais.

Indivíduos de *Phycopeltis* são geralmente constituídos por sistemas de ramos prostrados bem desenvolvidos e livres ou coalescidos lateralmente formando um talo pseudoparenquimatoso. Na fase reprodutiva, os filamentos produzem esporângios laterais solitários que podem ser sésseis ou estarem situados nas extremidades dos filamentos eretos. Estas algas crescem sobre folhas, menos frequentemente sobre caules, sempre em posição supracuticular e jamais parasitam a planta hospedeira (López-Bautista *et al.* 2006).

Os espécimes de *Cephaleuros* são filamentos ramificados livres ou coalescidos, que formam discos sob a cutícula e a epiderme de folhas. Da porção prostrada originam-se ramos com células cilíndricas estéreis ou férteis. O gênero é representado por espécies parasitas (López-Bautista *et al.* 2006).

Stomatochroon é o gênero menos conhecido das Trentepohliales, crescendo endofiticamente na cavidade subestomática e em espaços intercelulares dos hospedeiros. Os espécimes de

Stomatochroon são morfologicamente reduzidos e os ramos com esporângios são as únicas partes do talo que emergem da planta hospedeira (López-Bautista *et al.* 2006).

No Brasil, a informação sobre a diversidade das Trentepohliales encontra-se em quatro levantamentos florísticos realizados em áreas do Estado de São Paulo, que são: Akiyama (1971), Bicudo & Santos (2001), Lemes-da-Silva *et al.* (2010) e Lemes-da-Silva *et al.* 2017), os dois primeiros em área de Mata Atlântica e os dois últimos em seis áreas naturais, incluindo dois biomas, savana e Mata Atlântica, situados nas regiões sudeste e centro-oeste do Brasil.

Akiyama (1971) registrou a presença de oito espécies de *Trentepohlia* e uma de *Phycopeltis* e Bicudo & Santos (2001) cinco espécies de *Trentepohlia*; e os dois trabalhos foram realizados com material do Parque Estadual Fontes do Ipiranga, no Município de São Paulo. O estudo de Lemes-da-Silva *et al.* (2010) foi realizado com espécimes amostrados de fragmentos de Floresta Estacional Semidecídua do noroeste do Estado de São Paulo e divulgou cinco espécies de *Trentepohlia* e uma de *Printzina*, constituindo o primeiro registro da presença de representante do último gênero no Brasil. O maior número de espécies documentado para o território brasileiro totaliza 33 morfoespécies de Trentepohliales e foi realizado por Lemes-da-Silva *et al.* (2017). O conjunto desses levantamentos revelou uma flórula bastante diversificada, mas também mostrou que uma ampliação da amostragem foi fundamental para definir a diversidade dessas algas no Brasil (Lemes-da-Silva *et al.* 2017).

1.1.1. Família Trentepohliaceae

A ordem inclui as plantas ramificadas, cujos ramos não são ou são muito pouco acuminados na extremidade e não possuem cerdas ou pelos na parede celular. As paredes são usualmente espessas e, às vezes, lameladas. O cloroplastídio é essencialmente parietal, semelhante a uma rede e, certas vezes, maciço. O talo destas algas mostra uma diferença clara entre uma porção basal prostrada e outra ereta livremente ramificada. Inclui espécies epífitas e endófitas em madeira ou conchas e algumas parasitas. Os pigmentos carotenoides são vermelhos em vários gêneros e abundantes, principalmente, quando as plantas são subaéreas e encontram-se expostas a intensa luminosidade.

A reprodução assexuada ocorre por zoósporos produzidos em zoosporângios intumescidos e, geralmente, terminais nos filamentos. Todo o esporângio pode ser eliminado e levado pelo vento para germinar em outro local. A reprodução sexuada ocorre por isogametas produzidos em células levemente intumescidas semelhantes aos zoosporângios (Prescott 1969).

Physolinum Printz, Kongelige Norske Videnskabers Selskabs Skrifter 1920(1): 23. 1921.

Espécie-tipo: *Physolinum monilia* (De Wildeman) Printz, Kongelige Norske Videnskabers Selskabs Skrifter 1920(1): 23. 1921.

Basiônimo: *Trentepohlia monilia* De Wildeman, Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg 9: 140. 1891.

Os representantes deste gênero vivem fixos sobre troncos de árvore, rochas, paredes de cimento e madeiras, desde que esses ambientes estejam submetidos a períodos constantes de umidade; e são visíveis a olho nu como manchas normalmente salientes, de aspecto felpudo e cor alaranjada vivo. O talo é constituído por filamentos unisseriados irregularmente ramificados. Alguns filamentos crescem prostrados e aderidos ao substrato, enquanto outros são eretos constituindo talos heterótricos. Tanto os filamentos prostrados quanto os eretos são nitidamente constrictos na altura dos septos transversais e bastante curtos, isto é, são formados por 10 a 20 células. As células são elípticas em corte óptico longitudinal conferindo ao filamento aparência moniliforme. Os cloroplastídios são discoides e numerosos em cada célula. Com a idade, os plastídios são progressivamente mascarados por grãos de α -caroteno, o pigmento responsável pela cor vermelha ou alaranjada das células mais velhas.

Alguns autores não consideram *Physolynum* um gênero independente, mas sinônimo de *Trentepohlia*. Outros acreditam, todavia, tratar-se de gêneros autônomos, pois *Physolinum* não forma gametócitos e os zoósporos são biflagelados, jamais tetraflagelados.

Conforme a literatura, *Physolinum* inclui uma única espécie, *P. monilia* (De Wildeman) Printz, cujos espécimes podem ser vistos com frequência em ambientes tropicais de todo o Globo, misturados com hepáticas e musgos. A identificação taxonômica da espécie pode ser feita usando os trabalhos de Akiyama (1971) e Bicudo & Santos (2001), ambos baseados em material do Parque Estadual das Fontes de Ipiranga, na cidade de São Paulo.

Apenas uma espécie coletada.

P. monilia (De Wildeman) Printz, Kongelige Norske Videnskabers Selskabs Skrifter 1920(1): 23. 1921 (como *monile*).

Basiônimo: *Trentepohlia monilia* De Wildeman, Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg 9: 140. 1891.

Fig. 4-8

Talo com forma de colônias diminutas misturadas com outras algas epífitas ou terrestres, filamento muito curto, 10-20 células, esparsamente ramificado, sem diferenciação entre eixo principal e ramos eretos, células esféricas a amplamente elípticas, simétricas ou não, moderadamente intumescidas, profundamente constrictas ao nível dos septos transversais, 15-35

μm compr., 12,5-22,5 μm larg., parede celular delgada, lisa, hialina, muito raro finamente rugosa, aplanosporângios indiferenciados das células vegetativas, 25-31 μm larg., aplanósporos 4-16 por aplanosporângio, liberados pela ruptura da parede do esporângio.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Municípios de Nhandeara, Novo Horizonte, Sales, São João de Iracema, União Paulista e Votuporanga (Lemes-da-Silva *et al.* 2010). **Município de São Paulo** (Akiyama 1971, Bicudo & Santos 2001). Fragmentos florestais espalhados na região noroeste do Estado (Lemes-da-Silva *et al.* 2017: como *Trentepohlia monilia*).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Todos os espécimes ora analisados foram coletados sobre tronco de árvores formando massas com aspecto de feltro, cor alaranjada vivo, medindo 0,2-0,3 mm de espessura. Os talos foram sempre isótricos e pouco e irregularmente ramificados. Alguns autores que não consideram o gênero *Physolinum* identificaram estes espécimes como *Trentepohlia rigidula* (Müller) Hariot.

Trentepohlia (Linnaeus) Martius, Flora cryptogamica erlangensis. 351. 1817, *nom. cons.*

Espécie-tipo: *Trentepohlia aurea* (Linnaeus) Martius, Flora cryptogamica erlangensis. 351. 1817.

Basiônimo: *Byssus aurea* Linnaeus, Species plantarum. 1168. 1753.

Os representantes de *Trentepohlia* habitam ambiente subaéreo e vivem fixos a diversos tipos de substrato como rocha, solo, tronco e folhas de árvores e parede de cimento, desde que tais substratos estejam submetidos a períodos frequentes de umidade. *Trentepohlia* aparece a olho nu como manchas de aparência geralmente felpuda, algumas vezes pulverulenta, comumente salientes no substrato e de cor que varia desde verde até cor de ferrugem ou alaranjado vivo. O talo é constituído por filamentos unisseriados irregularmente ramificados. Certas espécies apresentam o talo todo ereto (isótrico), enquanto outras mostram alguns filamentos prostrados aderidos ao substrato e outros eretos e livres (heterótrico). As células são quadradas a retangulares em corte óptico longitudinal, raro em forma de barril. Os cloroplastídios são discoides e numerosos em cada célula. Com a idade, os plastídios são progressivamente mascarados por grãos de α -caroteno responsável pela cor avermelhada das células mais velhas. O gênero pode ser o ficobionte de líquenes.

O gênero inclui ao redor de 50 espécies aceitas e amplamente distribuídas nos ambientes tropicais. Os estudos de biologia molecular baseados na sequência do gene 18S do DNA nuclear mostraram que *Trentepohlia* é um gênero polifilético e que ainda necessita de estudos mais acurados para sua melhor circunscrição taxonômica (Lopez-Bautista *et al.* 2006, Rindi *et al.* 2009).

As obras que incluem maior número de morfoespécies são Printz (1964), que permite identificar 12 espécies da Ásia e Europa e Rindi *et al.* (2008b), que inclui 13 espécies da América Central. Para o Brasil, Akiyama (1971) estudou material coletado por Boris Vassilievich Skvortzov, pesquisador polonês que trabalhou no Instituto de Botânica (hoje Instituto de Pesquisas Ambientais) em São Paulo, entre os anos 1960 e 1970 e realizou intensa coleta de material no PEFI, Parque Estadual de Fontes de Ipiranga e adjacências e muito pouco fora dessa área. É extremamente provável, portanto, que as oito espécies de *Trentepohlia* em Akiyama (1971) sejam todas provenientes do referido Parque. Ainda para o PEFI, Bicudo & Santos (2001) identificaram quatro espécies de *Trentepohlia*. Mais recentemente, Lemes-da-Silva *et al.* (2017) estudaram as *Trentepohliales* de coletas realizadas em áreas naturais de Mata Atlântica e de Cerrado. Este último artigo oferece descrição e ilustração de 20 espécies de *Trentepohlia*. A taxonomia nesses dois artigos foi integralmente baseada em características morfológicas.

Para alguns autores, a única espécie atualmente reconhecida de *Physolinum* deveria estar incluída entre as *Trentepohlia*. Entretanto, outros preferem considerá-los gêneros independentes, pois *Trentepohlia* forma gametócitos e os zoósporos são tetraflagelados.

O nome *Trentepohlia* (Linnaeus) Martius 1817 foi conservado em detrimento de seu homônimo anterior *Trentepohlia* A.W. Roth 1794, um musgo. Outros homônimos também rejeitados são: *Trentepohlia* A.W. Roth 1800, uma fanerógama (Cruciferae), *Trentepohlia* W.H. Harvey, uma rodofícea (Acrochaetiaceae), *Trentepohlia* Bockeler 1858, uma fanerógama (Cyperaceae) e *Trentepohlia* N. Prinsheim 1862, uma rodofícea (Acrochaetiaceae).

Chave para identificação das *Trentepohlia* do Estado de São Paulo:

1. Talo com partes prostrada e parte ereta diferenciadas (heterótrico).
 2. Células do sistema prostrado moniliformes *T. abietina* var. *tenue*
 2. Células do sistema prostrado cilíndricas, globosas ou irregulares.
 3. Células do sistema prostrado cilíndricas.
 4. Filamentos eretos curtos (20-30 células) *T. calamicola*
 4. Filamentos eretos longos (> 30 células) *T. depressa*
 3. Células do sistema prostrado globosas ou irregulares.
 5. Células do sistema prostrado globosas *Trentepohlia* sp. 2
 5. Células do sistema prostrado irregulares *T. cf. chapmanii*
1. Talo com partes prostrada e parte ereta não diferenciadas (isótrico).
 6. Talo com aspecto de massa crostosa.
 7. Filamentos com ramificações curtas *T. diffracta*

- 7. Filamentos não ramificados *T. cf. jolithus*
- 6. Talo com aspecto de massa pulverulenta, algodão ou lâmina.
 - 8. Talo com aspecto de massa pulverulenta *T. rigidula*
 - 8. Talo com aspecto de lâmina ou algodão.
 - 9. Talo com aspecto de lâmina *T. peruana*
 - 9. Talo com aspecto de algodão.
 - 10. Parede celular colorida *Trentepohlia* sp. 1
 - 10. Parede celular hialina.
 - 11. Célula apical dos filamentos com um capuz péctico *T. araucariana*
 - 11. Célula apical dos filamentos sem um capuz péctico.
 - 12. Filamentos eretos de células moniliformes *Trentepohlia* sp. 3
 - 12. Filamentos eretos de células cilíndricas.
 - 13. Células vegetativas < 13 µm larg.
 - 14. Filamentos orientados em uma mesma direção; ramificações raras *T. dusenii*
 - 14. Filamentos emaranhados; ramificações abundantes *T. abietina* var. *abietina*
 - 13. Células vegetativas > 13 µm larg.
 - 15. Esporângios solitários *T. aurea*
 - 15. Esporângios em grupos de 2-5 *T. arborum*

T. abietina (Flotow ex Kützing) Hansgirg var. ***abietina***, Prodrömus der Algenflora von Böhmen 1: 86. 1886.

Basiônimo: *Chroolepus abietinus* Flotow ex Kützing, Phycologia germanica. 228. 1845.

Fig. 9-10

Filamentos formando massa alaranjada com aspecto de algodão, talo não diferenciado em sistemas prostrado e ereto (isótrico), filamentos longos, não afilados para o ápice, ramificações abundantes, geralmente formando ângulo de 90° com o eixo principal, células apicais cônico-arredondadas, células cilíndricas, (12-)18,4-26(-29,6) µm compr., (6,8-)8,8-11(-12) µm larg., relação comprimento-largura celular (1,5-)2-3(-3,2), cloroplastídios parietais, gametângios globosos, isolados, laterais ou apicais, pedunculados ou sésseis, 13,6-36 µm compr., 17,6-36 µm larg., relação comprimento-largura 0,8-1,1, esporângio isolado, globoso, ca. 19,2 µm compr., ca. 21,6 µm larg., relação comprimento-largura ca. 1,1.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: **Municípios de Campos do Jordão, Ubatuba** e fragmentos florestais espalhados na região noroeste do Estado (Lemes-da-Silva *et al.* 2017). **Município de São Paulo** (Akiyama 1971). **Município de União Paulista** (Lemes-da-Silva *et al.* 2010).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

A variedade-tipo da espécie foi documentada para o Brasil por Akiyama (1971) muito provavelmente de amostra coletada na área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, em São Paulo. Foi também encontrada por Lemes-da-Silva *et al.* (2010) em fragmentos de floresta estacional semidecídua na região noroeste do Estado de São Paulo, vivendo sobre tronco de árvores e com medidas da largura celular (6,7-8,3 μm) inferiores às da literatura. Lemes-da-Silva *et al.* (2017) identificaram representantes desta espécie de material da Serra do Mar, do Município de Campos do Jordão e de fragmentos florestais da região noroeste do Estado.

Trentepohlia abietina é uma das espécies do gênero mais bem distribuídas geograficamente, tendo sido documentada para inúmeros ambientes das regiões temperadas e tropicais do Globo (Rindi *et al.* 2008b).

T. abietina (Flotow) Hansgirg var. ***tenue*** (Zeller) Cribb, Proceedings of the Royal Society of Queensland 82(2): 21. 1970.

Basiônimo: *Chroolepus tenue* Zeller, Journal of the Asiatic Society of Bengal 42(2): 191. 1873.
Fig. 11-12

Filamentos formando pequenas massas globosas alaranjadas, talo diferenciado em sistemas prostrado e ereto (heterótrico), sistema prostrado pseudoparenquimatoso, células elipsoidais a moniliformes, 7,2-8,8(-11,2) μm compr., 7,2-8,8(-9,6) μm larg., relação comprimento-largura celular 0,9-1,3, sistema ereto filamentoso, filamentos não afilados na extremidade, ramificações raras, cloroplastídios indistintos, células apicais cônico-arredondadas, com espessamento, células cilíndricas a elípticas, (11,2-)15,2-16(-26,4) μm compr., (4-)4,8-6,4(-10) μm larg., relação comprimento-largura celular (1,5-)2-4,3, gametângios isolados, globosos, laterais, 8,8-11,2 μm larg., esporângios não observados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: **Municípios de Campos do Jordão e Ubatuba** (Lemes-da-Silva 2013). **Município de São Paulo** (Akiyama 1971). **Município de Ubatuba** (Lemes-da-Silva *et al.* 2017).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Lemes-da-Silva *et al.* (2013) examinaram três populações de *T. abietina* (Flotow) Hansgirg var. *tenue* (Zeller) Cribb coletadas de tronco de árvores das regiões de restinga, floresta ombrófila mista e cerrado. Os representantes desta variedade diferem daqueles da variedade-tipo da espécie por possuírem espessamentos bem desenvolvidos na parede da maioria das células apicais e rugosidade nas paredes celulares em geral.

A var. *tenue* foi identificada por Cribb (1958, 1963) de material de Queensland, Austrália como *T. crassisepta* Karsten e, posteriormente, considerada pelo próprio Cribb (1970) sinônimo de *T. abietina* var. *tenue*.

Rindi & López-Bautista (2008) documentaram a presença da var. *tenue* em florestas tropicais do Panamá. Posteriormente, Lemes-da-Silva *et al.* (2017) encontraram espécimes desta variedade na Serra do Mar e em Campos de Jordão.

T. araucariana Lemes-da-Silva, López-Bautista & Branco, *Phycologia* 57(4): 389, fig. 3-8. 2018.

Fig. 13-17

Indivíduo formado por massas filamentosas unisseriadas, sobre casca de árvore, sem diferenciação em sistemas prostrado e ereto (isótrico), filamentos emaranhados, não afilados no ápice, não ramificados ou com pequenos ramos, células cilíndricas ou elípticas, 11,2-27,5 µm compr., 4-10,2 µm de larg., protoplasma com numerosos grãos de carotenoide, células apicais com uma capa apical bem desenvolvida, reprodução assexuada por zoósporos, zoosporângios globulares, isolados, no ápice dos filamentos, sustentados por células sulfutórias, colo retorcido, ostíolo oposto à inserção do esporângio, 13,7-17,3 µm larg., reprodução sexuada por gametas biflagelados, gametângios globulares, isolados, 8,8-15,5 µm larg., laterais nos filamentos.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de Campos de Jordão (Lemes-da Silva *et al.* 2018).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Lemes-da-Silva *et al.* (2018) coletaram esta espécie da casca de *Araucaria angustifolia* e utilizaram o nome do gênero do hospedeiro como epíteto da nova espécie. Os referidos autores consideram a espécie uma “espécie críptica”, pois, morfologicamente, houve certa sobreposição entre *Trentepohlia araucariana* e outras espécies de *Trentepohlia*, especialmente *T. abietina*, mas as localidades-tipo dessas duas espécies encontram-se situadas em regiões amplamente separadas, com climas completamente diferentes. Os mesmos autores consideraram, entretanto, que as

características morfológicas sobrepostas de *T. araucariana* e outras espécies morfológicamente semelhantes representariam um exemplo de uma espécie morfológicamente críptica.

Além disso, a espécie apresenta capuzes pécticos que representam uma característica consistente em todas as populações. Tal capuz nas células apicais não é, todavia, uma característica exclusiva desta espécie, mas as outras espécies (*T. flava* e *T. afra*) que também o possuem, apresentam fortes diferenças de hábito e dimensões quando comparadas com *T. araucariana*.

Populações de *T. araucariana* foram encontradas vivendo sobre a casca de *Araucaria angustifolia*, em regiões montanhosas com altitudes superiores a 800 m, em florestas mistas de diferentes regiões subtropicais no Brasil.

T. arborum (C. Agardh) Hariot, Journal de Botanique 3: 383. 1889.

Basiônimo: *Conferva arborum* C. Agardh, Systema algarum. 88. 1824.

Fig. 18-19

Filamentos formando massas com aspecto de algodão, talo não diferenciado em sistemas prostrado e ereto (isótrico), filamentos longos, não afilados na extremidade, ramificações abundantes, em ângulo de 90° com o eixo principal, cloroplastídios discoides, células apicais cônico-arredondadas a obtusas, células cilíndricas, (32-)40-44(-67,2) µm compr., (12,8-)14,4-16(-21,6) µm larg., relação comprimento-largura celular 2,3-3,5, gametângios isolados, laterais, arredondados, (25,6-)31,2-47,2 µm compr., (25,6-)31,2-47,2 µm larg., relação comprimento-largura 0,9-1,3, esporângios isolados ou em grupos de 2-5, ovais ou reniformes, (20,8-)32,8-35,6 µm compr., (17,6-)20-24(-28) µm larg., relação comprimento-largura 0,9-1,5.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: **Municípios de Matão, Novo Horizonte, Sales e União Paulista** (Lemes-da-Silva *et al.* 2010). **Município de São Paulo** (Akiyama 1971, Bicudo & Santos (2001). **Município de Ubatuba** (Lemes-da-Silva 2013, Lemes-da Silva *et al.* 2017).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Trentepohlia arborum é a espécie do gênero de ocorrência mais frequente e abundante no Estado de São Paulo, especialmente em áreas de Mata Atlântica, tendo sido coletadas 24 populações em áreas de restinga, floresta ombrófila e cerrado. A morfologia desses organismos coincide perfeitamente com a descrição em Printz (1939). Lemes-da-Silva *et al.* (2010) encontraram a espécie em fragmentos florestais do noroeste do Estado de São Paulo e os espécimes que estudaram mostraram características morfológicas, métricas e merísticas perfeitamente coincidentes com as descritas originalmente para a espécie. *Trentepohlia arborum* também foi

encontrada no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga por Akiyama (1971) e Bicudo & Santos (2001).

Trentepohlia arborum é uma espécie amplamente distribuída na faixa tropical do Globo, com ocorrência registrada para Austrália (Cribb 1958), Estados Unidos da América (Havaí) (Rindi *et al.* 2005), Guiana Francesa (Rindi & López-Bautista 2008) e Panamá (Rindi *et al.* 2008b).

T. aurea (Linnaeus) Martius, Flora cryptogamica erlangensis. 351. 1817.

Basiônimo: *Byssus aurea* Linnaeus, Species plantarum. 1168. 1753.

Fig. 20-22

Filamentos formando massa com aspecto de algodão, talo não diferenciado em sistemas prostrado e ereto (isótrico), filamentos longos, não afilados na extremidade, ramificações a 90° ou pouco menos do eixo principal, ramos laterais com células cilíndricas ou em forma de barril, cloroplastídio parietal, células apicais arredondadas, células cilíndricas, 28-52 µm compr., 14,4-27,2 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,7-2,8, gametângio isolado ou aos pares, lateral, globular, 24-32 µm compr., 28-37,4 µm larg., relação comprimento-largura 0,8-1, esporângio isolado ou em grupos de 2-5, elíptico, 20,8-35,6 µm compr., 17,6-28 µm larg., comprimento-largura ca. 0,9.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: **Município de Campos de Jordão**, fragmentos florestais espalhados na região noroeste do estado (sem indicação precisa do local) (Lemes da Silva 2013, Lemes-da-Silva *et al.* 2017). **Município de Novo Horizonte** (Lemes-da-Silva *et al.* 2010). **Município de São Paulo** (Akiyama 1971, Bicudo & Santos 2001).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários:

Material de *T. aurea* (Linnaeus) Martius foi identificado por Akiyama (1971) a partir de espécimes coletados, muito provavelmente, no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga. O referido autor relatou duas estruturas reprodutivas sem nome, uma séssil, provavelmente correspondente ao gametângio e a outra pedicelada e isolada, possivelmente correspondendo ao esporângio.

T. calamicola (Zeller) De Toni & Levi, Notarisia 1: 1003. 1885.

Basiônimo: *Chroolepus calamicola* Zeller, Journal of the Asiatic Society of Bengal 42(2): 190. 1873.

Fig. 23

Talo epífita sobre tronco de árvores, aspecto de feltro, 2-5 mm espes., talo com parte prostrada e parte ereta (heterótrico), irregularmente ramificado, filamentos muito curtos, 20-30 células, células cilíndricas, margens irregulares, às vezes suavemente convexas, parede celular delgada a medianamente espessada, lisa, hialina, 11,5-28,2 μm compr., 11,4-18 μm larg., esporângios sésseis, terminais e laterais, elípticos, ca. 13 μm larg.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Paulo (Akiyama 1971, Bicudo & Santos 2001).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Trentepohlia calamicola apresenta, tipicamente, as células do sistema prostrado cilíndricas e os filamentos eretos curtos, com até 30 células. A espécie foi coletada no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga por Akiyama (1971) e Bicudo & Santos (2001).

T. cf. chapmanii Rindi & López-Bautista, Phycologia 46: 699, fig. 6-15. 2007.

Fig. 24-25

Filamentos formando uma lâmina, talo diferenciado em sistemas prostrado e ereto (heterótrico), sistema prostrado pseudoparenquimatoso, células de formas irregulares, 8-16,8 μm compr., 8-11 μm larg., filamentos eretos longos, não afilados no ápice, raro ramificados, células apicais acuminadas, células cilíndricas ou elípticas, 8,8-15,2 μm compr., 4-7,2 μm larg., relação comprimento-largura celular 1,8-3, gametângios laterais ou apicais, elípticos, 14,4-21,6 μm compr., 12-17 μm larg., relação comprimento-largura 1-1,7, esporângios não observados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de Ubatuba (Lemes-da-Silva 2013, Lemes-da-Silva *et al.* 2017).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

A população examinada por Lemes-da-Silva *et al.* (2017) foi coletada no Parque Estadual da Serra do Mar e lembra, morfológicamente, *T. chapmanii*, mas seus indivíduos representantes possuem os filamentos eretos mais longos do que os descritos em Rindi & López-Bautista (2007).

T. depressa (Müller) Hariot, Journal de Botanique 4: 52. 1890.

Basiônimo: *Coenogonium depressum* Müller, Flora (Jena) 64(33): 525. 1881.

Fig. 26-27

Filamentos formando manchas arredondadas, talo diferenciado em sistemas prostrado e ereto (heterótrico), sistema prostrado pseudoparenquimatoso, filamentos eretos longos, > 30 células, não

afilados na extremidade, não ramificados, células apicais acuminadas, células cilíndricas, 8-14,4 µm compr., 2,4-4 µm larg., relação comprimento-largura celular 2,6-4, gametângio na base dos filamentos eretos, único, elíptico, 16-21,6 µm compr., 11,2-13,6 µm larg., relação comprimento-largura 1,2-1,9, esporângios não observados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: **Município de São Paulo** (Akiyama 1971). **Município de Ubatuba** (Lemes-da-Silva 2013, Lemes-da-Silva *et al.* 2017).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Trentepohlia depressa lembra *T. calamicola*, pois ambas têm as células do sistema prostrado cilíndricas, mas os filamentos eretos da primeira espécie são longos (> 30 células).

Lemes da Silva *et al.* (2017) coletaram material desta espécie no Parque Estadual da Serra do Mar.

T. diffracta (Krempelhuber) Hariot, Journal de Botanique [Morot] 3: 396. 1889.

Basiônimo: ? *Coenogonium diffractum* Krempelhuber, Flora, Jena 59: 250. 1876.

Fig. 28-29

Filamentos formando massa crostosa, talo não diferenciado em sistemas prostrado e ereto (isótrico), filamentos longos, não afilados na extremidade, ramos curtos, 1-3 células, cloroplastídio parietal, células apicais arredondadas, células cilíndricas ou elípticas, 26,1-38,9 µm compr., 20,8-26,7 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,4-3, gametângio isolado, apical, globular, 33,1-53,3 µm compr., 30,2-45,3 µm larg., relação comprimento-largura 0,9-1,1, esporângios não observados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: **Municípios de Matão, Nhandeara, Novo Horizonte, Sales, São João da Iracema, União Paulista e Votuporanga** (Lemes-da-Silva *et al.* 2010). **Município de São Paulo** (Akiyama 1971). **Município de Ubatuba** (Lemes-da-Silva 2013, Lemes-da-Silva *et al.* 2017).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Esta espécie apresenta talo com aspecto de massa crostosa, semelhante à de *T. cf. jolithus*, mas difere porque os filamentos apresentam ramificações curtas, constituídas por uma a três células.

Lemes-da-Silva *et al.* (2017) encontraram esta espécie no Parque Estadual da Serra do Mar e em Campos do Jordão.

T. dusenii Hariot, Botaniska Notiser 1893: 193. 1893.

Fig. 30-31

Filamentos formando massa com aspecto de algodão, talo não diferenciado em sistemas prostrado e ereto (isótrico), filamentos longos, não afilados na extremidade, cloroplastídio parietal, célula apical arredondada, células cilíndricas, 13,6-28 µm compr., 7,2-12,8 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,4-3, gametângio único, lateral, globular, ca. 16 µm compr., ca. 13,6 µm larg., relação comprimento-largura ca. 1,2, esporângio único, globular, 16-20 µm larg.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: **Município de Campos de Jordão** (Lemes-da-Silva 2013, Lemes-da-Silva *et al.* 2017). **Município de Novo Horizonte** (Lemes-da-Silva *et al.* 2010: como *T. cf. dusenii*).

Material examinado: apenas material de literatura.

Comentários

Lemes-da-Silva *et al.* (2010) registraram pioneiramente a ocorrência da espécie no Brasil, mas sem ter certeza da identificação taxonômica. Lemes-da-Silva *et al.* (2017) apresentaram a mesma espécie sem o cf. (*‘conferatur’*).

Segundo Rindi & López-Bautista (2007), *T. dusenii* apresenta escassez de descrições e ilustrações na literatura, o que faz com que sua precisa caracterização seja bastante difícil, tornando-a, por conseguinte, uma das espécies menos bem conhecidas do gênero.

Lemes-da-Silva *et al.* (2010) encontraram apenas a fase gametofítica da espécie e a morfologia geral do filamento e das estruturas reprodutivas foram plenamente compatíveis com as apresentadas por Cribb (1963) e Rindi & López-Bautista (2007). No entanto, as dimensões celulares dos espécimes brasileiros foram maiores do que as fornecidas por Cribb (1963: 6-11 µm compr., 5-7 µm larg.) e Rindi & López-Bautista (2007: 4,5-7,5 µm larg., células 1-4 vezes mais longas que largas). Além disso, não foi observada diferença entre os sistemas prostrado e ereto, como registrado por outros autores. Apesar de haver uma boa correspondência entre as características morfológicas das populações estudadas com dados da literatura, também existem algumas divergências métricas importantes, razão pela qual preferiram utilizar o *‘conferatur’* cf.

T. cf. jolithus (Linnaeus) Wallroth, Flora Cryptogamica Germaniae, 2: Algae et fungi. 151. 1833.

Basiônimo: *Byssus jolithus* Linnaeus, Species plantarum. 1169. 1753.

Fig. 32-34

Filamentos formando massa crostosa, talo não diferenciado em sistemas prostrado e ereto (isótrico), filamentos longos, não afilados na extremidade, não ramificados, cloroplastídio parietal,

células elípticas inclusive as apicais, 32-40 µm compr., 6-20 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,7-3,6, gametângios e esporângios não observados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de Campos do Jordão (Lemes-da-Silva 2013, Lemes-da-Silva *et al.* 2017).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

A população examinada por Lemes-da-Silva *et al.* (2017) apresentou características vegetativas semelhantes às de *T. jolithus* (Linnaeus) Wallroth, contudo, uma identificação precisa do material não foi possível pela falta das estruturas reprodutivas, isto é, de gametângios e esporângios.

T. peruana (Kützinger) Printz, Nytt Magasin for Naturvitenskapene 80: 167. 1939.

Basiônimo: *Bulbotrichia peruana* Kützinger, Species algarum. 429. 1849.

Fig. 35-36

Filamentos formando manchas, talo não diferenciado em sistemas prostrado e ereto (isótrico), filamentos curtos, não afilados na extremidade, raro ramificados, células elípticas inclusive as apicais, 8,8-26,4 µm compr., 6,4-12 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,3-2, pelos unicelulares, hialinos, situados na porção mediana da célula, gametângio único, apical ou intercalar, elíptico, 12,8-16 µm compr., 13,6-16 µm larg., relação comprimento-largura 0,8-1,1, esporângios não observados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Paulo (Akiyama 1971). Município de Ubatuba (Lemes-da-Silva 2013, Lemes-da-Silva *et al.* 2017).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Segundo Akiyama (1971), o talo dos exemplares desta espécie é composto por uma complicada rede de filamentos ramificados. A característica diagnóstica de *T. peruana* é o talo com aspecto de lâmina.

Lemes-da-Silva *et al.* (2017) encontraram esta espécie no Parque Estadual da Serra do Mar.

T. rigidula (Müller) Hariot, Journal de Botanique [Morot] 3: 403. 1889.

Basiônimo: *Coenogonium rigidulum* Müller, Flora, Jena 65(31): 490. 1882.

Fig. 37-38

Talo epilítico, aspecto pulverulento, 1-2 mm espess., não diferenciado em sistemas prostrado e ereto (isótrico), ramificado subdicotomicamente, ramos de crescimento indefinido, filamentos eretos torulosos, células elípticas, 1-2 vezes mais longas que largas, em geral mais ou menos assimétricas, margem dorsal acentuadamente convexa, margem ventral quase reta, parede celular primeiro delgada, lisa, hialina, depois mais grossa, em geral um tanto escamosa, 11,6-15,5 µm compr., 7,8-13,6 µm larg., esporângios pediculados, terminais ou intercalares, laterais, esférico-elípticos, 14-24 µm larg.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Paulo (Akiyama 1971, Bicudo & Santos 2001).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

A característica diagnóstica de *T. rigidula* (Müller) Hariot é o talo de seus representantes possuírem aspecto de massa pulverulenta, o que a diferencia das outras espécies do gênero.

Tanto Akiyama (1971) quanto Bicudo & Santos (2001) encontraram esta espécie em fragmento de Mata Atlântica no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga.

***Trentepohlia* sp. 1**

Fig. 39

Filamentos formando massa algodoada, talo não diferenciado em sistemas prostrado e ereto (isótrico), filamentos longos, não afilados na extremidade, ramos eretos formando ângulo de 90° com o eixo principal, célula apical globosa, parede celular colorida, espessa, células cilíndricas, 20,8-31,2 µm compr., 12,8-15,2 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,7-2, cloroplastídeo discoide, gametângio único, globular, 13,6-21,6 µm compr., 16-20,8 µm larg., relação comprimento-largura 0,8-1,1, esporângios não observados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Municípios de Campos do Jordão e Ubatuba e fragmentos florestais espalhados na região noroeste do Estado de São Paulo (Lemes-da-Silva *et al.* 2017).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Lemes-da-Silva *et al.* (2017) coletaram espécimes desta espécie no Parque Estadual da Serra do Mar em Campos do Jordão e em fragmentos florestais na região noroeste do Estado de São Paulo.

Nada existe em toda a literatura consultada que coincida com a circunscrição dos exemplares de Campos do Jordão e de Ubatuba, contudo, ainda não temos certeza de se tratar de uma espécie nova para a Ciência. Tal certeza virá da consulta a mais literatura e de material fértil.

***Trentepohlia* sp. 2**

Fig. 40

Filamentos formando manchas, talo diferenciado em sistemas prostrado e ereto (heterótrico), sistema prostrado pseudoparenquimatoso, células globosas, 8,8-14,4 µm compr., 8,8-15,2 µm larg., relação comprimento-largura celular 0,9-1,1, filamentos eretos curtos, 3-5 células, não afilados na extremidade, não ramificados, cloroplastídio parietal, célula apical arredondada, células cilíndricas, 10,4-25,6 µm compr., 2,4-4 µm larg., relação comprimento-largura celular 3,2-7,2, gametângios e esporângios não observados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de Ubatuba (Lemes-da-Silva *et al.* 2017).

Material examinado: some material de literatura.

Comentários

Lemes da Silva *et al.* (2017) coletaram espécimes desta espécie no Parque Estadual da Serra do Mar, em Campos do Jordão

Apesar de uma busca intensiva, nada encontramos em toda a literatura consultada que coincidissem com a circunscrição dos exemplares de Ubatuba, podendo tratar-se, conseqüentemente, de uma espécie nova para a Ciência. A certeza virá da coleta de material que contenha gametângios e esporângios.

***Trentepohlia* sp. 3**

Fig. 41

Filamentos formando massa com aspecto de algodão, talo diferenciado em sistemas prostrado e ereto (heterótrico), sistema prostrado pseudoparenquimatoso, células irregulares, sistema ereto formado por filamentos longos, não afilados na extremidade, muito ramificados, cloroplastídio parietal, célula apical arredondada, células moniliformes, cilíndricas ou irregulares, 8-16 µm compr., 6,4-8,8 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,2-2,5, gametângio lateral, globular, ca. 16 µm compr., 15,2-17,6 µm larg., esporângios não observados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de Ubatuba e fragmentos florestais do Estado de São Paulo (Lemes-da-Silva *et al.* (2017).

Material examinado: apenas material de literatura.

Comentários

Os exemplares desta espécie foram coletados por Lemes-da-Silva *et al.* (2017) no Parque Estadual da Serra do Mar em Campos do Jordão e em fragmentos florestais do Estado de São Paulo.

Apesar de uma busca intensiva, nada encontramos em toda a literatura consultada que pudesse ser comparado com os exemplares coletados em Lemes-da-Silva *et al.* (2017). Pode tratar-se de uma espécie nova para a Ciência, mas tal certeza virá da coleta de material que contenha gametângios.

Printzina Thompson & Wujek, Journal of Phycology 28: 233. 1992.

Espécie-tipo: *Printzina lagenifera* (Hildebrand) Thompson & Wujek, Journal of Phycology 28: 234. 1992.

Basiônimo: *Chroolepus lageniferus* Hildebrand, Botanische Zeitung 19: 85, pl. 3. 1861.

Os espécimes de *Printzina* vivem como epífitas, sobretudo, nas regiões tropicais sombreadas do Globo dotadas de elevada umidade, onde podem ser vistos a olho nu como manchas verdes, amareladas ou alaranjadas sobre folhas e troncos de árvore. O talo é formado por um sistema de filamentos ramificados prostrados bem desenvolvidos, que podem constituir até um pseudoparênquima. Dependendo da espécie, o talo possui poucos e até numerosos ramos eretos que podem afilar para a extremidade. As células são cilíndricas, mas a apical dos filamentos pode ser acuminada. O cloroplastídio é parietal, laminar e único nas células mais jovens ou numerosos e discoides nas células maduras.

O gênero *Printzina* foi proposto por Thompson & Wujek (1992) para reunir as espécies de *Trentepohlia* que possuem esporângios globosos a reniformes e talo com o sistema de filamentos prostrados bem desenvolvido e nitidamente distinto da porção ereta (heterótrico). Permaneceram em *Trentepohlia* as plantas cujos esporângios são elípticos e o sistema prostrado é relativamente menos desenvolvido. A legitimidade de vários caracteres morfológicos hoje usados para separar espécies e identificar o gênero é duvidosa, pois vários deles e os métricos importantes na taxonomia mostraram considerável sobreposição entre populações de *Trentepohlia* e *Printzina*, não existindo uma separação evidente entre os sistemas prostrado e ereto na espécie-tipo do gênero, *P. lagenifera* (Hildebrand) Thompson & Wujek (López-Bautista *et al.* 2006, Rindi & López-Bautista 2007). Além disso, a validade do gênero *Printzina* vem sendo bastante questionada, principalmente, a partir dos dados moleculares das sequências do gene 18S do DNA nuclear (López-Bautista *et al.* 2006, Rindi *et al.* 2009), embora estes não sejam considerados

conclusivos na separação dos dois gêneros. Vários estudos (ex. Rindi & López-Bautista 2008) mantêm o gênero *Printzina*.

A maioria dos estudos que mantêm os dois gêneros separados, o fazem apesar de todas as incertezas e da existência de evidências moleculares sobre a existência deles. É altamente provável que futuros estudos sobre *Printzina* comprovem sua não-validade e que suas espécies retornem a *Trentepohlia*. No entanto, a visão geral é de que estudos mais abrangentes, que incluam um maior número de espécimes provenientes de diferentes localidades, principalmente, os trabalhos alicerçados em marcadores moleculares sejam fundamentais para a reavaliação de toda a ordem Trentepohliales. Qualquer proposta taxonômica é, neste momento, imprecisa e incompleta. Portanto, a decisão de manter o gênero *Printzina* foi adotada no presente trabalho.

Há vários levantamentos florísticos sobre as Trentepohliales que incluem descrição e ilustração de morfoespécies de *Printzina* e podem ser usados para identificar várias de suas espécies como, por exemplo, os de Rindi & López-Bautista (2008) para a Guiana Francesa e de Rindi *et al.* (2008b) para o Panamá. Para o Brasil, Lemes-da-Silva *et al.* (2010, 2017) permitem reconhecer as morfoespécies *P. effusa* e *P. lagenifera*, incluindo descrição e ilustração dos materiais estudados; e Lemes-da-Silva *et al.* (2010) é o primeiro registro da presença do gênero e de *P. effusa* no território brasileiro

Apenas uma espécie foi identificada para o Estado de São Paulo.

P. effusa (Krempelhuber) Thompson & Wujek, *nom. inval.* Journal of Phycology 28: 235. 1992.

Basiônimo: *Coenogonium effusum* Krempelhuber, Flora, Jena 59: 250. 1876.

Fig. 42-43

Talo constituído por filamentos eretos que formam manchas, filamentos ramificados, não constritos ao nível dos septos transversais, afilados para a extremidade, células cilíndricas, 8-10(-12) µm compr., 5-8 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,3-1,7(-2), célula apical acuminada, suposto gametângio lateral ou na base das ramificações, às vezes aos pares, elíptico, com um ostíolo no polo, 16-22 µm compr., 12-14 µm larg., zoosporângios não observados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São José do Rio Preto (Lemes-da-Silva *et al.* 2010).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

As populações de *Printzina effusa* (Krempelhuber) Thompson & Wujek examinadas por Lemes-da-Silva *et al.* (2010) apresentaram medidas e estruturas reprodutivas bastante semelhantes às de *Trentepohlia effusa* (seu basiônimo) descritas em Cribb (1963, 1989) e de *Printzina effusa*

em Thompson & Wujek (1992) diferindo, contudo, no comprimento relativamente mais longo das células (20-28 μm). Rindi *et al.* (2005) examinaram representantes das gerações gametofítica e esporofítica de *P. effusa* e viram que o gametófito é perfeitamente comparável àquele em Rindi & López-Bautista (2008) caracterizado pela maior relação comprimento-largura 2-5 vezes mais longas que largas.

Phycopeltis Millardet, Mémoires de la Société des Sciences Naturelles de Strasbourg 6: 48. 1870.

Espécie-tipo: *Phycopeltis epiphyton* Millardet, Mémoires de la Société des Sciences Naturelles de Strasbourg 6: 48, fig. 29-35. 1870.

Phycopeltis é um gênero de algas verdes subaéreas que vivem epífitas sobre folhas de plantas terrestres habitantes de ambientes sujeitos a períodos frequentes de umidade. Os indivíduos podem ser vistos a olho nu nas folhas do hospedeiro como manchas de cor verde-amarelada ou alaranjada. O talo de *Phycopeltis* consiste em filamentos regular (dicotômicos) ou irregularmente ramificados, que coalescem lateralmente formando uma estrutura monostromática prostrada, mais ou menos discoide, às vezes um tanto lobada e de aspecto pseudoparenquimatoso. As células são cilíndricas. O cloroplastídio pode ser único e reticulado nas formas jovens ou vários e laminares ou irregulares nas formas mais velhas, porém, sempre parietais na célula. Com a idade, os cloroplastídios são cobertos por grãos de α -caroteno, o pigmento responsável pelo tom avermelhado das células mais velhas. Cada célula tem só um pirenoide.

O gênero é amplamente distribuído na região tropical do Globo (Chapman 1984), mas já foi registrado, embora ocasionalmente, também na região temperada (López-Bautista *et al.* 2002). *Phycopeltis epiphyton*, a espécie-tipo do gênero foi proposta por Millardet (1870) a partir de material coletado de folhas aciculares de abeto (*Abies* Miller) e de folhas de hera e amora-preta na área de Freiburg (Floresta Negra, sul da Alemanha) (Rindi *et al.* 2004).

Os indivíduos de *Phycopeltis* lembram, à vista desarmada, os de *Cephaleuros*. A diferença está em que os talos de *Phycopeltis* são monostromáticos, isto é, formados por uma camada única de células que jamais penetram o hospedeiro e *Cephaleuros* forma talos desde mono até multiestromáticos, cujas células penetram o hospedeiro, pois a alga é parasita.

Várias espécies foram descritas e no primeiro tratamento abrangente sobre a família Trentepohliaceae, Printz (1939) considerou 12 espécies no gênero *Phycopeltis* separando-as, basicamente, pelo hábito e tamanho do talo, posição e morfologia dos gametângios e zoosporângios e tamanho das células vegetativas.

O hábito pouco conspicuo e a distribuição irregular dos representantes do gênero no campo tornam difícil a observação das espécies na natureza, além do seu tamanho reduzido atrapalhar a

coleta de certos dados, notadamente de sequências do DNA. Por essas razões, a taxonomia do gênero segue baseada exclusivamente em características morfológicas. Além disso, as tentativas de estabelecer cultivos de *Phycopeltis* sempre foram mal-sucedidas, de modo que o ciclo-de-vida da alga permanece mal conhecido. Evidências sugerem que o ciclo-de-vida de *Phycopeltis* incluía uma alternância isomorfa de esporófito diploide e gametófito haploide (Chapman 1984). Todo o zoosporângio é disperso pelo vento e libera zoósporos tetraflagelados que germinam produzindo os gametófitos após fixarem-se sobre algum substrato. Os gametófitos produzem os gametângios que são células vegetativas modificadas que liberam numerosos gametas biflagelados na maturidade. Os gametas fundem-se de forma isogâmica (Chapman 1984).

O gênero compreende ao redor de 26 espécies validamente publicadas habitantes das regiões tropical e subtropical do mundo inteiro. Embora esporadicamente, habitam também a região temperada. Os trabalhos sobre o gênero que reúnem informação morfológica associada à molecular indicaram que *Phycopeltis* é um gênero parafilético, necessitando ainda de estudos mais acurados para melhor definir sua taxonomia (Lopez-Bautista *et al.* 2006, Zhu *et al.* 2015).

O trabalho de Lemes-da-Silva *et al.* (2017) é o único a descrever e ilustrar nove morfoespécies de *Phycopeltis* para Brasil a partir de material coletado de ambientes da Mata Atlântica e do Cerrado.

Chave para identificação dos *Phycopeltis* do Estado de São Paulo:

1. Talo filamentosos ramificados.
 2. Ramos com 2-3 fileiras de filamentos *P. vaga*
 2. Ramos com 1 fileira de filamentos.
 3. Células marginais lobadas *P. flabellata*
 3. Células marginais não lobadas *P. amboinensis*
1. Talo discoide ou irregular.
 4. Talos exclusivamente discoides.
 5. Filamentos eretos estéreis longos presentes;
 - manchas amareladas ausentes no centro do disco *P. pilosa*
 5. Filamentos eretos estéreis longos ausentes;
 - manchas amareladas presentes no centro do disco *P. epiphyton*
 4. Talos irregulares.
 6. Células marginais não lobadas *Phycopeltis* sp. 2
 6. Células marginais lobadas.
 7. Células centrais cilíndricas *Phycopeltis* sp. 1

7. Células centrais irregulares *P. arundinacea*

P. amboinensis (Karsten) Printz, Nytt Magasin for Naturvitenskapene 80: 176. 1939.

Basiônimo: *Chroolepus amboinensis* Karsten, Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg 10: 22. 1891.

Fig. 44

Talo ramificado, ramos dicotômicos, células marginais não lobadas, células cilíndricas, 17,6-21,6 µm compr., 4,8-8 µm larg., relação comprimento-largura celular 2,1-3,3, filamentos estéreis e esporangióforos curtos, 5-12 células, não ramificados, células cilíndricas, 16-20 µm compr., 8-10,4 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,7-2, esporângio elíptico, 16-20 µm compr., 12-15,2 µm larg., relação comprimento-largura ca. 1,3, gametângios não observados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de Ubatuba (Lemes-da-Silva *et al.* 2017).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Esta espécie apresenta talo ramificado, uma característica comum a *P. flabellata* Thompson & Wujek e *P. vaga* Thompson & Wujek, mas as células marginais não se apresentam lobadas diferindo, assim, das duas espécies.

Os exemplares desta espécie foram coletados no Parque Estadual da Serra do Mar.

P. arundinacea (Montagne) De Toni, Sylloge algarum omnium hucusque cognitarum 1: 15. 1889.

Basiônimo: *Phyllactidium arundinaceum* Montagne, Exploration scientifique de l'Algérie pendant les années 1840, 1841, 1842... 1: 156. 1846.

Fig. 45

Talo discoide ou irregular formado por ramos dicotômicos, células marginais lobadas, células centrais irregulares, 8-12 µm compr., 4-4,8 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,8-2,8, células distais cilíndricas, 12-19,2 µm compr., 6-7,2 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,8-3,4, esporângios subesféricos, 11,2-12 µm compr., 8,8-9,6 µm larg., relação comprimento-largura 1,2-1,3, gametângios não observados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Municípios de Campos do Jordão e Ubatuba e fragmentos florestais do noroeste do Estado de São Paulo (Lemes-da-Silva *et al.* 2017).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Phycopeltis arundinacea (Montagne) De Toni pode ser confundida com *P. epiphyton* Millardet, mas o menor tamanho de suas células difere as duas espécies.

Os exemplares desta espécie foram coletados no Parque Estadual da Serra do Mar e em fragmentos florestais espalhados na região noroeste do Estado (sem indicação precisa do local).

P. aff. epiphyton Millardet, Mémoires de la Société des Sciences Naturelles de Strasbourg 6: 42, 48, fig. 29-35. 1870.

Fig. 46

Talo discoide formado por filamentos dicotômicos coalescentes, manchas amareladas no centro do disco, células centrais irregulares, células distais cilíndricas, lobadas antes da divisão celular, 9,2-12,1 µm compr., 7,7-12,5 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,1-1,6, gametângios e esporângios não observados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de Ubatuba (Lemes-da-Silva *et al.* 2017).

Material examinado: Município de São Carlos (SP255727). **Município de São Pedro** (SP255724).

Comentários

Os espécimes ora estudados foram coletados em um lago bastante coberto por *Eichhornia*, *Nymphaea* e Cyperaceae situado na altura do km 12 da rodovia SP-310, no Município de São Carlos e apresentaram medidas menores do que as constantes em Lemes-da-Silva (2017), mas a forma das células correspondeu com a amplitude da espécie. Todos os espécimes observados estavam estéreis, isto é, destituídos de esporângios e gametângios.

Esta espécie pode ser confundida com *P. pilosa* Thompson & Wujek devido ao talo discoide, mas as menores medidas, a ausência de filamentos e o talo discoide separam as duas espécies.

Os exemplares desta espécie foram coletados no Parque Estadual da Serra do Mar.

P. flabellata Thompson & Wujek, Trentepohliales: *Cephaleuros*, *Phycopeltis* and *Stomatochroon*: morphology, taxonomy, and ecology. 81, fig. 3.34-3.38. 1997.

Fig. 47

Talo ramificado formado por ramos dicotômicos, células marginais lobadas, 16-25,6 µm compr., 5,6-9,6 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,7-4,4, células centrais cilíndricas, 8-16 µm compr., 4,8-8,8 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,2-2, filamentos eretos estéreis, curtos, 4-5 células, não ramificados, células cilíndricas, 4,8-10,4 µm compr., 3,2-6,4 µm

larg., relação comprimento-largura celular 1,1-2, gametângio globular, ca. 9,6 µm larg., esporângios não observados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de Ubatuba (Lemes-da-Silva *et al.* 2017).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Talos ramificados ocorrem também em *P. amboinensis* (Karsten) Printz e *P. vaga* Thompson & Wujek, mas as células marginais de *P. flabellata* são lobadas e nisto a diferem dessas duas espécies.

Os exemplares desta espécie foram coletados no Parque Estadual da Serra do Mar.

P. pilosa Thompson & Wujek, Thompson & Wujek, Trentepohliales: *Cephaleuros*, *Phycopeltis* and *Stomatochroon*: morphology, taxonomy, and ecology. 85. 1997.

Fig. 48

Talo discoide formado por ramos dicotômicos, células marginais lobadas, 4,2-22,4 µm compr., 8-8 µm larg., relação comprimento-largura celular 2-3,5, células centrais cilíndricas, 8-14,4 µm compr., 4,8-6,4 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,4-2,5, filamentos eretos estéreis, longos, afilados na extremidade, não ramificados, esporângios elípticos, ca. 19,4 µm compr., ca. 14,4 µm larg., gametângios não observados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de Ubatuba (Lemes-da-Silva *et al.* 2017).

Material examinado: Município de Itu (SP255725).

Comentários

Os espécimes de *P. pilosa* Thompson & Wujek ora estudados apresentaram as medidas maiores do que as mencionadas em Lemes-da-Silva *et al.* (2017), mas exibiram todas as demais características, mormente o talo discoide e o tipo de filamento plenamente correspondentes à circunscrição da espécie. Gametângios não foram observados.

Phycopeltis pilosa pode ser confundida com *P. epiphyton* Millardet, mas seus filamentos estéreis longos e as manchas amareladas no centro do disco separam bastante bem as duas espécies.

Os exemplares desta espécie coletados por Lemes-da-Silva *et al.* (2017) foram coletados no Parque Estadual da Serra do Mar, mas, os provenientes do Município de Itu vieram de um lago coberto por *Eichhornia*, *Cyperus papyrus* e *Myriophyllum*.

P. vaga Thompson & Wujek, Trentepohliales: *Cephaleuros*, *Phycopeltis* and *Stomatochroon*: morphology, taxonomy, and ecology. 89. 1997.

Fig. 49

Talo ramificado formado por ramos dicotômicos, ramos com 2-3 fileiras de filamentos, células marginais e centrais cilíndricas, células marginais lobadas, 6,4-13,6 µm compr., 3,2-6,4 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,5-3,3, gametângios elípticos, 1,6-25,6 µm compr., 12-16,8 µm larg., relação comprimento-largura 1,2-1,5, esporângios não observados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de Ubatuba (Lemes-da-Silva *et al.* 2017).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Esta espécie apresenta ramos com duas ou três de fileiras de filamentos, o que a difere das duas espécies que apresentam talo ramificado como *P. flabellata* Thompson & Wujek e *P. amboinensis* (Karsten) Printz.

Os exemplares desta espécie foram coletados no Parque Estadual da Serra do Mar.

***Phycopeltis* sp. 1**

Fig. 50

Talo discoide ou irregular formado por ramos dicotômicos, manchas amareladas no centro do disco, células marginais lobadas, células marginais e centrais cilíndricas, 8,8-13,6 µm compr., 3,2-8 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,3-3,4, gametângios e esporângios não observados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de Ubatuba (Lemes-da-Silva *et al.* 2017).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Os espécimes ora examinados lembram bastante os de *P. epiphyton* Millardet, dos quais diferem por apresentarem as células centrais irregulares, as distais cilíndricas e lobadas logo antes da divisão celular, menor largura celular (3,2-8 µm larg.) e a relação comprimento-largura celular pouco maior (1,3-3,4). Mais espécimes deste tipo deverão ser avaliados para conhecer a constância das características acima e a definição de que realmente se trata de uma espécie nova.

Os exemplares desta espécie foram coletados no Parque Estadual da Serra do Mar.

***Phycopeltis* sp. 2**

Fig. 51

Talo discoide ou irregular formado por ramos dicotômicos, células marginais não lobadas, células marginais e centrais cilíndricas, 12-20 µm compr., 5-8 µm larg., relação comprimento-largura celular 1,5-3,4, gametângios e esporângios não observados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de Ubatuba (Lemes-da-Silva *et al.* 2017).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Phycopeltis sp. 2 lembra *P. pilosa* Thompson & Wujek, mas as maiores dimensões das células e a presença de células marginais não lobadas permitiram individualizar este material. As diferenças entre este e todos os materiais das espécies atualmente constantes na literatura não permitiram identificá-lo com qualquer espécie já conhecida. Mais exemplares deverão ser observados para conhecer a persistência das características acima e, só então, decidir se se trata de uma espécie nova.

Os presentes exemplares foram coletados no Parque Estadual da Serra do Mar.

Cephaleuros Kunze ex Fries, Systema mycologicum: sistens fungorum ordines, genera et species, hucusque cognitae, quas ad normam methodi naturalis determinavit/disposuit atque descripsit. 3: 327. 1832.

Espécie-tipo: *Cephaleuros virescens* Kunze ex Fries, Systema mycologicum: sistens fungorum ordines, genera et species, hucusque cognitae, quas ad normam methodi naturalis determinavit/disposuit atque descripsit. 3: 327. 1832.

Os espécimes de *Cephaleuros* são filamentos regularmente ramificados e coalescidos lateralmente para formar uma massa pseudoparenquimatosa uni ou mais estratificada, da qual partem filamentos irregularmente ramificados que crescem para o interior do hospedeiro, além de outros simples, não ramificados, que crescem no sentido oposto ao dos primeiros e terminam em um pelo ou um grupo de esporângios. As células podem ou não ser regularmente cilíndricas. Os cloroplastídios são parietais, reticulados ou discoides. Não existe pirenoide nos representantes deste gênero.

Os indivíduos representantes de *Cephaleuros* são parasitas verdadeiros ou semiparasitas de folhas, caule e frutos de plantas terrestres tropicais e subtropicais, onde são encontrados na superfície logo abaixo da cutícula ou no interior dos espaços intercelulares provocando descoloração e degeneração dos tecidos do hospedeiro. As áreas infestadas aparecem a olho nu como manchas de cor verde-acinzentada ou vermelha-alaranjada e aspecto de veludo. Estas algas

podem ocasionar sérios danos a plantações de borracha, chá e outras espécies vegetais de interesse comercial, mas, são de controle relativamente fácil. Espécies de *Cephaleuros* são encontradas também como ficobiontes de líquenes.

Segundo Malagi *et al.* (2011), *Cephaleuros virescens* parasita diversas plantas causando a enfermidade conhecida como mancha de algas, que ocorre em mais de 300 espécies de plantas tropicais e subtropicais do Globo. As colônias têm cor vermelho-alaranjada, apresentam aspecto felpudo e aparecem levemente salientes sobre o limbo das folhas. As lesões sobre o limbo são também arredondadas, isoladas ou coalescentes. Desde 1936, a enfermidade tem sido constatada em vários estados dos Estados Unidos da América. No Brasil, foi relatada sobre caju, abacate, urucum e citros no Estado do Ceará. A redução da área fotossintetizante das folhas e os danos causados são consequências do tamanho da área ocupada pela alga (Malagi *et al.* 2011).

O gênero inclui ao redor de 17 espécies aceitas taxonômica e nomenclaturalmente, que podem ser encontradas, praticamente, em toda a faixa tropical e subtropical do Globo. Estudos moleculares recentes reforçaram o fato de *Cephaleuros* ser um gênero monofilético e os resultados sugeriram que o hábito subcuticular, o ciclo-de-vida heteromorfo e a ocorrência de zoosporângios em aglomerados são os únicos caracteres morfológicos que têm significado filogenético potencial. No entanto, o uso de um conjunto de dados de um único gene e da amostragem relativamente limitada de material restringiu a extensão das conclusões desse estudo (Rindi *et al.* 2009). Vários levantamentos florísticos e alguns tratamentos taxonômicos podem ser utilizados para identificar boa parte das espécies (Suto & Ohtani 2009, Sunpapao & Pitaloka 2015, Sunpapao *et al.* 2015). A informação sobre a biologia do gênero encontra-se descrita em Brooks *et al.* (2015). Duas espécies (*Cephaleuros parasiticum* e *C. cf. karstenii*) e um material identificado só em nível gênero (*Cephaleuros* sp.) foram reportados para o Brasil a partir de material coletado na Mata Atlântica e no Cerrado por Lemes-da-Silva *et al.* (2017), que incluiu boas descrições e ilustração dos três materiais.

Lemes-da-Silva (2017) coletou *C. cf. karstenii* em fragmentos florestais do Estado de São Paulo e na Serra do Mar, *Cephaleuros* sp. também na Serra do Mar, em área de Mata Atlântica e *C. parasiticum* no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros, em Goiás.

Chave para identificação do material do Estado de São Paulo:

1. Sistema prostrado formado por ramos dicotômicos *C. cf. karstenii*
1. Sistema prostrado formado por ramos não dicotômicos *Cephaleuros* sp.

C. cf. karstenii Schmidle, Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 15: 457. 1897.

Fig. 52

Talo irregular, subcuticular nas folhas de árvores, sistema prostrado formado por ramos dicotômicos, células elípticas ou irregulares, filamentos eretos estéreis não afilados no ápice, não ramificados, célula apical arredondada, célula cilíndrica, 57,6-92 µm compr., 14,4-23,2 µm larg., relação comprimento-largura celular 3,3-5,8, cloroplastídio parietal, esporângios laterais, desenvolvidos em grupos de 5-10 nos filamentos eretos, esporângios elípticos, 24-25,4 µm compr., 17,6-19,2 µm larg., relação comprimento-largura 1,2-1,4.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: fragmentos florestais no noroeste do Estado de São Paulo (Lemes-da-Silva *et al.* 2017).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Segundo Lemes-da-Silva *et al.* (2017), os espécimes que examinaram exibiram características morfológicas semelhantes às de *C. karstenii*, principalmente o talo e os filamentos eretos estéreis. No entanto, detalhes das células do sistema prostrado não puderam ser observados devido à penetração das células no tecido foliar do hospedeiro, que não lhes permitiu identificar com precisão tais espécimes.

***Cephaleuros* sp.**

Fig. 53

Talo irregular, subcuticular nas folhas do hospedeiro, sistema prostrado formado por células irregulares que formam ramos simples, não dicotômicos, filamentos estéreis eretos, não afilados na extremidade, não ramificados, célula cilíndrica, 61,6-88 µm compr., 12-16,8 µm larg., relação comprimento-largura celular 3,7-7, célula apical arredondada, cloroplastídio parietal, esporângios laterais, em grupos de 3-8, elípticos, na extremidade dos filamentos eretos, 24-32 µm compr., 16,8-22,4 µm larg., relação comprimento-largura 1,2-1,5.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de Ubatuba (Lemes-da-Silva *et al.* 2017).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Os indivíduos representantes desta espécie apresentam células irregulares que não formam ramos dicotômicos, no que diferem de *Cephaleuros* cf. *karstenii* Schmidle; e foram coletados na Parque Estadual da Serra do Mar.

1.2. Ordem Ulotrichales

Borzi (1895) propôs a ordem Ulotrichales para reunir as algas verdes multicelulares isogâmicas portadoras de cloroplastídios geralmente parietais com um pirenoide central. De acordo com a descrição acima, a ordem abriga as famílias Ulvaceae, Chaetophoraceae, Ctenocladaceae e a família-tipo Ulothrichiaceae (= Ulotrichaceae) (Peres 2011).

As Ulotrichales possuem, conforme Lokhorst (1984), talo sarcinoide ramificado ou não, uni ou multisseriado, que pode se apresentar na forma de lâmina mono ou biestromática ou de tubo oco. As células são basicamente cilíndricas, uninucleadas no estágio vegetativo, possuem um cloroplastídio parietal laminar ou com a forma de copo (poculiforme) e que, frequentemente, formam projeções filiformes. Os cloroplastídios possuem um a vários pirenoides envoltos por uma bainha de grãos de amido. A parede celular é lisa ou, às vezes, lamelada, mas sempre destituída de plasmodesmos. O talo é fixo ao substrato por uma célula basal simples ou por rizoides.

A reprodução ocorre pela fragmentação dos filamentos em pedaços de poucas células ou pela formação de aplanósporos e zoósporos normalmente quadriflagelados. Alguns autores observaram a ocorrência de células biflageladas que, segundo Lokhorst (1984), poderiam ser gametas e não zoósporos. A reprodução sexuada ocorre pela fusão de gametas biflagelados e pode ser iso ou anisogâmica. Os gametas também podem se desenvolver partenogeneticamente quando ocorrer falha na fusão gamética (Bold & Wynne 1985).

O ciclo-de-vida pode ser haplo ou diplobionte e iso ou heteromorfo. Os flagelos estão inseridos apicalmente na célula reprodutiva e o aparelho flagelar é cruciado. Os corpos basais mostram simetria rotacional de 180° e estão arranjados um em relação ao outro na configuração 11-5 h. A fórmula da raiz flagelar é $x-2-x-2$ ($x = 4$). De modo geral, as células mais delgadas do filamento produzem um, dois ou quatro zoósporos e as mais largas dois, quatro, oito, 16 ou 32 zoósporos. A liberação dos zoósporos ocorre por um poro situado na face lateral de qualquer célula vegetativa (Lee 1989). Após nadarem ativamente durante um certo tempo, os zoósporos perdem a motilidade, espessam a parede e atuam como aplanósporos. Em certas espécies (*U. zonata* (Weber & Mohr) Kützinger e *U. fimbriata* Bold), estas estruturas formam paredes mais espessas, bastante resistentes à dessecação (Bold & Wynne 1985). O estágio unicelular do ciclo-de-vida é denominado estágio *Codiolum*. Os zoósporos de *Ulothrix* vêm sendo estudados sob diversos aspectos. Neste sentido, Lokhorst & Vroman (1972, 1974) produziram sucessivas gerações assexuadas de espécies de *Ulothrix* mantidas em cultivo sob fotoperíodo variável. A zoosporogênese ocorreu nas condições de dias curtos, intermediários e longos começando, em geral, pela célula apical (Lokhorst & Vroman 1974). Especialmente sob condição de dias longos foram observados aplanósporos que germinaram ainda no interior do filamento quando submetidos

a condições mais favoráveis. A propagação vegetativa ocorre por fragmentação do talo, processo este que pode aumentar de intensidade pela exaustão do meio de cultivo (Lokhorst & Vroman 1974).

Ramanathan (1964) fundamentou seu levantamento florístico das Ulotrichales da Índia nas características usadas para delimitar e subdividir a ordem, tendo o nível de organização do talo como principal argumento para caracterizar as Ulotrichales, Chaetophorales e Ulvales. E considerou as Sphaeroplacineae uma subordem das Ulotrichales

Segundo Peres (2011), as principais características usadas na taxonomia das Ulotrichales são: (1) hábito e forma do talo, (2) características da parede celular, (3) tipo e forma das células e (4) cloroplastídios e presença de pirenoide.

As Ulotrichales apresentam talo filamentosos simples. Quando jovem, o talo é fixo ao substrato por uma célula basal diferenciada. Alterações na organização do talo foram detectadas nestas algas. Assim, *U. zonata* (Weber & Mohr) Kützinger e *U. implexa* Kützinger (espécie estuarina) podem apresentar ramificações falsas e verdadeiras; e *U. flacca* (Dilwyn) Thuret (espécie marinha) mostra filamentos que muitas vezes coalescem lateralmente e o talo assume aparência multisseriada (Lokhorst 1984, Bold & Wynne 1985). As células vegetativas são usualmente cilíndricas, algumas vezes intumescidas e a parede celular é contínua, delgada, mas também pode se apresentar espessa ou lamelada em representantes de maior tamanho como os de *U. zonata* (Lokhorst 1984).

1.2.1. Família Ulotrichaceae

Observação de CEMB ao longo de 30 anos mostrou que, como Hillebrand (1983), as formas filamentosas das algas são pouco privilegiadas nos levantamentos florísticos, talvez pela maior dificuldade em sua identificação quando comparadas com as formas unicelulares ou coloniais. Mostrou também que as formas filamentosas são habitantes principalmente do perifíton e as coletas sempre privilegiaram, de maneira usual e insistente, as formas planctônicas.

A circunscrição da família Ulotrichaceae foi discutida por vários autores. Kützinger (1843) estabeleceu a família para reunir os gêneros *Ulothrix* (com três espécies de água doce) e *Stigeoclonium* (com cinco espécies de água doce). Entre os nove gêneros classificados nas Ulotrichaceae em Kützinger (1849) constam duas algas vermelhas (*Bangia* e *Goniotrichum*), o que demonstrou ser a família um agrupamento de organismos puramente artificial, onde as algas foram definidas por características apenas morfológicas (Lokhorst 1984).

A delimitação da família Ulotrichaceae e sua composição genérica continuam, desde então, bastante controversas. Segundo Hazen (1902), as principais características diagnósticas utilizadas para separar as espécies de água doce da família são a largura das células vegetativas e

o número de pirenoides por plastídio. Mais tarde, as 13 espécies de água doce identificadas em Ramanathan (1964) foram diferenciadas pela estrutura do cloroplastídio, número de pirenoides por plastídio e a relação comprimento-largura das células vegetativas.

A delimitação dos organismos identificados como Ulotrichaceae sofreu profundas alterações com o uso da microscopia eletrônica. Lockhorst (1984) sintetizou as principais características desta ordem (arquitetura geral da célula vegetativa, nível de organização do talo, reprodução, ciclo-de-vida, mecanismo da mitose e da citocinese e a estrutura das células reprodutivas flageladas) após comparar a taxonomia tradicional com a moderna e mencionou os gêneros que deveriam ser incluídos na família e os dela excluídos.

Ulothrix Kützing, Flora, Jena 16: 517. 1833.

Espécie-tipo: *Ulothrix tenuissima* Kützing, Flora, Jena 16: 518. 1833.

O gênero *Ulothrix* foi proposto por Kützing (1833) com a descrição de *U. tenuissima* e a reunião de um grupo de clorofíceas filamentosas unisseriadas simples (Lokhorst & Vroman 1972). Kützing (1833) incluiu no gênero indivíduos antes identificados sob outros nomes genéricos como *Conferva* Kützing, *Hormospora* Brébisson e *Hormiscia* Fries. O mesmo autor transferiu, simultaneamente, para *Ulothrix* quatro espécies de *Conferva* de água doce (*Conferva zonata* Weber & Mohr, *C. dissiliens* Dillwyn, *C. capillaris* C. Agardh e *C. compacta* Roth) e a espécie terrestre *C. muralis* Dillwyn. No “Species algarum” publicado em 1849, Kützing considerou 44 espécies de *Ulothrix*, número este elevado por ter considerado o gênero *Hormidium* uma seção de *Ulothrix*, embora seja constituído só por espécies terrestres. Rabenhorst (1863) listou 16 espécies de *Ulothrix*. Em 1868, o mesmo Rabenhorst transferiu para *Hormiscia* as espécies exclusivamente aquáticas de *Ulothrix* que possuíam parede espessa, mantendo em *Ulothrix* as que tinham parede delgada e habitavam ambientes terrestres e aquáticos pantanosos. Hazen (1902) definiu claramente que o nome *Ulothrix* tinha prioridade nomenclatural sobre *Hormiscia* e que os dois gêneros jamais deveriam ser tratados como sinônimos. A descrição então proposta para *Ulothrix* por Hazen (1902) é a que perdura até hoje (Lokhorst & Vroman 1972).

A delimitação imprecisa do gênero acarretou uma extensa lista de sinônimos nas diferentes obras florísticas disponíveis (ex.: Hazen 1902, Ramanathan 1964).

John (2003) afirmou que os filamentos de *Ulothrix* estão ligados por uma única célula basal rizoidal ou por rizoides que surgem de outras células. As células são cilíndricas, às vezes em forma de barril (doliformes), até muitas vezes mais longas do que largas, parede delgada ou grossa e, ocasionalmente, lamelada ou rugosa e com remanescentes em forma de “H”. Cada célula possui

um cloroplastídio parietal em forma de anel ou, mais comum, lobado circundando toda ou pouco mais de três quartos da célula e possuem um ou mais pirenoides.

Os representantes de *Ulothrix* são cosmopolitas e habitam, de preferência, a água doce corrente, mas também podem ser encontrados em ambientes lênticos. Existem ainda espécies marinhas e outras que habitam sistemas salobros (Ramanthan 1964).

Estudos realizados em laboratório associados a observações de material no campo comprovaram a preferência de algumas espécies, especialmente de *U. zonata*, por água mais fria onde o ótimo de seu crescimento aconteceu a partir do final do outono até o início da primavera (Graham *et al.* 1985, Tuzen *et al.* 2009). Graham *et al.* (1985) documentaram a formação de zoósporos em *U. zonata* em condições de cultivo à temperatura de ao redor de 20°C, alta intensidade luminosa e fotoperíodo de 8 ou 16 horas de luz. Estes estudos levaram os autores a supor que o desaparecimento desta alga em água com temperatura mais alta (> 10°C) indicaria que a reprodução assexuada em massa poderia ser a resposta, por exemplo, à sua eliminação da costa rochosa. Margalef (1983) relacionou o rápido crescimento de representantes de *Ulothrix* em águas com alta reserva alcalina ao fato de depositarem, frequentemente, carbonato de cálcio na parede celular como resultado da assimilação do bicarbonato.

Tuzen *et al.* (2009) empregaram estas algas em processo de biorremediação e identificaram o processo da bioabsorção de arsênio por *U. cylindricum*.

Ulothrix inclui várias espécies com morfologia muito simples, porém, fisiologia e ultraestrutura bastante mais complexas. A espécie mais conspícua do gênero (*U. zonata*) possui várias raças fisiológicas que habitam condições sapróbicas bastante diferentes (Cambra & Aboal 1992).

Printz (1964) e Starmach (1972) relacionaram em seus estudos florísticos, respectivamente, 15 e 20 espécies de *Ulothrix* de água doce, salobra e marinha. Nessas obras, a principal característica diagnóstica utilizada foi o tipo de reprodução, além de outras referentes à vida vegetativa como, por exemplo, a estrutura do cloroplastídio, o número de pirenoides por plastídio e o diâmetro das células.

Algumas espécies de *Ulothrix* parecem estar bem delimitadas taxonomicamente, pois podem ser identificadas com certa facilidade utilizando as chaves taxonômicas tradicionais. Entretanto, estudos de ultraestrutura e de material em cultivo demonstraram que certas dessas características diagnósticas podem se alterar bastante sob determinadas condições ambientais e serem, por conseguinte, problemáticas para a identificação de uma espécie.

Considera-se hoje, na falta de uma ampla revisão do grupo, que as identificações taxonômicas devam associar a informação dos estudos florísticos tradicionais com as mais recentes derivadas

da ultraestrutura, da bioquímica e do cultivo, embora tais informações sejam ainda restritas a poucas espécies.

Lokhorst & Vroman (1972, 1974) investigaram a taxonomia de seis espécies de *Ulothrix* de água doce e mostraram que a separação de espécies seria facilitada pelo cultivo dessas algas e divulgaram informação sobre os estágios do desenvolvimento e o ciclo-de-vida da alga (Fig. 1), inclusive sua variação morfológica. Eles acreditaram que a morfologia das algas em cultivo é bastante semelhante à observada na natureza. Entre outras coisas, a relação comprimento:largura das células em ambas as situações foi maior, em geral, nos filamentos jovens e menor nos adultos. E a faixa de variação da largura celular foi maior na natureza do que em cultivo.



Fig. 1. Diagrama do ciclo-de-vida de *Ulothrix* segundo Lokhorst & Vroman (1972).

Os representantes de *Ulothrix* são plantas fixas quando jovens e comumente livre-flutuantes quando adultas. Os talos podem estar envoltos em mucilagem mais ou menos abundante e amorfa ou estriada tanto longitudinal quanto transversalmente. Os filamentos são unisseriados, simples, polarizados (uma extremidade basal de fixação e a outra apical livre) e podem ser pouco ou nada constritos ao nível dos septos transversais. As células variam de quadrangular a elíptica. A parede celular pode ser muito delgada ou bastante espessa. O único cloroplastídio em cada célula é laminar e envolve perifericamente quase todo o citoplasma ou é apenas uma banda transversal de bordos lisos ou franjados situada no terço central da célula. Pode ocorrer um pirenoide situado centralmente no plastídio ou serem vários distribuídos caoticamente no cloroplastídio.

A reprodução sexuada acontece pela produção de gametas biflagelados que conjugam para formar zigotos, os quais germinam após processo meiótico produzindo aplanósporos que se desenvolverão em novos filamentos (Bicudo & Pereira 2003).

É interessante destacar o potencial de *Ulothrix* na biorremediação de águas contaminadas pela drenagem ácida de minas, através da tolerância e seu potencial de bioacumulação de metais pesados como Zn, Mn e Ni (Massocato *et al.* 2018).

Ulothrix compreende ao redor de 20 espécies frequentes em águas paradas ou com pouca correnteza. Algumas espécies podem ser coletadas em ambientes mantidos constantemente úmidos pelo respingar contínuo de água como, por exemplo, o de quedas d'água. Ramanathan (1964) permite identificar 18 das 20 espécies do gênero.

A ocorrência de nove táxons de *Ulothrix* foi documentada até o momento em 15 trabalhos para o território brasileiro utilizando diferentes enfoques e níveis de aprofundamento.

As primeiras contribuições de autores nacionais ocorreram em artigos com enfoque hidrobiológico. Assim, Oliveira *et al.* (1951) e Andrade (1953, 1956) citaram a ocorrência de duas espécies do gênero sem incluir descrição ou ilustração dos materiais identificados, respectivamente, *U. tenerrima* (Kützing) Kützing e *U. zonata* coletados de criadouros do *Anopheles tarsimaculatus* Goeldi na Cidade dos Meninos, Município de Duque de Caxias, Estado do Rio de Janeiro. As mesmas espécies foram citadas por Dias (1985, 1997) Franceschini (1992), Bicudo (1996), e Bicudo & Pereira (2003), o primeiro e o segundo trabalhos baseados em material do Estado do Rio de Janeiro, o terceiro do Estado do Rio Grande do Sul e os dois últimos em material do Estado de São Paulo. Todos estes cinco trabalhos incluíram descrição e ilustração dos materiais identificados.

A informação sobre a composição florística da família Ulotrichaceae no Estado de São Paulo e, especificamente, do gênero *Ulothrix* resume-se a três trabalhos.

Kleerekoper (1941) foi o único autor a descrever, embora superficialmente, o ambiente de onde coletou o material, referindo que grandes flocos de *U. zonata* foram encontrados fixos ao substrato ferruginoso de um pequeno riacho com alguma correnteza pertencente à bacia do rio Moji Guaçu, em corredeiras na Serra do Mar, Estado de São Paulo, que classificou como brandas sem, no entanto, descrever ou ilustrar o material que examinou; Bicudo (1996) descreveu e ilustrou *U. aequalis* Kützing var. *aequalis* f. *aequalis* e *U. subtilissima* Rabenhorst; e Bicudo & Pereira (2003) também providenciaram descrição e ilustração das espécies (*U. aequalis* var. *aequalis* f. *aequalis*, *U. subtilissima* e *U. tenerrima*) que identificaram de ambientes no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga localizado na região sul do Município de São Paulo.

Cinco espécies foram identificadas para o Estado de São Paulo, as quais podem ser separadas como segue:

1. Parede celular espessa (2-3 μ m espessura).

2. Parede celular estriada *U. aequalis* var. *aequalis* f. *aequalis*

2. Parede celular lisa, não estriada *U. zonata*

1. Parede celular delgada (≤ 1 μ m espessura).

3. Filamentos não envoltos em mucilagem *U. subtilissima*
 3. Filamentos envoltos em mucilagem.
 4. Células medindo $> 18 \mu\text{m}$ larg. *U. tenuissima*
 4. Células medindo $\leq 9 \mu\text{m}$ larg. *U. tenerima*

U. aequalis Kützing var. ***aequalis***, Phycologia germanica. 197. 1845.

Fig. 54

Filamentos solitários, longos, fixos pelo disco basal, não constrictos na altura dos septos, células quadradas a retangulares, 1-1,8 vezes mais longas que a própria largura, (12,9-)17-23,1 μm compr., 10-12,5 μm larg., parede celular espessa, estriada, cloroplastídio envolvendo transversalmente mais da metade do comprimento da célula, pirenoides 1 a vários.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Paulo (Bicudo 1996, Bicudo & Pereira 2003).

Material examinado: Município de Rancharia (SP114513). Município de Santo André (SP96909).

Comentários

A literatura descreve estriada a parede celular de *U. aequalis*, contudo, alguns espécimes aparentemente jovens coletados no Estado de São Paulo apresentaram-na lisa, mas inteiramente concordantes quanto às demais características da espécie.

U. subtilissima Rabenhorst, Kryptogamen-Flora Sachsen 1: 263. 1863.

Fig. 55

Filamentos solitários, longos, fixos, não envoltos em mucilagem, célula basal com disco de fixação, às vezes levemente constrictos na altura dos septos transversais, células retangulares, 3,5-5,1 vezes mais longas que a própria largura, 10-31 μm compr., 3-6 μm larg., parede celular delgada, cloroplastídio parietal, laminar, revestindo ao redor de 3/4 do comprimento da célula, pirenoides 1-2.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Paulo (Bicudo 1996, Bicudo & Pereira 2003).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Ulothrix subtilissima Rabenhorst aproxima-se morfologicamente de *Ulothrix limnetica* Lemmermann, da qual difere facilmente por não apresentar os filamentos embebidos em mucilagem.

A espécie foi documentada pioneiramente para o Brasil por Huszar (1986) ao estudar material coletado na Lagoa de Juturnaíba, que abrange área dos municípios de Araruama e Silva Jardim, no Estado do Rio de Janeiro. O trabalho contém descrição e ilustração do material identificado. Os espécimes em Huszar (1986) são pouco menores (7,9-16,3 x 3,1-4,2 µm) do que os atuais do Estado de São Paulo. Para este Estado, a primeira citação de ocorrência de espécie consta em Schwarzbald (1992) que estudou material proveniente da Lagoa do Infernã, Município de Luiz Antônio, contudo, o autor não incluiu descrição nem ilustração do material identificado, o que torna impossível sua reidentificação. Seguiram os trabalhos de Bicudo (1996) e Bicudo & Pereira (2003) que coletaram a referida espécie no perifiton do Lago das Ninfeias, Município de São Paulo e descreveram e ilustraram o material examinado.

U. tenerrima (Kützinger) Kützinger, Phycologia generalis. 253. 1843.

Basiônimo: *Conferva tenerrima* Kützinger, Linnaea 8: 361. 1833.

Fig. 56

Filamentos solitários, longos, fixos por disco basal quando jovens, frequentemente formando massas mucilaginosas de cor verde intenso, células retangulares, 1,1-2 vezes mais longas que largas, 7,8-18 µm compr., 7,1-9 µm larg., parede celular delgada, em geral envolta por tênue mucilagem, cloroplastídio parietal, envolvendo transversalmente pouco mais da metade e até 3/4 do comprimento da célula, pirenoide 1.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Paulo (Bicudo & Pereira 2003).

Material examinado: Município de Itanhaém (SP255150). Município de Santo André (SP96909). Município de São Carlos (SP255727). Município de São Paulo (SP164436). Município de Queluz (SP164018).

Comentários

Ulothrix tenerrima Kützinger pode ser encontrada em vários tipos de ambientes, porém, particularmente na água estagnada, onde forma massas de aspecto flocoso e cor verde intenso. Neste ambiente, o cloroplastídio apresenta-se reduzido a uma pequena placa lembrando espécimes de *U. variabilis* (Kützinger) Kützinger, dos quais difere pela maior largura de suas células. Os espécimes ora examinados de *U. tenerrima* apresentaram medidas celulares bastante semelhantes às de *Klebsormidium subtilis* (Kützinger) Mikhailyuk *et al.*, porém, são diferentes porque *U. tenerrima* forma massas mucilaginosas que incluem vários filamentos, enquanto *K. subtilis* apresenta filamentos solitários relativamente longos. Também, os filamentos de *Klebsormidium* são facilmente fragmentados em pedaços de poucas células quando em ambiente agitado.

U. tenuissima Kützing, Flora, Jena 16: 518. 1833.

Sinônimo: *Ulothrix tenuis* Kützing, Phycologia germanica. 197. 1845.

Fig. 57

Plantas formando massas mucilaginosas abundantes, cor verde escuro, que podem alcançar alguns centímetros de comprimento, células retangulares, (0,8-)1,9-3,5 vezes mais longas que a própria largura, não constrictas ao nível dos septos transversais, 18,8-43,2 µm compr., (14-)18,2-28 µm larg., parede celular delgada, não estriada, cloroplastídio parietal, envolvendo internamente quase todo comprimento da célula, pirenídes 2 até vários.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: primeira citação da ocorrência da espécie no Estado de São Paulo.

Material examinado: **Município de Campos do Jordão** (SP255737). **Município de Itanhaém** (SP255164). **Município de Pontes Gestal** (SP114558). **Município de São Paulo** (SP255751).

Comentários

Ulothrix tenuissima Kützing é bastante semelhante a *U. zonata* (Weber & Mohr) Kützing, da qual difere somente nas medidas e na relação entre o comprimento e a largura das células havendo, no entanto, certo recobrimento entre as medidas lineares e também a relação comprimento-largura das duas espécies. Conforme alguns autores, é muito difícil distinguir os filamentos adultos desta espécie dos filamentos jovens de *U. zonata*. De novo, a separação se faz pela largura um pouco menor dos filamentos de *U. tenuissima*, além de suas células serem relativamente mais curtas e a parede celular mais delgada.

A espécie teve sua presença documentada no Brasil em um pequeno lago a 2.300 m de altitude em Itajaí, Estado de Santa Catarina através de uma descrição bastante sucinta que incluiu medidas, mas não ilustração, porém, suficiente para reidentificar o material estudado por Möbius (1895).

Esta é a primeira referência à ocorrência da espécie no Estado de São Paulo.

U. zonata (Weber & Mohr) Kützing, Flora 16: 519. 1833.

Basiônimo: *Conferva zonata* Weber & Mohr, Naturhistorische Reise durch einen Theil Schwedens. 97. 1804.

Fig. 58

Plantas formando massas mucilaginosas frequentes, cor verde pálido, filamentos não constrictos ao nível dos septos transversais, células transversalmente retangulares, 1,1-1,3 mais largas que longas, às vezes levemente intumescidas na porção média, 9,4-16,3 µm compr., 12,4-

19,5 µm larg., parede celular espessa, lisa, cloroplastídio parietal, envolvendo internamente ao redor da metade e até ca. 3/4 do comprimento da célula, pirenoide 1.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Paulo (Kleerekoper 1941, 1944).

Material examinado: Município de Biritiba Mirim (SP187886). Município de Pioneiros (SP255739). Município de São Paulo (SP255751).

Comentários

Ulothrix zonata (Weber & Mohr) Kützinger e *Ulothrix tenuissima* Kützinger são espécies difíceis de separar uma da outra. A diferença reside unicamente nas medidas celulares e na relação entre o comprimento e a largura das células havendo, entretanto, considerável recobrimento entre medidas e valores dessa relação. No caso do material do Estado de São Paulo, as plantas de *U. zonata* apresentaram largura sensivelmente menor, quase a metade do que menciona a literatura e a parede celular foi sempre espessa, tornando relativamente fácil separá-las das plantas de *U. tenuissima*.

Uma característica bastante interessante e útil na separação de *U. zonata* de todas as outras espécies do gênero é sua rapidez na produção de zoósporos logo após ser coletada.

Möbius (1895) documentou a presença de *U. zonata* em Itajaí, Estado de Santa Catarina, fornecendo medidas da largura da célula (20-25 µm) e valores da relação comprimento-largura celular (1/4-2 vezes mais longas que largas).

Para o Brasil, a espécie foi citada para o Estado do Rio de Janeiro por Andrade (1953, 1956), Dias (1985) e Dias & Bicudo (1997); e Kleerekoper (1941, 1944) para o Estado de São Paulo. Exceto Dias (1985) e Dias & Bicudo (1997), os demais trabalhos não incluíram descrição nem ilustração dos materiais identificados.

Ulotrichopsis Wichmann *non Ulotrichopsis* Iyengar & Kanthamma 1940, *nom. illeg.*, Pflanzenforschung 20: 83. 1937.

Espécie-tipo: *Ulotrichopsis cylindrica* Wichmann, Pflanzenforschung 20: 83, pl. 6, fig. 21-29, pl. 7, fig. 1-6. 1937.

As plantas jovens de *Ulotrichopsis* são fixas e, às vezes, livre-flutuantes quando adultas. Podem estar envoltas em mucilagem mais ou menos abundante, amorfa ou estriada transversal ou longitudinalmente. Os filamentos são unisseriados, simples, polarizados e jamais constrictos ao nível dos septos. As células são aproximadamente quadrangulares. A parede celular é muito fina e constituída por peças anelares justapostas, cujos bordos se recobrem dando-lhes a aparência de peças em “H”. O único cloroplastídio em cada célula é do tipo *Ulothrix*, isto é, parietal, com a

forma de uma faixa semianelar na célula. Pode ocorrer um até vários pirenoides distribuídos sem qualquer padrão fixo no plastídio.

Ulotrichopsis é um gênero monoespecífico representado apenas por *U. cylindrica*. Difere de *Ulothrix* pela presença de peças em “H” na parede celular e de *Microspora* pela forma do plastídio e a presença de pirenoide. Há autores que não aceitam a existência do gênero *Ulotrichopsis*, preferindo incluir sua única espécie em *Microspora*. A espécie foi registrada no Brasil apenas por Dias (1987) que ofereceu descrição e ilustração do material estudado coletado no Bosque Arruda Câmara, no Município do Rio de Janeiro. Branco *et al.* (2010) estudaram material vivendo sobre substrato artificial colocado no córrego Barro Preto, um pequeno riacho localizado na Floresta Estadual de Assis, uma Unidade de Conservação situada no Estado de São Paulo, mas não incluiu descrição nem ilustração do material que examinou.

Apenas uma espécie coletada.

U. cylindrica Wichmann, Pflanzenforschung 20: 83, pl. 6, fig. 21-29, pl. 7, fig. 1-6. 1937.

Fig. 59

Filamentos não ramificados, longos, curvos, levemente emaranhados, células alongadas, cilíndricas, 7-8 µm larg., 25-26 µm compr., parede celular delgada, não constrita ao nível dos septos, cloroplastídio uma faixa larga quase do comprimento da célula, cobrindo internamente 3/4 da circunferência da parede celular, pirenoides 2-5. Reprodução vegetativa por fragmentação do talo, reprodução assexuada por zoósporos (Zarina *et al.* 2005).

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Carlos (Branco *et al.* 2010).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Branco *et al.* (2010) coletaram os exemplares que identificaram no córrego Barro Preto, na Floresta Estadual de Assis, uma Unidade de Conservação localizada no Estado de São Paulo, sudeste do Brasil.

1.2.2. Família Binucleariaceae

Filamentos unisseriados não ramificados, constituídos por células cilíndricas a elipsoidais, com paredes celulares espessas e lameladas. As células jovens aparecem inicialmente aos pares, depois amplamente separadas por septos transversais espessos e estriados. O cloroplastídio é parietal, tem forma de faixa e possui um pirenoide quase imperceptível. A reprodução assexuada

ocorre por zoósporos, aplanósporos e acinetos de parede espessa. A reprodução sexuada permanece desconhecida (Škaloud *et al.* 2018).

A família inclui apenas o gênero *Binuclearia*.

Binuclearia Wittrock, Bihang til Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar 12(1): 4. 1886.

Espécie-tipo: *Binuclearia tatrana* Wittrock, Bihang til Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar 12(1): 9, pl. 1. 1886.

Filamentos unisseriados não ramificados que vivem primeiro presos a um substrato por um disco de mucilagem e depois livre-flutuam embebidos em espessa bainha de mucilagem. As células são cilíndricas e possuem a parede espessa e lamelada, com os septos transversais também espessos e transversalmente lamelados, principalmente nas células mais velhas. O protoplasma é uninucleado, tem forma ovoide ou elipsoidal e polos amplamente arredondados. Após a divisão celular, o conteúdo celular aparece disposto aos pares no interior da parede celular. Imediatamente a seguir, o septo torna-se espesso pela secreção da parede celular de ambos protoplastos, de modo que os protoplastos maduros tornam-se largamente separados pelo septo transversal. A parede celular das células velhas comumente se rompe na porção mediana da célula dando origem a peças em “H”. O cloroplastídio é parietal, tem forma de uma banda que cobre entre 1/3 e 3/4 da circunferência interna celular e possui um pirenoide pouco visível. A reprodução assexuada ocorre por zoósporos, aplanósporos e acinetos. Os zoósporos são tetraflagelados, possuem um cloroplastídio laminar com pirenoide e um estigma anterior alongado. Os acinetos são formados quando as condições ambientais são desfavoráveis e possuem a parede espessa e envolta por uma fina camada de mucilagem.

Apenas *B. tectorum* (Kützing) Berger *ex* Wichmann foi identificada para o Brasil, descrita por Franceschini (1992) para ambientes urbanos e periurbanos da cidade de Porto Alegre, Estado de Rio Grande do Sul. Torgan *et al.* (2001) voltaram a referir a presença da espécie no Estado do Rio Grande do Sul.

Apenas uma espécie coletada.

B. tectorum (Kützing) Berger *ex* Wichmann, Bihang til Kongliga Vetenskaps-Akademiens Handlingar 12(1): 56, 81, pl. 5, fig. 1-2, pl. 6, fig. 1-20, pl. 8, fig. 1-9. 1937.

Basiônimo: *Gloeotila tectorum* Kützing, Species algarum. 363. 1849.

Fig. 60

Filamentos solitários unisseriados, células cilíndricas ou quase, 23-24 µm compr., 11-12 µm larg., parede celular e septos transversais espessos, estratificados, protoplastos-filhos mais ou menos cilíndricos, oblongos ou elipsoide-alongados, uninucleados, cloroplastídio laminar parietal, revestindo 1/3 a 3/4 da circunferência interna da célula, pirenoide 1 por plastídio, nem sempre de fácil observação. Reprodução por acinetos e zoósporos quadriflagelados.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: **Município de Jaboticabal** (Sipaúba-Tavares & Dias 2014, material reidentificado).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Binuclearia tectorum foi relacionada por Franceschini (1992) ao estudar ambientes urbanos e periurbanos de Porto Alegre, Estado de Rio Grande do Sul e foi citada a seguir por Torgan *et al.* (2001) também para o Rio Grande do Sul. Os dois trabalhos não publicaram, entretanto, descrição nem ilustração do material estudado. Sob sua denominação anterior (*Binuclearia tatrana*), a espécie foi identificada por Pieroni & Neto (2014) a partir de material coletado em Três Lagoas, Estado de Mato Grosso do Sul, que também não juntaram descrição nem ilustração desse material. *Binuclearia* sp. aparece referida por Sipaúba-Tavares & Dias (2014) para o Estado de São Paulo (21°14'09"S, 48°18'38"W) associada a macrófitas aquáticas em um reservatório raso de abastecimento de água de uma fazenda de aquicultura. Os referidos autores tampouco publicaram descrição ou ilustração do material que coletaram.

1.3. Ordem Cladophorales

A ordem Cladophorales (incluindo a Siphonocladales) encontra-se bem delimitada atualmente e os organismos que a representam exibem um conjunto único de características que permite considerá-las um grupo monofilético das algas verdes (van den Hoek *et al.* 1984).

São algas marinhas e de água doce, principalmente ramificadas, cenocíticas, nas quais as células possuem parede espessa e um cloroplastídio parietal em forma de rede ou fragmentado. Os pirenoides são vários e podem estar, segundo alguns especialistas, localizados entre porções ou na malha do cloroplastídio. Alguns sistemas de classificação incluem a ordem Cladophorales nas Siphonocladales, por ser esta ordem também constituída por organismos cenocíticos. As Cladophorales são plantas ásperas ao tacto e firmemente presas a um substrato por uma célula ou por crescimentos rizoidais de células jovens da porção inferior do filamento. A maioria dos representantes das Cladophorales vive aderida a rochas, estando, contudo, perfeitamente adaptados à vida na água corrente. Algumas formas são simbiontes em esponjas marinhas (Prescott 1968).

As paredes são relativamente espessas, lameladas e destituídas de um envoltório externo de mucilagem. As algas desta ordem são bastante epifitadas por diversos organismos devido à ausência de uma camada externa de mucilagem. A parede celular contém celulose do tipo 1 e um padrão de microfibrilas dispostas em dois ou três sentidos; e a maioria das algas possui polissacarídeos dispostos aleatoriamente na parede (Prescott 1968).

A fragmentação é bastante utilizada como meio de reprodução, alguns gêneros tornando-se flutuantes e continuando a se multiplicar indefinidamente a ponto de formarem massas flutuantes imensuráveis de filamentos emaranhados. A divisão celular ocorre por septação cruzada formada na região média da célula independente da divisão nuclear. Em alguns casos, a divisão celular ocorre mais nas porções apicais, enquanto em outros é intercalar (Prescott 1968).

Durante a reprodução assexuada, os zoósporos biflagelados são formados em células não especializadas, das quais são liberados através de poros nas paredes laterais. A reprodução sexuada é isogâmica e as plantas podem ser hetero ou homotáticas. O zigoto segue um de dois procedimentos, como nas Ulvales. Em algumas espécies, a meiose ocorre durante a germinação do zigósporo. Em outros, produz-se uma geração esporofítica diploide e a meiose ocorrerá durante a formação dos zoósporos, nas células externas dos ramos. Acontece, neste último caso, alternância de gerações isomorfas (Prescott 1968).

van den Hoek (1984) e O'Kelly & Floyd (1984) compararam aspectos da morfologia e da citologia das Cladophorales como as características das células móveis, da mitose, da citocinese, do ciclo-de-vida, da estrutura e do desenvolvimento dos esporângios e gametângios e da estrutura da parede celular concluindo que as diferenças entre as Cladophorales e as Siphonocladales foram demasiado enfatizadas e que apenas uma ordem deveria ser reconhecida.

Leliaert *et al.* (2012) afirmaram que as Cladophorales - incluindo as Siphonocladales - evoluíram através de quatro linhagens principais e, ao que tudo indica, de um ancestral marinho filamentoso não ramificado (Leliaert *et al.* 2003, Leliaert *et al.* 2009). Tal ancestral (*Okellia*) constituiu a primeira linhagem divergente, seguida pelo ramo *Aegagropila* comumente encontrado em ambientes de água doce e altamente diferenciado, formando estruturas esféricas ou vivendo epizoicos sobre tartarugas e caracois. O ramo *Cladophora* por ser rico em espécies incluiu filamentos ramificados ou não e predominantemente marinhos, mas é o grupo que invadiu o ambiente dulcícola. As filogenias moleculares mostraram que essas características especializadas evoluíram várias vezes de forma independente nos diferentes ramos (Leliaert *et al.* 2007). O grande gênero *Cladophora* e vários outros foram considerados polifiléticos (Leliaert *et al.* 2003, Leliaert *et al.* 2009).

Os maiores problemas taxonômicos dos níveis inferiores a família classificados nas Cladophorales estão relacionados com o gênero *Cladophora*, que não cumpre com o requisito de todas as espécies de um mesmo gênero serem mais intimamente relacionadas entre si do que com quaisquer outras de outro gênero. Além disso, *Cladophora* é um conjunto bastante heterogêneo de espécies, ao ponto de ser possível distinguir em seu interior pelo menos 12 tipos arquitetônicos diferentes (van den Hoek 1984).

Segundo van den Hoek (1984), a ordem Cladophorales encontra-se bem definida e caracterizada pelo seguinte: (1) nível organizacional sifonocladáceo, (2) existência de numerosos cloroplastídios angulares formando um retículo parietal, (3) ocorrência de pirenoides biconvexos em vista lateral nos cloroplastídios, (4) presença de tilacoides fortemente comprimidas, muitas vezes emparelhadas com as paredes celulares de celulose 1 cristalina, com um padrão fibrilar cruzado e (5) pelo ciclo-de-vida formado por espécies diplohaplônticas isomorfas. Detalhes do tipo cruzado de zooide e da mitose fechada também são característicos desta ordem.

A maioria das Cladophorales possui talo filamentosso ereto, simples ou ramificado, geralmente monopodial, ou seja, formado por um único eixo. O talo frequentemente pode também se mostrar com um eixo principal e ramos e possui arquitetura simpodial (vários eixos). Em ambos os casos, a parte basal apresenta diversos tipos de estruturas de fixação. Outro tipo de arquitetura observado entre as Cladophorales é a que van den Hoek (1982) denominou construção dorsiventral, na qual o eixo principal é decumbente sobre o substrato constituindo uma estrutura semelhante a um estolão ou rizoma, da qual emanam os ramos eretos, como acontece com *Cladophora intertexta* Collins, *Cladostroma satschwanansa* Skuja, *Cladophora calcicola* Fritsch, as espécies de *Cladochaete* e *Chaetomorpha sinensis* Gardner. É importante notar que a ocorrência frequente de propagação vegetativa por fragmentação do talo entre as Cladophorales permite observar, em talos maduros de *Cladophora glomerata* Linnaeus, uma arquitetura semelhante à dorsiventral (Castillo 1997).

Outra estrutura de grande importância taxonômica nas Cladophorales é a de fixação, por apresentar grande diversidade. Essas estruturas são classificadas em dois grandes grupos, sendo primárias as que se originam do polo anterior do esporo em germinação e se fixam ao substrato e secundárias as que provêm de qualquer outra célula do eixo situada acima da basal. A estrutura de fixação primária mais típica é a discoidal, chamada dermoide quando espessa. Um conjunto de estruturas dermoides pode formar uma base membranácea. Também podem ocorrer tipos simples de estruturas de fixação denominados rizoides, que são cenocíticos e simples ou mais complexas como os hápteros e os filamentosos ramificados. A mais comum das estruturas secundárias de

fixação é a filamentosa, porém, podem ocorrer outros tipos como os discos hapteroides formados no ápice do filamento pela inversão da polaridade (Peres 2011).

As Cladophorales constituem um dos poucos grupos de macroalgas verdes que habita tanto ambientes marinhos quanto de água doce e seus membros possuem características estruturais e fenológicas adequadas para ambos os ambientes. A parede celular é fortemente reforçada, a estrutura celular é sifonácea e cada célula contém de duas até dezenas ou centenas de núcleos e um cloroplastídio reticulado parietal com numerosos pirenoides associados. Os indivíduos são comumente perenes e a reprodução envolve fragmentação do talo, formação de acinetos de parede espessa ou liberação de zooides assexuados ou sexuados (Skinner & Entwisle 2004).

Cladophoraceae são caracterizadas por serem multinucleadas e poderem formar filamentos unisseriados (*Rhizoclonium*) ou ramificados (*Cladophora*). As Cladophoraceae são típicas de águas alcalinas e suportam uma comunidade muito diversificada de epífitas (Cambra & Abboal 1992).

Muitos representantes das Cladophorales dulcícolas são considerados daninhos. Em fontes artificiais de água, *Cladophora* e, mais raro, *Rhizoclonium* ou *Pithophora* podem ser os primeiros organismos macroscópicos a prosperar (Skinner & Entwisle 2004). Tanto *Cladophora* quanto *Pithophora* podem tornar-se infestantes em canais de irrigação, drenos e esquemas de mitigação de enchentes, assim como em sistemas fluviais onde as medidas de controle envolvam gestão da entrada de nutrientes das águas de captação subterrânea (Skinner & Entwisle 2004).

No Chile, por exemplo, *Rhizoclonium* é considerado praga por afetar os cultivos de *Agarophyton chilensis* Bird, McLachlan & Oliveira, uma macroalga marinha produtora de mediadores inflamatórios (ex. ômega-6) no sul do país diminuindo sua produção. Mas, o artigo que divulga essa notícia não mostrou segurança na identificação do gênero da alga (Aroca *et al.* 2020).

Os estudos ecológicos e biogeográficos com Cladophorales dulcícolas foram dedicados, em sua maioria, ao gênero *Cladophora* por conta de seu grande potencial de crescimento massivo e fornecer ambiente e alimento para numerosos organismos (Dodds & Gudder 1992). Dodds & Gudder (1992) produziram o estudo mais completo sobre a ecologia das *Cladophora*, ao compilarem todo o conhecimento, até então, sobre o gênero. Quanto aos fatores relacionados à distribuição e abundância dessas algas, os autores enfatizaram: (1) a preferência do gênero por substrato sólido; (2) o fato do talo ser resistente, porém, flexível e dotado de habilidade para resistir à abrasão causada pela hidrodinâmica; (3) a tolerância das espécies à intensidade luminosa; (4) a distribuição espacial ligada à temperatura; e (5) os fatores responsáveis pelo seu estabelecimento estarem ligados a eventos de enriquecimento por nutrientes, sobretudo, de fósforo.

É importante notar que entre as Viridiplantae (plantas verdes), as Chlorophyta (algas verdes) apresentam notável diversidade em sua morfologia e organização celular. Os membros das Ulvophyceae incluem organismos verdadeiramente multicelulares como a alface-do-mar (*Ulva*), várias formas terrestres (*Trentepohlia*), células macroscópicas uninucleadas (*Acetabularia*), cenócitos sifonáceos gigantes que abrigam vários núcleos (*Caulerpa*) e espécies sifonáceas (*Cladophora*) multicelulares e multinucleadas (Fig. 3). A reconstrução filogenética da ordem sugeriu que o ancestral comum dessas espécies foi um organismo unicelular uninucleado (Cocquyt *et al.* 2010), demonstrando que nas plantas verdes as formas de crescimento macroscópico surgiram independentes através de diversas estratégias (Coneva & Chintwood 2015).

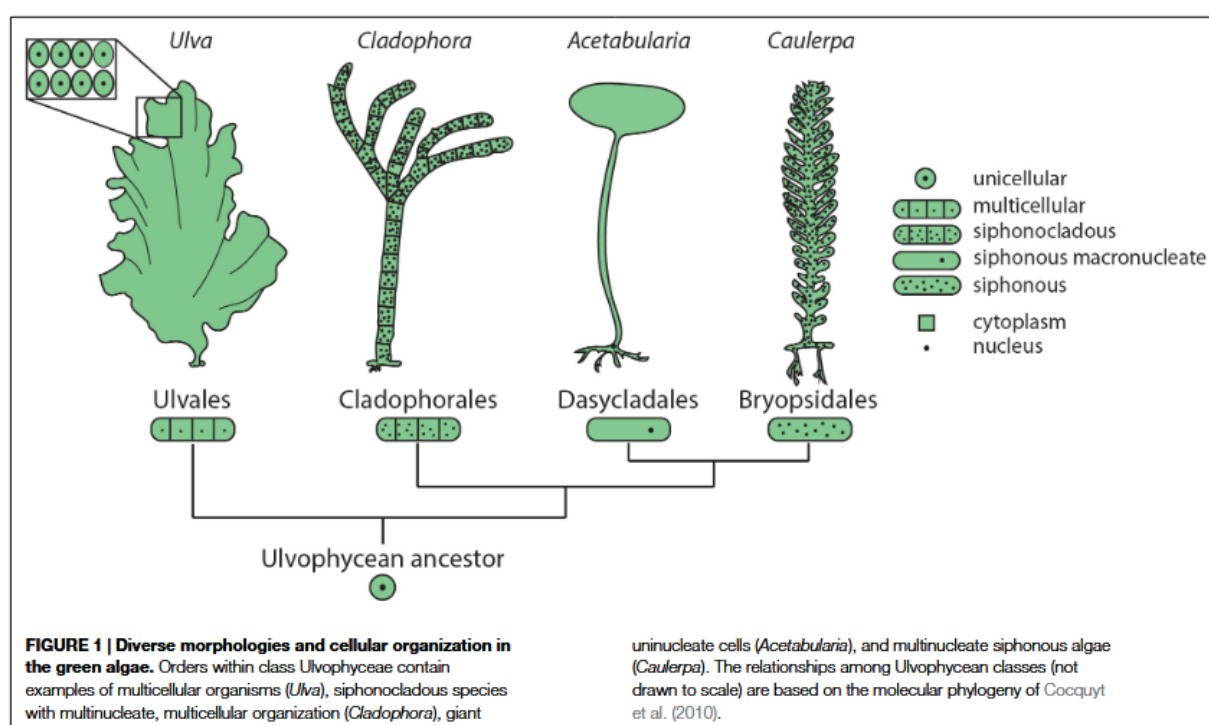


Fig. 3. Diversas morfologias e organizações celulares nas algas verdes (Imagem de Coneva & Chintwood 2015).

1.3.1. Família Cladophoraceae

Fronde constituída por filamentos monossifonáceos simples ou ramificados e livres ou mais ou menos coalescidos lateralmente. As células são multinucleadas, raro uninucleadas e apresentam um cloroplastídio reticulado, que pode se apresentar dividido em muitas pequenas porções, mas sempre com inúmeros pirenoides. A reprodução assexuada ocorre por zoósporos tetraflagelados (às vezes biflagelados?) e acinetos. A reprodução sexuada é feita por gametas biflagelados.

Zoósporos e gametas são formados em células vegetativas pouco modificadas. Os representantes das Cladophoraceae são habitantes das águas marinha e doce (Collins 1909).

Certos grupos de algas como as Cladophoraceae apresentam poucas estruturas morfológicas, um fato que mascara sua verdadeira diversidade específica e vem se tornando muito evidente nos últimos anos, à medida que a informação sobre a sequência de DNA ocupa o centro das atenções na delimitação de espécies. O problema está associado, de modo geral, a grupos de algas que possuem morfologia simples e, portanto, um conjunto limitado de características utilizáveis para as delimitações morfotaxonômicas, além de serem organismos que apresentam plasticidade fenotípica induzida pelo ambiente. As Cladophoraceae são visivelmente impactadas pela carência morfológica, o que as torna um excelente exemplo de organismos para ilustrar tais dificuldades (Rindi & Verbruggen 2016).

A taxonomia das Cladophoraceae vem sendo problemática há já algum tempo graças não só à simplicidade morfológica de seus indivíduos representantes, mas também à evolução paralela, à plasticidade fenotípica e às faixas de distribuição geográfica apresentadas por essas algas, porém, ainda bastante mal conhecidas (Boedeker *et al.* 2016).

Cladophora Kützing, *nom. cons.*, Phycologia generalis. 262. 1843.

Espécie-tipo: *Cladophora oligoclona* (Kützing) Kützing, Phycologia generalis. 262. 1843.

Basiônimo: *Conferva oligoclona* Kützing, Algarum aquae dulcis germanicum. 62. 1833.

Cladophora é um gênero de algas verdes rico em espécies, que ocorre em ambientes marinho, estuarino e de água doce das regiões tropical e temperada do Globo (Leliaert & Boedeker 2007). Talvez seja a microalga mais onipresente nas águas doces de todo o mundo. Exemplares de *Cladophora* podem fornecer ambiente e alimento para vários organismos. Esta alga pode atingir níveis indesejáveis no ambiente resultantes da eutrofização. A identificação de espécies de *Cladophora* é tarefa bastante complexa. A taxonomia de espécies e níveis infraespecíficos do gênero pode ser esclarecida pelo cultivo simultâneo de materiais conhecidos e daquele derivado de coletas de campo mantido em condições equivalentes de cultivo. Isto deve, segundo Dodds & Gudder (1992), eliminar a variação ecológica na morfologia.

van den Hoek (1984) afirmou que o *Cladophora* não cumpre o requisito de suas espécies serem mais estreitamente relacionadas entre si do que com qualquer outra de outro gênero de Cladophorales. O referido autor propôs, então, que gêneros mais complexos e especializados das Cladophorales teriam derivado de tipos arquitetônicos básicos encontrados em *Cladophora*.

Problemas taxonômicos devidos à sua plasticidade morfológica e ampla distribuição geográfica levaram à utilização do gênero como ferramenta da biologia molecular para melhor

entendê-lo. Assim, Hanyuda *et al.* (2002) observaram as relações filogenéticas em Cladophorales inferidas pelas sequências 18S do rDNA e concluíram que *Cladophora* é um gênero polifilético. Recentemente, Leliaert *et al.* (2003) interpretaram as relações filogenéticas nas Cladophorophyceae com base em sequências da subunidade grande do rRNA (LSU rDNA) e mostraram que as Siphonocladales constituem um grupo monofilético, enquanto as Cladophorales permanecem parafiléticas.

Apesar de todas as dificuldades mencionadas, os trabalhos de van den Hoek (1963), uma revisão das 34 espécies europeias do gênero e o de van den Hoek (1982), uma revisão das 31 espécies que habitam o território norte-americano, contêm chave artificial que permite identificar as espécies de ambientes dulcícolas e descrição e ilustração para cada uma.

Algumas espécies de *Cladophora* foram estudadas por serem utilizadas como fonte de alimento e, embora tenham sido encontrados altos níveis de fibras, carotenos e carboidratos nessas algas, também ocorreram níveis igualmente altos de metais pesados como, por exemplo, de arsênio. Devido ao baixo teor de lipídios e alto de carboidratos, estas algas podem ser úteis na fermentação de etanol, butanos e metanos para produção de biocombustíveis (Coelho *et al.* 2016). Alguns extratos de *Cladophora* foram testados como possíveis fontes de moléculas com atividade antiprotozoária, antibacteriana e citotóxica. Neste sentido, estudou-se a atividade antiprotozoária de extratos em testes ‘in vitro’ contra *Trypanosoma brucei rhodesiense*, *T. cruzi*, *Leishmania donovani* e *Mycobacterium tuberculosis*. Os resultados atestaram a existência de atividade antiprotozoária contra duas das espécies antes referidas de protozoários. Além disso, os extratos de *Cladophora rupestris* foram os mais ativos contra *T. brucei rhodesiense* (Spavieri *et al.* 2010).

Apenas uma espécie coletada.

C. glomerata (Linnaeus) Kützinger, Phycologia generalis. 266. 1843.

Basiônimo: *Conferva glomerata* Linnaeus, Species plantarum. 1167. 1753.

Fig. 61

Filamentos profusa ou esparsamente ramificados, crescimento apical exceto nas plantas livre-flutuantes, cujas divisões celulares são intercalares ocorrendo a certa distância do ápice, ramificação pseudodicotômica, ramos laterais formados na porção superior do eixo principal, células cilíndricas, 1,3-2,3 vezes mais longas que largas, 13,3-23,4 µm compr., 3,5-4,5 µm larg., cloroplastídio 1, laminar, parietal, pirenoides numerosos.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São José do Rio Preto (Necchi *et al.* 1997: como *Cladophora* cf. *glomerata*). Município de São Paulo (Bicudo 2014).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Os espécimes analisados por Necchi *et al.* (1997) apresentaram medidas bastante maiores com células de 167,5-412(-720) µm compr. e 25-47,5 µm larg. e a relação comprimento-largura celular (4,1-)8-26,7(-45,5), a célula apical em forma de domo, (165,9-)280-1000(-1480) µm compr., 30-42,5 µm larg. e a relação comprimento-largura celular (4-9-27(45), enquanto os examinados por Bicudo (2014), que ocorreram livre-flutuantes no plâncton, foram representados por plantas com profusa ramificação. As dimensões do comprimento e da largura celulares foram, ao contrário, consideravelmente menores do que as constantes na literatura (20-50 µm larg.), porém, a diferença da relação entre o comprimento e a largura das células (3-6 vezes) não foi considerada significativa.

Rhizoclonium Kützinger, *nom. cons.*, Phycologia generalis. 261. 1843.

Espécie-tipo: *Rhizoclonium juergensii* (Mertens) Kützinger, Phycologia generalis. 261. 1843.

Basiônimo: *Conferva juergensii* Mertens, Algae aquaticae quas et in littora maris dynastiam jeveranam et frisiam orientalem alluentis rejectas et in harum terrarum aquis habitantes, fasc. 2(6). 1816. O nome atualmente aceito para a espécie-tipo é *Rhizoclonium tortuosum* (Dillwyn) Kützinger.

Os representantes de *Rhizoclonium* vivem presos quando jovens a algum substrato por projeções rizoidais e flutuam livres na coluna d'água quando mais velhos. O talo consiste em filamentos unisseriados em geral não ramificados, mas, às vezes, com poucos ramos curtos. Os ramos rizoidais são formados por uma ou algumas poucas células e têm origem de um ângulo reto com as células do eixo principal da alga. As células são cilíndricas, em geral duas a três vezes mais longas que largas e possuem a parede espessa e lamelada. O cloroplastídio é único em cada célula, parietal, reticulado e possui numerosos pirenídes. As células são multinucleadas.

Mais de 30 espécies de *Rhizoclonium* foram descritas (Guiry & Guiry 2023), mas suas características diagnósticas continuam mal definidas, o que faz com que a maioria de suas espécies permaneça mal circunscrita. Não há dados de sequências genéticas disponíveis para as espécies do gênero, o que dificulta ainda mais sua identificação e classificação (Zhao *et al.* 2018).

Zhao *et al.* (2016) informaram que os espécimes de *R. ramosum* Zhao & Liu possuem ramificação verdadeira. Apesar da alta complexidade morfológica dessas algas representar uma riqueza de caracteres diagnósticos a ser utilizada para identificar as espécies, a alta plasticidade fenotípica e a evolução convergente bastante comum no gênero tornaram sua taxonomia bastante complicada (Boedeker *et al.* 2016).

Rhizoclonium é um gênero polifilético, cujas espécies analisadas por Hanyuda *et al.* (2002) constituíram o mesmo ramo evolutivo que inclui as espécies de *Cladophora* e *Chaetomorpha*. Portanto, a morfologia do tipo *Rhizoclonium*, isto é, o talo com filamentos laterais rizoidais curtos parece ter evoluído independentemente várias vezes nas Cladophorales.

Estas algas são filamentos verdes que produzem ‘floração’ ocasional em ambientes intercotidais, quando os nutrientes são abundantes e a competição reduzida (Rindi & Verbruggen 2016).

O gênero inclui apenas cinco ou seis espécies amplamente cosmopolitas, principalmente *R. hieroglyphicum* que pode ser coletado na região litorânea de ambientes de águas paradas sempre misturado com outras algas formando densas massas flutuantes; ou em rios, onde vivem formando ‘cabeleiras’ que ondulam com o movimento da água. Contudo, oito espécies [*R. africanum* Kützing, *R. antillarum* Kützing, *R. hieroglyphicum* (C. Agardh) Kützing, *R. hookeri* Kützing, *R. kernerii* Stockmayer, *R. riparium* (Roth) Harvey, *R. spongiosum* Dickie e *R. tortuosum* (Dillwyn) Kützing]] já tiveram suas presenças documentadas no Brasil, mas não há um trabalho que permita identificar todas elas. As espécies que ocorrem no Estado do Rio de Janeiro (*R. africanum*, *R. hookeri*, *R. kernerii*, *R. riparium* e *R. tortuosum*) podem ser identificadas utilizando Pedrini (1980); e Pedrini *et al.* (1997) permite identificar *R. antillarum* de material coletado no Estado do Pará e *R. spongiosum* do Estado do Amazonas. Exceto a última espécie, que foi proposta por Dickie (1881) a partir de material coletado nas proximidades de Manaus, para as outras duas não consta descrição nem ilustração nos trabalhos em que foram citadas. Torgan *et al.* (2001) incluíram *R. hookeri*, *R. riparium*, *R. kernerii*, *R. tortuosum* e *Rhizoclonium* spp. no catálogo das algas continentais e marinhas do Estado do Rio Grande do Sul, mas não constaram descrição nem ilustração das espécies.

Bicudo (2014) identificou *R. hieroglyphicum* de material coletado no Estado de São Paulo e, mais especificamente, no Lago das Ninfeias e no hidrofitotério do Jardim Botânico de São Paulo, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (material não preservado). O trabalho inclui descrição e ilustração do material estudado.

Apenas uma espécie coletada.

R. hieroglyphicum (C. Agardh) Kützing, Phycologia germanica. 206. 1845.

Basiônimo: *Conferva hieroglyphica* C. Agardh, Flora, Regensburg 10: 636. 1827.

Fig. 62

Filamentos unisseriados esparsamente ramificados, ramos laterais curtos, pouco numerosos, ramos rizoidais igualmente curtos, constituídos por 1 ou poucas células, formando ângulo reto com

as células do eixo principal, células cilíndricas, 3,2-3,6 vezes mais longas que largas, 72,5-90,7 µm compr., 20-28,5 µm larg., parede celular espessa, lamelada, cloroplastídio 1, parietal, nitidamente reticulado, numerosos pirenoides, rizoides ausentes.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Paulo (Bicudo 2014: material não preservado).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Todos os espécimes de *R. hieroglyphicum* (C. Agardh) Kützinger coletados no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga ocorreram no plâncton, razão pela qual não mostraram rizoides. Pouco se conhecia sobre o ciclo de vida desta espécie, mas Parodi & Cáceres (1993) o descreveram em minúcias ao estudar material de várias localidades dos arredores de Bahía Blanca, na Argentina, que mantiveram em cultivo.

1.3.2. Família Pseudocladophoraceae

A família foi proposta por Boedeker & Leliaert (2012) para incluir as algas marinhas de talos filamentosos, unisseriados, eretos, rígidos, gerados de divisões celulares acropétalas e intercalares. As células são multinucleadas e possuem uma rede parietal formada por cloroplastídios piramidais. Os filamentos são esparsamente ramificados na porção basal do talo, mas densamente na porção distal, com quase todas as células produzindo um ou dois (raro três) ramos laterais por divisões celulares, cujos septos são oblíquos ou fortemente inclinados e estão localizados na base dos ramos. As ramificações formam um ângulo acuminado com o eixo principal. O padrão de ramificação é levemente acropétalo, oposto ou irregular. As plantas fixam-se ao substrato por rizoides, com muitos eixos irradiando de uma base comum. As células situadas nas porções intermediária e inferior do talo produzem rizoides secundários descendentes, frequentemente intracuticulares nas células. Os rizoides adventícios fundem-se com as paredes das células logo abaixo, produzindo estruturas com aparência de cauloide e formando uma base polissifonácea. As células intermediárias dos filamentos são cilíndricas e as apicais arredondadas. A parede celular é espessa, medindo 1,5-3(-5) µm na porção apical e 5-15(-30) µm na porção basal do talo. Conforme Boedeker & Leliaert (2012), *Pseudocladophora* difere de *Cladophora* em sua sequência molecular.

O gênero-tipo da família é *Pseudocladophora* Boedeker & Leliaert e a espécie-tipo do gênero, *Pseudocladophora conchopheria* (Sakai) Boedeker & Leliaert (**basiônimo:** *Cladophora conchopheria* Sakai, Science Papers of the Institute of Algological Research of the Faculty of Sciences, Hokkaido Imperial University 5: 48, fig. 22, pl. 16, fig. 2. 1964).

Apenas *Pithophora* foi identificada dos representantes da família no Estado de São Paulo.

Pithophora Wittrock, Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis: sér. 3, 19: 52. 1877.

Espécie-tipo: *Pithophora kewensis* Wittrock, Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis: sér. 3, 19: 52, pl. 1, fig. 8, pl. 2, fig. 1-12, pl. 3, pl. 4, fig. 2-11, pl. 5, fig. 9-10. 1877.

Algas macroscópicas que flutuam livres na coluna d'água. Os filamentos são unisseriados e livremente ramificados. A ramificação é comumente lateral, mas também pode ser oposta, porém, ocasionalmente. Os ramos têm origem imediatamente abaixo dos septos transversais das células do filamento. Ramos rizoidais podem ser uni ou multicelulares e se desenvolvem a partir das extremidades ou da base de alguns filamentos. As células são cilíndricas, geralmente longas e possuem parede espessa. O cloroplastídio é único por célula, reticulado, tem situação parietal e possui numerosos pirenóides. Existem vários núcleos em cada célula. Uma característica notável de *Pithophora* é a presença constante de acinetos, a única forma de reprodução do gênero, os quais possuem forma de barril, parede bastante espessa e ocorrem tanto terminais quanto intercalares.

O gênero inclui uma única espécie, *P. roettleri* (Roth) Wittrock, que inclui alguns sinônimos segundo Boedeker *et al.* (2012): *P. aequalis* Wittrock, *P. affinis* Nordstedt, *P. clavifera* Schmidle, *P. cleveana* Wittrock., *P. heterospora* Howe & Hervey, *P. kewensis* Wittrock, *P. macrospora* Brand, *P. microspora* Wittrock, *P. mooreana* Collins, *P. oedogonia* (Montagne) Wittrock, *P. pachyderma* Schmidle, *P. polymorpha* Wittrock, *P. pragensis* Šula, *P. radians* West & West, *P. sumatrana* (Martens) Wittrock, *P. tropica* Woodhead & Tweed, *P. varia* Wille, *P. variabilis* Schmidle e *P. zelleri* (Martens) Wittrock.

A primeira notícia sobre a existência de *Pithophora* [*P. sumatrana* (Martens) Wittrock] no Brasil está em Schmidle (1901), resultado do estudo de material coletado do ribeirão Baú, situado nas proximidades de Cuiabá, Estado de Mato Grosso. O autor não incluiu no trabalho descrição nem ilustração das plantas identificadas. *Pithophora roettleri* (Roth) Wittrock é uma espécie razoavelmente bem coletada no Brasil, tendo sua presença identificada nos estados de São Paulo (Bicudo 2014), Paraná (Algarte *et al.* 2015) e em ambiente de catinga na bacia do rio São Francisco (Moura-Júnior 2017). Todos esses artigos oferecem descrição e ilustração do material estudado.

Apenas uma espécie coletada.

P. roettleri (Roth) Wittrock, Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis: sér. 3, 19: 66. 1877.

Basiônimo: *Ceramium roettleri* Roth, Catalecta botanica quibus plantae novae et minus cognitae describuntur atque illustrantur 3: 123. 1913.

Sinônimo: *Pithophora sumatrana* (Martens) Wittrock, Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis: sér. 3, 1877: 48. 1877 (**basônimo:** *Cladophora sumatrana* Martens, Die Tange. 20, pl. 2, fig. 2. 1866.

Fig. 63-64

Filamentos unisseriados, livremente ramificados, ramos curtos, 3-4-celulados, células cilíndricas, 4,7-12,3 µm compr., 2-2,9 µm larg., acinetos intercalares, forma de barril (doliformes), 2,4-2,9 µm compr., 3,5-4,1 µm larg., acinetos terminais cônicos, 4,7-10 µm compr., 1,8-2,6 µm larg., cloroplastídio 1, reticulado, numerosos pirenoides.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Paulo (Bicudo 2014).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Bicudo & Bicudo (1970) documentaram a presença de *P. oedogonia* (Montagne) Wittrock no hidrofitotério do Jardim Botânico de São Paulo, entretanto, também sem descrever o material estudado que tampouco foi preservado. O nome *P. oedogonia* (Montagne) Wittrock é atualmente sinônimo heterotípico de *P. roettleri* (Roth) Wittrock.

Bicudo (2014) descreveu e ilustrou material de *P. roettleri* coletado no Lago das Ninfeias e no hidrofitotério do Jardim Botânico de São Paulo, ambas localidades situadas no PEFI, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Município de São Paulo.

1.4. Ordem Bryopsidales

A ordem Bryopsidales contém alguns dos gêneros mais ricos em espécies e ecologicamente dominantes nos ecossistemas tropicais. No entanto, as relações evolutivas entre os 29 gêneros e as várias centenas de espécies que compõem esta ordem permanecem mal resolvidas. Devido à falta de conhecimento das características reprodutivas de muitas espécies das Bryopsidales, as hipóteses evolutivas agruparam nesta ordem gêneros apenas pela semelhança de sua morfologia (Vroom *et al.* 1998). A ordem Bryopsidales é um grupo diverso de macroalgas principalmente marinhas. Essas algas têm estrutura sifonácea, isto é, cujo talo é formado por uma única célula tubular gigante (sifão), que contém centenas de núcleos e de cloroplastídios em constante processo de ciclose por toda a célula (Cremen *et al.* 2018). Nas Bryopsidales, os septos ocorrem exclusivamente na base das estruturas de reprodução. Os membros da ordem variam morfologicamente desde sifões ramificados (cenocíticos) até talos mais complexos, multinucleados que incluem várias formas parcialmente calcificadas (John & Rindi 2015).

A identificação dos gêneros na ordem está baseada nos caracteres vegetativos dos talos adultos. Devido à falta de conhecimento das estruturas reprodutivas em muitas espécies, assumiu-se que as características reprodutivas de um gênero possam ser representativas de outros gêneros morfológicamente semelhantes (Vroom *et al.* 1998).

As espécies atuais exibem diversas morfologias que variam de sifão ramificado simples (*Boodleopsis*, *Bryopsis*, *Caulerpa*, *Chlorodesmis*, *Derbesia*, *Pseudochlorodesmis* e *Ostreobium*) a talos multiaxiais mais complexos (*Codium*, *Halimeda*, *Rhipilia*, *Rhipiliopsis* e *Udotea*) (Cremen *et al.* 2018).

Várias espécies de Bryopsidales constituem os componentes fundamentais dos ecossistemas costeiros marinhos tropicais, constando entre os principais produtores primários em recifes de coral, lagoas e tapetes de ervas marinhas. A superfície do talo de várias espécies é calcificada e algumas são importantes contribuintes da estrutura dos recifes de coral. O único gênero *Dichotomosiphon* ocorre em ambientes de água doce (Leliaert *et al.* 2012).

1.4.1. Família *Dichotomosiphonaceae*

O talo dos componentes desta família não é calcificado. São tufo frouxos e irregulares de sifões prostrados, ramificados dicotomicamente, presos por rizoides a um substrato geralmente lodoso (*Dichotomosiphon*). Ou o talo pode ser representado por lâminas grandes, eretas, estipitadas, dotadas de um sistema rizoidal bastante desenvolvido (*Avrainvillea*, *Cladocephalus*). Os sifões entrelaçam, são ramificados subdicotomicamente, tortuosos a moniliformes, apresentam constrição na base das dicotomias e são inteiramente destituídos de extensões laterais. A reprodução sexuada envolve gametângios terminais localizados em sifões que se destacam da lâmina (*Avrainvillea*, *Cladocephalus*) ou é oógama (*Dichotomosiphon*).

A família é monotípica, incluindo somente o gênero *Dichotomosiphon*.

Dichotomosiphon Ernst, Beihefte zum Botanischen Centralblatt 13: 141. 1902.

Espécie-tipo: *Dichotomosiphon tuberosus* (A. Braun ex Kützinger) Ernst, Beihefte zum Botanischen Centralblatt 13: 141. 1902.

Basiônimo: *Vaucheria tuberosa* A. Braun ex Kützinger, Species algarum. 896. 1849.

Indivíduos filamentosos. Os filamentos são tubulares, cenocíticos e repetidamente ramificados de modo dicotômico, cada dicotomia com uma constrição na base. Às vezes, outras constrições podem ocorrer entre duas dicotomias sucessivas. Na base do talo podem existir ramos rizoidais destituídos de pigmentação. Os demais ramos possuem numerosos cloroplastídios

parietais discoides ou elipsoidais, desprovidos de pirenoide, além de leucoplastídios que contêm grãos de amido.

O gênero é monoespecífico e derivou de *Vaucheria*, mais especificamente de *V. tuberosa* A. Braun ex Kützinger, por ser esta a única espécie do gênero que possui ramificação verdadeiramente dicotômica, reserva de amido e constrição na base das ramificações. Além dessas diferenças, ocorrem outras relacionadas ao processo de reprodução assexuada (formação de grandes acinetos nos ápices de ramos rizoidais laterais) e ao arranjo dos órgãos sexuais em corimbo. *Dichotomosiphon tuberosus* foi coletada quase no mundo todo crescendo, em geral, como densos tufo ou almofadas em ambientes de água corrente ou parada e à profundidade de até 20 m. Collins (1909) contém excelentes descrição e ilustração da espécie. Não há registro publicado sobre a coleta de representante deste gênero no Brasil, mas há notícia, embora não confirmada, de que já foi coletado na represa Billings, no Município de São Paulo.

A reprodução sexuada é oógama e os gametas masculinos (anterozoides) são biflagelados e os femininos (oosferas) esféricos, que produzem uma pequena papila cuja abertura ocorre imediatamente antes da fertilização. As plantas são homotáticas, com os anterídios e oogônios situados no ápice de ramos fortemente curvados do talo sifonáceo das plantas, que podem ser bi, tri ou tetracótomos. Os gametas masculinos são liberados pela ruptura apical da parede dos anterídios. Os zigotos maduros são ricos em amido, envoltos em uma parede lisa e delgada e permanecem no interior dos oogônios por um longo espaço de tempo.

Há notícia de acúmulos massivos de um composto de ferro, provavelmente de hidróxido férrico em *D. tuberosus*. O ferro é depositado externamente como nódulos e bainhas largas. A deposição interna também ocorre próximo da parede celular, geralmente nos locais de constrição das porções vegetativa e rizoidal do talo. Acredita-se que a elevada ocorrência de biomassa de *D. tuberosus* em lagos influenciaria significativamente a ciclagem do ferro (Nicholls & Fung 1982).

Apenas uma espécie foi identificada como ocorrendo no Estado de São Paulo.

D. tuberosus (A. Braun ex Kützinger) Ernst, Beihefte zum Botanischen Centralblatt 13: 141, pl. 6-10. 1902.

Basiônimo: *Vaucheria tuberosa* A. Braun ex Kützinger, Species algarum. 896. 1849.

Fig. 65

Indivíduos com 2-10 cm compr., 40-110 µm larg. (geralmente 70-95 µm larg.), acinetos retos ou curvos, aproximadamente cilíndricos ou clavados, 0,5-5 mm compr., 200-300 µm larg., anterídios e oogônios dispostos em forma de corimbo nas extremidades das últimas ramificações, anterídios cilíndricos ou clavados, mais ou menos curvos, 130-170 compr., 35-50 µm larg.,

oogônio globoso, 290-320 µm larg., oósporo globoso, verde escuro, 250-280 µm larg. (Collins 1909).

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Paulo (indicação de que foi coletado na represa Billings, Bicudo & Menezes 2017).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

A espécie habita solo encharcado, ou seja, o mesmo tipo de local onde vive *Vaucheria*. Seus representantes parecem ser mais comuns nas Américas do que na Europa, onde já foi documentado apenas na Suíça (Wehr & Sheat 2003).

Prescott (1962) observou que *Dichotomosiphon* forma um nicho onde se associa com rotíferos, cladóceros e vários protozoários.

Dichotomosiphon tuberosus é conhecido por ser um grande causador de problemas. Representantes desta espécie podem formar coágulos e emaranhados capturáveis nas redes de pesca na área dos grandes lagos estadunidenses. Esses coágulos juntam-se quando as redes são estendidas para secar e permitem a decomposição bacteriana e fúngica em suas malhas (John *et al.* 2011).

1.5. Conclusões

Observou-se elevada variação morfológica ao considerar os organismos classificados entre as Ulvophyceae, que compreendeu filamentos simples não ramificados, filamentos ramificados envolvidos (ou não) por bainha de mucilagem e estruturas cenocíticas. De todos esses tipos, dominou o filamentoso ramificado não embebido em mucilagem. O hábito de vida desses organismos foi principalmente bentônico, com uma grande maioria de espécimes fixos a algum tipo de substrato quando jovens e livre flutuantes na coluna d'água quando mais velhos.

Representantes de quatro ordens (Trentepohliales, Ulotrichales, Cladophorales e Bryopsidales) foram atualmente identificados. A ordem Trentepohliales foi representada apenas pela família Trentepohliaceae, a Ulotrichales por duas famílias (Ulotrichaceae e Binucleariaceae), a Chaetophorales por duas famílias (Cladophoraceae e Pseudocladophoraceae) e a ordem Bryopsidales só pela família Dichotomosiphonaceae. As Trentepohliaceae foram representadas por quatro gêneros (*Cephaleuros*, *Phycopeltis*, *Printzina* e *Trentepohlia*), as Ulotrichaceae por dois (*Ulotrichopsis* e *Ulothrix*), as Cladophoraceae também por dois (*Cladophora* e *Rhizoclonium*), as Pseudocladophoraceae por um (*Pithophora*) e as Binucleariaceae também apenas por um gênero (*Binuclearia*).

O gênero com maior número de espécies no Estado de São Paulo foi *Trentepohlia* com 15, seguido por *Phycopeltis* (oito espécies), *Ulothrix* (cinco espécies) e *Cephaleuros* por duas espécies, enquanto *Binuclearia*, *Dichotomosiphon*, *Physolinum*, *Pithophora*, *Printzina*, *Rhizoclonium* e *Ulotrichopsis* estiveram presentes através de uma única espécie cada um.

As espécies que apresentaram a maior distribuição geográfica no Estado foram *Trentepohlia diffracta* (Krempelhuber) Hariot coletada em nove localidades distintas e *Trentepohlia arborum* (C. Agardh) Hariot e *Ulothrix tenerrima* (Kützinger) Kützinger em seis localidades cada uma. São Paulo com 17 espécies e Ubatuba com 16 foram os municípios que reuniram os maiores números de espécies identificadas. Acredita-se, entretanto, que esta informação possa estar distorcida porque o primeiro município possui centro com especialistas trabalhando há já bastante tempo no levantamento taxonômico da flórmula do Estado; e o segundo por apresentar maior riqueza de espécimes subaéreos coletados dos gêneros *Phycopeltis* e *Trentepohlia*.

1.6. Referências citadas

- Akiyama, M.** 1971. On some Brazilian species of Trentepohliaceae. Memoirs of the Faculty of Education, Shimane University: Natural Science 5: 81-76.
- Algarte, V.M., Dunck, B., Bichoff, A. & Rodrigues, L.** 2015. First record of *Pithophora oedogonia* (Montagne) Wittrock (Pithophoraceae) in the Upper Paraná River floodplain, Brazil. Check List 11(4): 1722.
- Andrade, L.R., Farina, M. & Amado Filho, G.M.** 2004. Effects of copper on *Enteromorpha flexuosa* (Chlorophyta) in vitro. Ecotoxicology and Environmental Safety 58: 117-125.
- Andrade, R.M.** 1956. Observações hidrobiológicas sobre o *Anopheles tarsimaculatus*, 3: distribuição, frequência de ocorrência e densidade relativa de organismos planctônicos em alguns de seus biótopos. Revista Brasileira de Malariologia e Doenças Tropicais 8(3): 443-490.
- Arauco Blanco, G.R., Cardenas Romero, S.A., Chávez-Arroyo, E.A., Espinoza Rojas, S.L., Mendoza Jimenez, R.L., Oblitas Caverro, K. & Saavedra Peña, N.** 2020. Consumo de algas en el Perú. https://www.academia.edu/44763661/CONSUMO_DE_ALGAS_EN_EL_PER%C3%9A (acesso em 13-XII-2022).
- Aroca, G.E., Ramirez, M.E., Robotham, H. & Ávila, M.** 2020. Morphological and reproductive studies on the green filamentous pest *Rhizoclonium*-like affecting *Agarophyton chilensis* commercial farms in Southern Chile. Aquatic Botany 167: 103.
- Barata, D.** 2004. Clorofíceas marinhas bentônicas do Estado do Espírito Santo. Dissertação de Mestrado. Instituto de Botânica, São Paulo.

- Bartoli, F., Ellwood, N.T.W., Bruno, L., Ceschin, S., Rugnini, L. & Caneva, G.** 2019. Ecological and taxonomic characterization of *Trentepohlia umbrina* (Kützinger) Bornet growing on stone surfaces in Lazio (Italy). *Annals of Microbiology* 69(10): 1059-1070.
- Bicudo, C.E.M.** 2014. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. *Algas*, 38: Chlorophyceae (Tetrasporales e Siphonocladales). *Hoehnea* 41(3): 337-343.
- Bicudo, C.E.M. & Bicudo, R.M.T.** 1970. Algas de águas continentais brasileiras: chave ilustrada para identificação de gêneros. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências, São Paulo.
- Bicudo, C.E.M. & Pereira, F.C.** 2003. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. *Algas*, 16: Chlorophyceae (Ulotrichales). *Hoehnea* 30: 31-37.
- Bicudo, C.E.M. & Santos, C.I.** 2001. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. *Algas*, 15: Chlorophyceae (Trentepohliales). *Hoehnea* 28(3): 183-190.
- Bicudo, D.C.** 1984. Algas epífitas (exceto diatomáceas) do Lago das Ninféias, São Paulo: levantamento e aspectos ecológicos. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Bicudo, D.C.** 1996. Algas epífitas do Lago das Ninféias, São Paulo, Brasil, 4: Chlorophyceae, Oedogoniophyceae e Zygnemaphyceae. *Revista Brasileira de Biologia* 56(2): 345-374.
- Blackman, F.F. & Tansley, A.G.** 1902. A revision of the classification of the green algae. *New Phytologist* 1: 133-144.
- Bliding, C.** 1963. A critical survey of European taxa in Ulvales, 1: *Capsosiphon*, *Percursaria*, *Blidingia*, *Enteromorpha*. *Opera Botanica* 8(3): 1-160.
- Boedeker, C., Leliaert, F. & Zuccarello, G.C.** 2016. Molecular phylogeny of the Cladophoraceae (Cladophorales, Ulvophyceae), with the resurrection of *Acrocladus* Nägeli and *Willeella* Børgesen, and the description of *Lurbica* gen. nov. and *Pseudorhizoclonium* gen. nov. *Journal of Phycology* 52: 905-928.
- Bold, H.C. & Wynne, M.J.** 1985. Introduction to the algae: structure and reproduction. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 2ª edição.
- Branco, C.C.Z., Necchi Jr., O. & Peres, C.K.** 2010. Effects of artificial substratum types and exposure time on macroalgal colonization in a tropical stream. *Fundamental and Applied Limnology* 178: 17-27.
- Brooks, F., Rindi, F., Suto, Y., Ohtani, S. & Green, M.** 2015. The Trentepohliales (Ulvophyceae, Chlorophyta): an unusual algal order and its novel plant pathogen *Cephaleuros*. *Plant Disease* 99(6): 740-753.

- Cambra, J. & Aboal, M.** 1992. Filamentous green algae of Spain: distribution and ecology. *Limnetica* 8: 213-220.
- Carneiro, V.A.R.** 2021. Estudos moleculares e morfológicos do gênero *Ulva* L. (Ulvaes, Chlorophyta) no sudeste do Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Chapman, R.L.** 1984. An assessment of the current state of our knowledge of the Trentepohliaceae. *In*: Irvine, D.E.G. & John, D.M. (eds.). Systematics of the green algae. Academic Press, London. p. 223-250.
- Chapman, R.L. & Waters, D.A.** 2001. Lichenization of the Trentepohliales. *In*: Seckbach, J. (ed.). Symbiosis: mechanisms and model systems. Springer, Dordrecht. p. 359-371.
- Cocquyt, E., Verbruggen, H., Leliaert, F. & De Clerck, O.** 2010. Evolution and cytological diversification of the green seaweeds (Ulvophyceae). *Molecular Biology and Evolution* 27(9): 2052-2061.
- Coelho, M.S., Menezes, B.S., Meza, S.L.R., Gianasi, B.L., Salas-Mellado, M.M., Copertino, M. & Souza, M.R.A.Z.** 2016. Potential utilization of green tide-forming macroalgae from Patos Lagoon, Rio Grande, RS, Brazil. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 25(7): 1096-1106.
- Collins, F.S.** 1909. The green algae of North America. Tufts College Studies (Scientific Series), vol. 2(3). Tufts College, Massachusetts. p. 79-480.
- Coneva, V. & Chitwood, D.H.** 2015. Plant architecture without multicellularity: quandaries over patterning and the soma-germline divide in siphonous algae. *Frontiers in Plant Science* 6: 287.
- Cremen, M.C.M., Leliaert, F., West, J., Lam, D.W., Shimada, S., Lopez-Bautista, J.M. & Verbruggen, H.** 2019. Reassessment of the classification of Bryopsidales (Chlorophyta) based on chloroplast phylogenomic analyses. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 130: 397-405.
- Cribb, A.B.** 1958. The genus *Trentepohlia* in South-eastern Queensland. University of Queensland Department of Botany Papers 3(20): 193-201.
- Cribb, A.B.** 1963. Further records of *Trentepohlia* from South-eastern Queensland. University of Queensland Department of Botany Papers 4(7): 75-81.
- Cribb, A.B.** 1970. A revision of some species of *Trentepohlia* especially from Queensland. *Proceedings of the Royal Society of Queensland* 82(2): 17-34.
- Darienko, T. & Pröschold, T.** 2017. Toward a monograph of non-marine Ulvophyceae using an integrative approach (molecular phylogeny and systematics of terrestrial Ulvophyceae, 2. Phytotaxa 324: 1-41.

- Dias, I.A.C.** 1985. Chlorophyta filamentosas da Lagoa de Juturnaíba, Araruama, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Botânica* 8: 93-98.
- Dias, I.C.A.** 1986. Zygnemaceae (Zygnemaphyceae) da Chapada dos Guimarães e arredores, Mato Grosso, Brasil: uma contribuição ao seu conhecimento. *Rickia* 13: 69-75.
- Dias, I.C.A.** 1997. Chlorophyta filamentosas da Reserva Biológica de Poço das Antas, Município de Silva Jardim, Rio de Janeiro: taxonomia e aspectos ecológicos. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Dickie, G.** 1880. Notes on Algae from the Amazons and its tributaries. *Botanical Journal of the Linnean Society* 18(108): 123-132.
- Dodds, W.K. & Gudder, D.A.** 1992. The ecology of *Cladophora*. *Journal of Phycology* 28: 415-427.
- Flint, E.A.** 1959. The occurrence of zoospores in *Physolinum* Printz. *New Phytologist* 58(3): 267-270.
- Franceschini, I.M.** 1992. Algues d'eau douce de Porto Alegre, Brésil (les Diatomophycées exclues). *Bibliotheca Phycologica* 92: 1-81.
- Good, B.H. & Chapman, R.L.** 1978. The ultrastructure of *Phycopeltis* (Chroolepidaceae: Chlorophyta), 1: sporopollenin in the cell walls. *American Journal of Botany* 65: 27-33.
- Graham, J.M, Kranzfelder, J.A. & Auer, M.T.** 1985. Light and temperature as factors regulating seasonal growth and distribution of *Ulothrix zonata* (Ulvophyceae). *Journal of Phycology* 21: 228-234.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M.** 2023. AlgaeBase: World wide electronic publication. National University of Ireland, Galway. <http://algaebase.org>
- Hanyuda, T., Wakana, I., Arai, S., Miyaji, K., Watano, Y. & Ueda, K.** 2002. Phylogenetic relationships within Cladophorales (Ulvophyceae, Chlorophyta) inferred from 18S rRNA gene sequences, with special reference to *Aegagropila linnaei*. *Journal of Phycology* 38: 564-571.
- Hayden, H.S., Blomster, J., Maggs, C.A., Silva, P.C., Stanhope, M.J. & Waaland, J.R.** 2003. Linnaeus was right all along: *Ulva* and *Enteromorpha* are not distinct genera. *European Journal of Phycology* 38: 277-294.
- Hazen, T.E.** 1902. The Ulothricaceae and Chaetophoraceae of the United States. *Memoirs of the Torrey Botanical Club* 11(2): 135-250.
- Hillebrand, H.** 1983. Development and dynamics of floating clusters of filamentous algae. In: Wetzel, R.G. (ed.). *Periphyton of Freshwater Systems*. W. Junk Publishers, The Hague. p. 31-39.

- Huszar, V.L.M.** 1986. Algas planctônicas da Lagoa de Juturnaíba, Araruama, RJ, Brasil 2. *Rickia* 13: 77-86.
- John, D.M.** 2003. Filamentous and plantlike green algae. *In*: Wehr, J.D. & Sheath, R.G. (eds.). *Freshwater Algae of North America: ecology and classification*. Academic Press, San Diego. p. 311-352.
- John, D.M. & Rindi, F.** 2015. Filamentous (non-conjugating) and plantlike green algae. *In*: Wehr, J.R., Sheath, R.G. & Kociolek, J.P. (eds.). *Freshwater algae of North America: ecology and classification*. Academic Press, San Diego, p. 375-427. 2ª edição.
- John, D.M., Whitton, B.A. & Brook, A.J.** 2011. *The Freshwater algal flora of the British Isles: an identification guide to freshwater and terrestrial algae*. Cambridge University Press, Cambridge. 2ª edição.
- Kanagawa, A.I.** 1983. Ulvales (Chlorophyta) marinhas do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Kapraun, D.F. & Buratti, J.R.** 1998. Evolution of genome size in the Dasycladales (Chlorophyta) as determined by DAPI cytophotometry. *Phycologia* 37(3): 176-183.
- Kirkendale, L., Saunders, G.W. & Winberg, P.** 2013. A molecular survey of *Ulva* (Chlorophyta) in temperate Australia reveals enhanced levels of cosmopolitanism. *Journal of Phycology* 49: 69-81.
- Kleerekoper, H.** 1941. Estudo limnológico da bacia do rio Mogi-Guaçu: observações sobre a represa da Estação Experimental de Caça e Pesca do Ministério da Agricultura em Emas, SP. Serviço de Informação Agrícola, Rio de Janeiro.
- Kleerekoper, H.** 1944. Introdução ao estudo da Limnologia, 1. Imprensa Nacional, Rio de Janeiro (Série Didática nº 4).
- Kozhenkova, S.I., Chernova, E.N. & Shulkin, V.M.** 2006 Microelement composition of the green alga *Ulva fenestrata* from Peter the Great Bay, Sea of Japan. *Russian Journal of Marine Biology* 32(5): 289-296.
- Kützing, F.T.** 1833. Ueber eine neue Gattung der Confervaceen. *Flora, Jena* 16: 517-521.
- Kützing, F.T.** 1843a. Ueber die systematische Eintheilung der Algen. *Linnaea* 17: 75-107.
- Kützing, F.T.** 1843b. *Phycologia generalis oder Anatomie, Physiologie und Systemkunde der Tange*. F.A. Brockhaus, Leipzig.
- Kützing, F.T.** 1849. *Species algarum*. F.A. Brockhaus, Lipsiae.
- Lee, R.E.** 2008. *Phycology*. Cambridge University Press, New York. 4ª edição.

- Leliaert, F., De Clerck, O., Verbruggen, H., Boedeker, C. & Coppejans, E.** 2007. Molecular phylogeny of the Siphonocladales (Chlorophyta: Cladophorophyceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 44(3): 1237-1256.
- Leliaert, F., Rousseau, F., De Reviers, B. & Coppejans, E.** 2003. Phylogeny of the Cladophorophyceae (Chlorophyta) inferred from partial LSU rRNA gene sequences: is the recognition of a separate order Siphonocladales justified? *European Journal of Phycology* 38(3): 233-246.
- Leliaert, F., Rueness, J., Boedeker, C., Maggs, C. A., Cocquyt, E., Verbruggen, H. & De Clerck, O.** 2009. Systematics of the marine microfilamentous green algae *Uronema curvatum* and *Urospora microscopica* (Chlorophyta). *European Journal of Phycology* 44(4): 487-496.
- Leliaert, F., Smith, D.R., Moreau, H., Herron, M.D., Verbruggen, H., Delwiche, C.F. & De Clerck, O.** 2012. Phylogeny and molecular evolution of the green algae. *Critical Reviews in Plant Sciences* 31: 1-46.
- Lemes-da-Silva, N.M.** 2013. Trentepohliales (Ulvophyceae, Chlorophyta) de biomas brasileiros: flora, taxonomia e filogenia. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Lemes-da-Silva, N.M., Branco, L.H.Z. & Necchi-Júnior, O.** 2010. Corticolous green algae from tropical forest remnants in the Northwest region of São Paulo State, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 33(2): 215-226.
- Lemes-da-Silva, N.M., Garey, M.V. & Branco, L.H.Z.** 2017. Floristic diversity, richness, and distribution of Trentepohliales (Chlorophyta) in Neotropical ecosystems. *Brazilian Journal of Botany* 40(4): 883-896.
- Lokhorst, G.M.** 1984. Current ideas on classification of the Ulotrichales Borzi. *In*: Irvine, D.E.G. & John, D.M. (eds.). *Systematics of the green algae*. Academic Press, London. p. 179-206.
- Lokhorst, G.M. & Vroman, M.** 1972. Taxonomic study on three freshwater *Ulothrix* species. *Acta Botanica Neerlandica* 21(5): 449-480.
- Lokhorst, G.M. & Vroman, M.** 1974. Taxonomic studies on the genus *Ulothrix* (Ulotrichales, Chlorophyceae), 3. *Acta Botanica Neerlandica* 23(5-6): 561-602.
- López-Bautista, J.M. & Chapman, R.L.** 2003. Phylogenetic affinities of the Trentepohliales inferred from small-subunit rDNA. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 53(6): 2099-2106.
- López-Bautista, J.M., Rindi, F. & Casamatta, D.** 2007. The systematics of subaerial algae. *In*: Seckbach, J. (ed.). *Algae and Cyanobacteria in extreme environments*. Springer, Dordrecht. p. 601-617.

- López-Bautista, J.M., Rindi, F. & Guiry, M.D.** 2006. Molecular systematics of the subaerial green algal order Trentepohliales: an assessment based on morphological and molecular data. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 56(7): 1709-1715.
- Lopez-Bautista, J.M., Waters, D.A. & Chapman, R.L.** 2002. The Trentepohliales revisited. *Constancea* 83. https://ucjeps.berkeley.edu/constancea/83/lopez_etal/trentepohliales.html (acesso em 20-XII-2004).
- Malagi, G., Santos, I., Mazaro, S.M. & Guginski, C.A.** 2011. Detecção de mancha-de-alga (*Cephaleuros virescens* Kunze) em citros no Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Agrociência* 17(1-4): 148-152.
- Margalef, R.** 1983. *Limnología*. Editorial Omega. Barcelona.
- Martens, G.** 1870. Conspectus algarum Brasiliae hactenus detectarum. *Videnskabelige Meddelelser fra den Naturhistoriske Forening i Kjöbenhavn* 2: 297-314.
- Mattox, K.R. & Stewart, K.D.** 1984. Classification of the green algae: a concept based on comparative cytology. *In*: Irvine, D.E.G. & John, D.M. (eds.). *Systematics of the green algae*. Academic Press, London. p. 29-72.
- McNaughton, E.E. & Goff, L.J.** 1990. The role of microtubules in establishing nuclear spatial patterns in multinucleate green algae. *Protoplasma* 157: 19-37.
- Meave del Castillo, M.E.A.** 1997. Taxonomía y distribución de las Cladophorales (Chlorophyta) en la región de la Huasteca Potosina. Tese de Doutorado. Universidade Nacional Autónoma de México, México.
- Millardet, M.A.** 1870. De la germination des zygospores dans les genres *Closterium* et *Staurostrum* et sur un genre nouveau d'algues chlorosporées. *Mémoires de la Société des Sciences Naturelles de Strasbourg* 6: 37-51.
- Möbius, M.** 1895. Ueber einige brasilianische Algen. *Hedwigia* 34: 173-180.
- Motomura, T.** 1996. Cell cycle analysis in a multinucleate green alga, *Boergesenia forbesii* (Siphonocladales, Chlorophyta). *Phycological Research* 44: 11-17.
- Moura-Júnior, E.G., Valentin-de-Souza, R.L. & Milhomens, L.B.S.** 2016. New record of *Pithophora roettleri* (Roth) Wittrock, 1877 (Chlorophyta: Pithophoraceae) for the São Francisco River Basin and its potential geographic distribution in Brazil. *Check List* 12(3): 1899.
- Nicholls, K.H. & Fung, D.** 1982. Accumulation of iron on the cell walls of the two monospecific freshwater genera *Catena* and *Dichotomosiphon* (Chlorophyceae). *Archiv für Protistenkunde* 125: 209-214.

- O'Kelly, C.J. & Floyd, G.L.** 1984. Correlations among patterns of sporangial structure and development, life histories, and ultrastructural features in the Ulvophyceae. *In*: Irvine, D.E.G. & John, D.M. (eds.). Systematics of the green algae. Academic Press, London. p. 121-156.
- O'Kelly, C.J., Wysor, B. & Bellows, W.K.** 2004. *Collinsiella* (Ulvophyceae, Chlorophyta) and other Ulotrichalean taxa with shell-boring sporophytes form a monophyletic clade. *Phycologia* 43: 41-49.
- Oliveira, L.P.H., Andrade, R.M. & Nascimento, R.** 1951. Contribuição ao estudo hidrobiológico dos criadouros do *Anopheles tarsimaculatus* Goeldi, 1905 (= *Anopheles aquasalis* Curry, 1932) na Baixada Fluminense. *Revista Brasileira de Malária e Doenças Tropicais* 3(2): 151-226.
- Parodi, E.R., & Cáceres, E.J.** 1993. Life history of freshwater populations of *Rhizoclonium hieroglyphicum* (Cladophorales, Chlorophyta). *European Journal of Phycology* 28: 69-74.
- Pedrini, A.G.** 1980. Algas marinhas bentônicas da Baía de Sepetiba e arredores (Rio de Janeiro). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Janeiro, Rio Janeiro.
- Pedrini, A.G., Lima, D.S., Pereira Filho, O., Musquim, V.S. & De-Paula, J.C.** 1997. Algas bentônicas da Lagoa de Marapendi, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Albertoa* 4(18): 234-244.
- Peres, C.K.** 2011. Taxonomia, distribuição ambiental e considerações biogeográficas de algas verdes macroscópicas em ambientes lóticos de unidades de conservação do sul do Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Pieroni, M.M. & Neto, M.J.** 2014. Dados preliminares da distribuição espacial de algas e cianobactérias identificadas na cascalheira, Três Lagoas, MS. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista* 10(3): 225-231.
- Prescott, G.W.** 1962. *Algae of the Western Great Lakes area*. Wm C. Brown. Dubuque. 2ª edição.
- Prescott, G.W.** 1968. *The algae: a review*. Houghton Mifflin Company, Boston.
- Printz, H.** 1921. Subaërial algae from South Africa. *Kongelige Norske Videnskabers Selskabs Skrifter* 1920(1): 1-41.
- Printz, H.** 1939. Vorarbeiten zu einer monographie der Trentepohliaceen. *Nytt Magasin for Naturvidenskapene* 80: 137-210.
- Printz, H.** 1964. Die Chaetophorales der binnengewässer. Eine systematische Übersicht. *Hydrobiologia* 24(1-3): 1-376.
- Pröschold, T. & Leliaert, F.** 2007. Systematics of the green algae: conflict of classic and modern approaches. *In*: Brodie, J. & Lewis, J. (eds.). *Unravelling the algae: the past, present and future of algal systematics*. CRC press, Boca Raton. p. 123-153.

- Rabenhorst, L.** 1863. Kryptogamen Flora von Sachsen, der Ober-Lausitz, Thüringen und Nordböhmen mit Berücksichtigung der benachbarten Länder, 1: Algen im weitesten Sinne, Leber und Laubmoore. Eduard Kummer, Leipzig.
- Ramanathan, K.R.** 1964. Ulotrichales. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi.
- Rindi, F. & Guiry, M.D.** 2002. Diversity, life history, and ecology of *Trentepohlia* and *Printzina* (Trentepohliales, Chlorophyta) in urban habitats in Western Ireland. *Journal of Phycology* 38: 39-54.
- Rindi, F., Guiry, M.D. & López-Bautista, J.M.** 2006. New records of Trentepohliales (Ulvophyceae, Chlorophyta) from Africa. *Nova Hedwigia* 83(3-4): 431-449.
- Rindi, F., Guiry, M.D. & López-Bautista, J.M.** 2008a. Distribution, morphology and phylogeny of *Klebsormidium* (Klebsormidiales, Charophyceae) in urban environments in Europe. *Journal of Phycology* 44: 1529-1540.
- Rindi, F., Lam, D.W. & López-Bautista, J.M.** 2008b. Trentepohliales (Ulvophyceae, Chlorophyta) from Panama. *Nova Hedwigia* 87(3-4): 421-444.
- Rindi, F., Lam, D.W. & López-Bautista, J.M.** 2009. Phylogenetic relationships and species circumscription in *Trentepohlia* and *Printzina* (Trentepohliales, Chlorophyta). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 52: 329-339.
- Rindi, F. & López-Bautista, J.M.** 2007. New and interesting records of *Trentepohlia* (Trentepohliales, Chlorophyta) from French Guiana, including the description of two new species. *Phycologia* 46(6): 698-708.
- Rindi, F. & López-Bautista, J.M.** 2008. Diversity and ecology of Trentepohliales (Ulvophyceae, Chlorophyta) in French Guiana. *Cryptogamie, Algologie* 29: 13-43.
- Rindi, F., Menéndez, J.L., Guiry, M.D. & Rico, J.M.** 2004. The taxonomy and distribution of *Phycopeltis* (Trentepohliaceae, Chlorophyta) in Europe. *Cryptogamie, Algologie* 25: 3-17.
- Rindi, F., Sherwood A.R. & Guiry M.D.** 2005. Taxonomy and distribution of *Trentepohlia* and *Printzina* (Trentepohliales, Chlorophyta) in the Hawaiian Islands. *Phycologia* 44(3): 270-284.
- Rindi, F. & Verbruggen, H.** 2016. Taxonomic reshuffling of the Cladophoraceae. *Journal of Phycology* 52: 901-904.
- Schmidle, W.** 1901. Algen aus Brasilien. *Hedwigia* 40: 45-54.
- Schwarzbold, A.** 1992. Efeitos do regime de inunda  o do rio Mogi-Gua  u (SP) sobre a estrutura, diversidade, produ  o e estoques do perif  ton de *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth da Lagoa do Infern  o. Tese de Doutorado. Universidade Federal de S  o Carlos, S  o Carlos.

- Sipauba-Tavares, L.H. & Dias, S.G.** 2014. Water quality and communities associated with macrophytes in a shallow-supply water reservoir on an aquaculture farm. *Brazilian Journal of Biology* 74(2): 420-428.
- Škaloud, P., Rindi, F., Boedeker, C. & Leliaert, F.** 2018. Chlorophyta: Ulvophyceae. *In*: Büdel, B., Gärtner, G., Krienitz, L. & Schagerl, M. (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa, vol. 13. Springer Spektrum Berlin, Heidelberg.
- Skinner, S. & Entwisle, T.J.** 2004. Non-marine algae of Australia, 6: Cladophoraceae (Chlorophyta). *Telopea* 10(3): 731-748.
- Spavieri, J., Kaiser, M., Casey, R., Hingley-Wilson, S., Lalvani, A., Blunden, G. & Tasdemir, D.** 2010. Antiprotozoal, antimycobacterial and cytotoxic potential of some British green algae. *Phytotherapy Research* 24: 1095-1098.
- Starmach, K.** 1972. Chlorophyta, 3: Ulotrichales, Ulvales, Prasiolales, Sphaeropleales, Cladophorales, Chaetophorales, Trentepohliales, Siphonales, Dichotomosiphonales. *In*: Starmach, K. & Sieminska, J. (eds.). Flora słodkowodna Polski. vol. 10. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Sunpapao, A. & Pitaloka, M.K.** 2015. A new record of plant parasitic green algae, *Cephaleuros diffusus* (Trentepohliaceae, Chlorophyta), on *Acacia auriculiformis* hosts in Thailand. *Biodiversitas* 16(2): 116-120.
- Suto, Y. & Ohtani, S.** 2009. Morphology and taxonomy of five *Cephaleuros* species (Trentepohliaceae, Chlorophyta) from Japan, including three new species. *Phycologia* 48(4): 213-236.
- Thompson, R.H. & Wujek, D.E.** 1992. *Printzina* gen. nov. (Trentepohliaceae), including a description of a new species. *Journal of Phycology* 28: 232-237.
- Torgan, L.C., Barreda, K.D. & Fortes, D.F.** 2001. Catálogo das algas Chlorophyta de águas continentais e marinhas do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Botânica* 56: 147-183.
- Tuzen, M., Sari, A., Mendil, D., Uluoğlu, O.D., Soylak, M. & Dogan, M.** 2009. Characterization of biosorption process of As(III) on green algae *Ulothrix cylindricum*. *Journal of Hazardous Materials* 165(1-3): 566-572.
- van den Hoek, C. & Womersley, H.B.S.** 1984. Genus *Cladophora*. *In*: Womersley, H.B.S. (ed.). The marine benthic flora of Southern Australia, 1. D.J. Woolman, Adelaide.
- van den Hoek, C.** 1963. Revision of the European species of *Cladophora*. E.J. Brill, Leiden.

- van den Hoek, C.** 1982. A taxonomic revision of the American species of *Cladophora* (Chlorophyceae) in the North Atlantic Ocean and their geographic distribution. North-Holland Publishing Company, Amsterdam.
- van den Hoek, C.** 1984. The systematics of the Cladophorales. *In*: Irvine, D.E.G. & John, D.M. (eds.). Systematics of the green algae. Academic Press, London. p. 157-178.
- Verbruggen, H., Ashworth, M., LoDuca, S.T., Vlaeminck, C., Cocquyt, E., Sauvage, T., Zechman, F.W., Littler, D.S., Littler, M.M., Leliaert, F. & De Clerck, O.** 2009. A multi-locus time-calibrated phylogeny of the siphonous green algae. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 50: 642-653.
- Vroom, P.S., Smith, C.M. & Keely, S.C.** 1998. Cladistics of the Bryopsidales: a preliminary analysis. *Journal of Phycology* 34: 351-360.
- Watanabe, S. & Nakayama, T.** 2007. Ultrastructure and phylogenetic relationships of the unicellular green algae *Ignatius tetrasporus* and *Pseudocharacium americanum* (Chlorophyta). *Phycological Research* 55: 1-16.
- Wehr, J.D. & Sheath, R.G.** 2003. Freshwater algae of North America: ecology and classification. Academic Press, San Diego.
- Yokoyama, M.Y. & Guimarães, O.** 1975. Determinação dos teores de Na, K, P e proteínas em algumas algas marinhas. *Acta Biológica Paranaense* 4(1-2): 19-24.
- Zarina, A., Masud-ul-Hasan & Shameel, M.** 2005. Taxonomic study of order Ulotrichales (Chlorophyta) from North-eastern areas of Pakistan. *Pakistan Journal of Botany* 37(4): 797-806.
- Zhao Z., Zhu, H., Liu, G. & Hu, Z.** 2018. Phylogenetic analysis of *Rhizoclonium* (Cladophoraceae, Cladophorales), and the description of *Rhizoclonium subtile* sp. nov. from China. *Phytotaxa* 383(2):147-164.
- Zhao, Z., Zhu, H., Liu, G. & Hu, Z.** 2016. *Rhizoclonium ramosum* sp. nov. (Cladophorales, Chlorophyta), a new freshwater algal species from China. *Fottea* 16: 12-21.
- Zhu, H., Zhao, Z., Xia, S., Hu, Z. & Liu, G.** 2015. Morphological examination and phylogenetic analyses of *Phycopeltis* spp. (Trentepohliales, Ulvophyceae) from Tropical China. *Plos One* 10(2): e0114936.

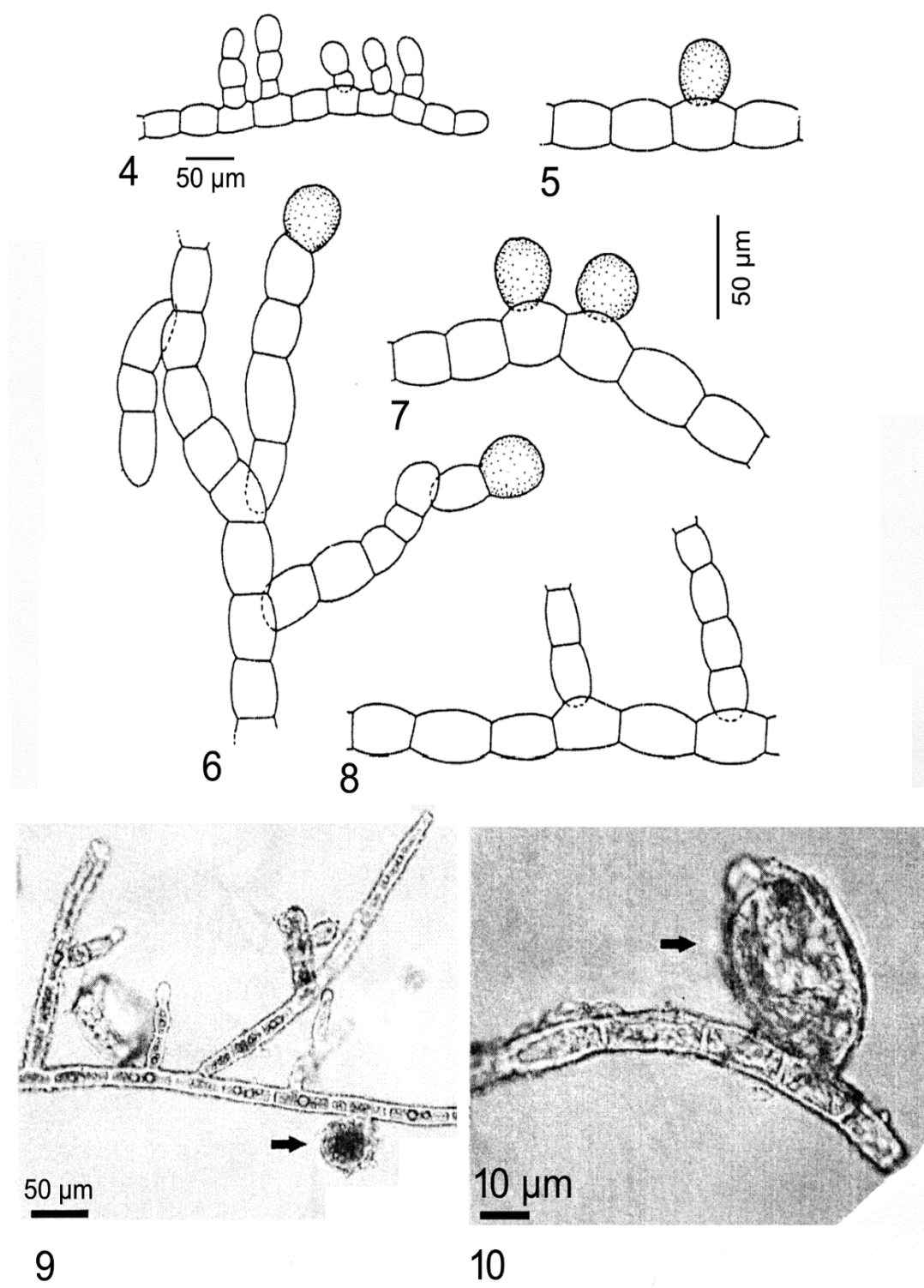


Fig. 4-8. *Physolinum monilia* De Wildemann (de Akiyama 1971). Fig. 9-10. *Trentepohlia abietina* (Flotow) Hansgirg var. *abietina*, setas indicam possíveis gametângios (de Lemes-da-Silva *et al.* 2010). Escalas: fig. 4-9 = 50 µm; fig. 10 = 10 µm.

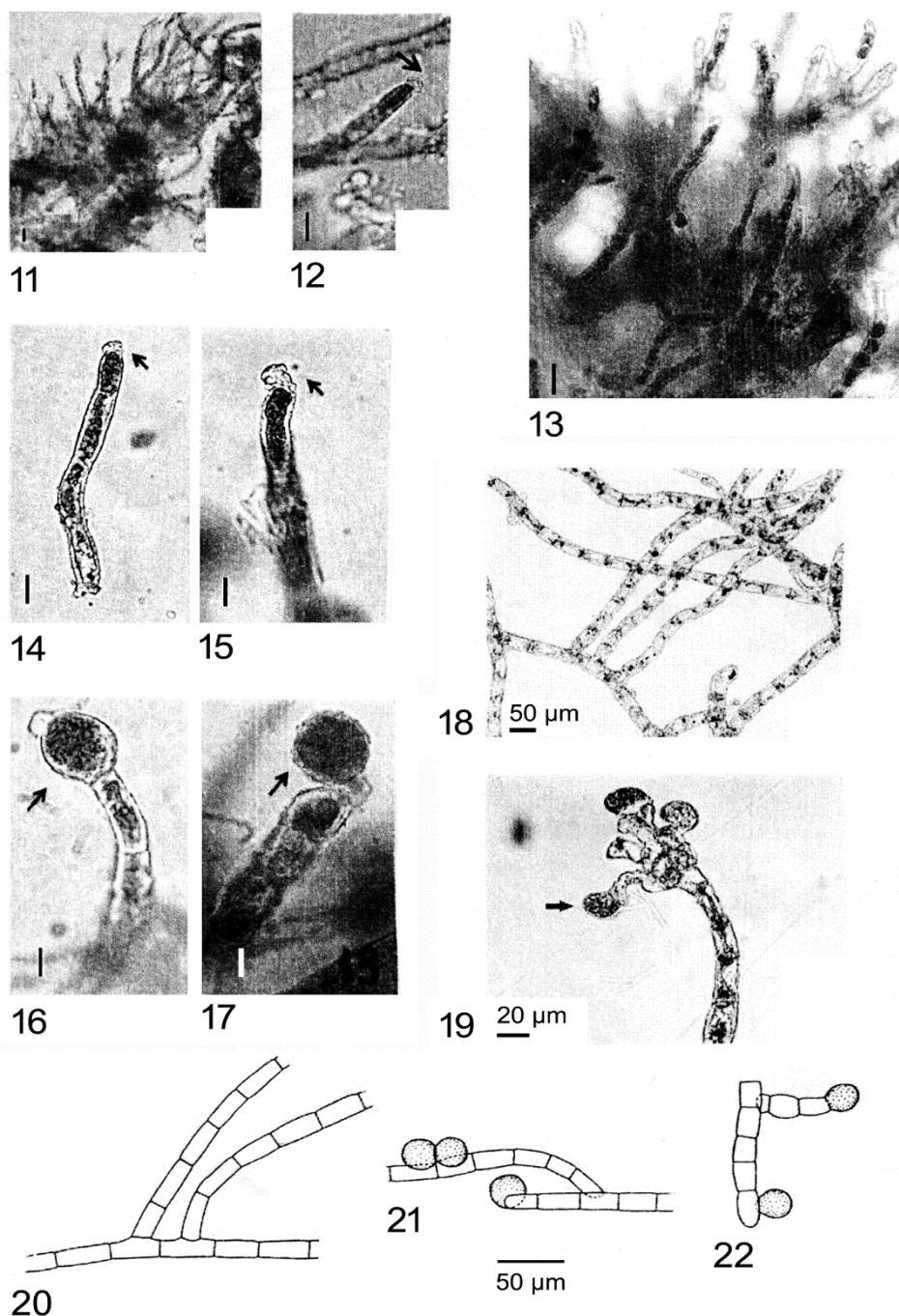


Fig. 11-12. *Trentepohlia abietina* (Flotow) Hansgirg var. *tenue* (Zeller) Cribb (de Lemes-da-Silva *et al.* 2017). Fig. 13-17. *Trentepohlia araucariana* (de Lemes-da-Silva, López-Bautista & Branco 2018), 14, Detalhe dos filamentos eretos, 15-16, seta indica capa péctica terminando as células apicais, 17, Seta indica gametângio apical, 18, Seta indica esporângio (de Lemes-da-Silva *et al.* 2018). Fig. 18-19. *Trentepohlia arborum* (C. Agardh) Hariot, 19, zoosporângio. Fig. 20-22. *Trentepohlia aurea* (Linnaeus) Martius, 21-22, Detalhe de esporângios (de Bicudo & Santos 2001). Escalas: fig. 11-17 = 10 µm; fig. 19 = 20 µm; fig. 18, 20-22 = 50 µm.

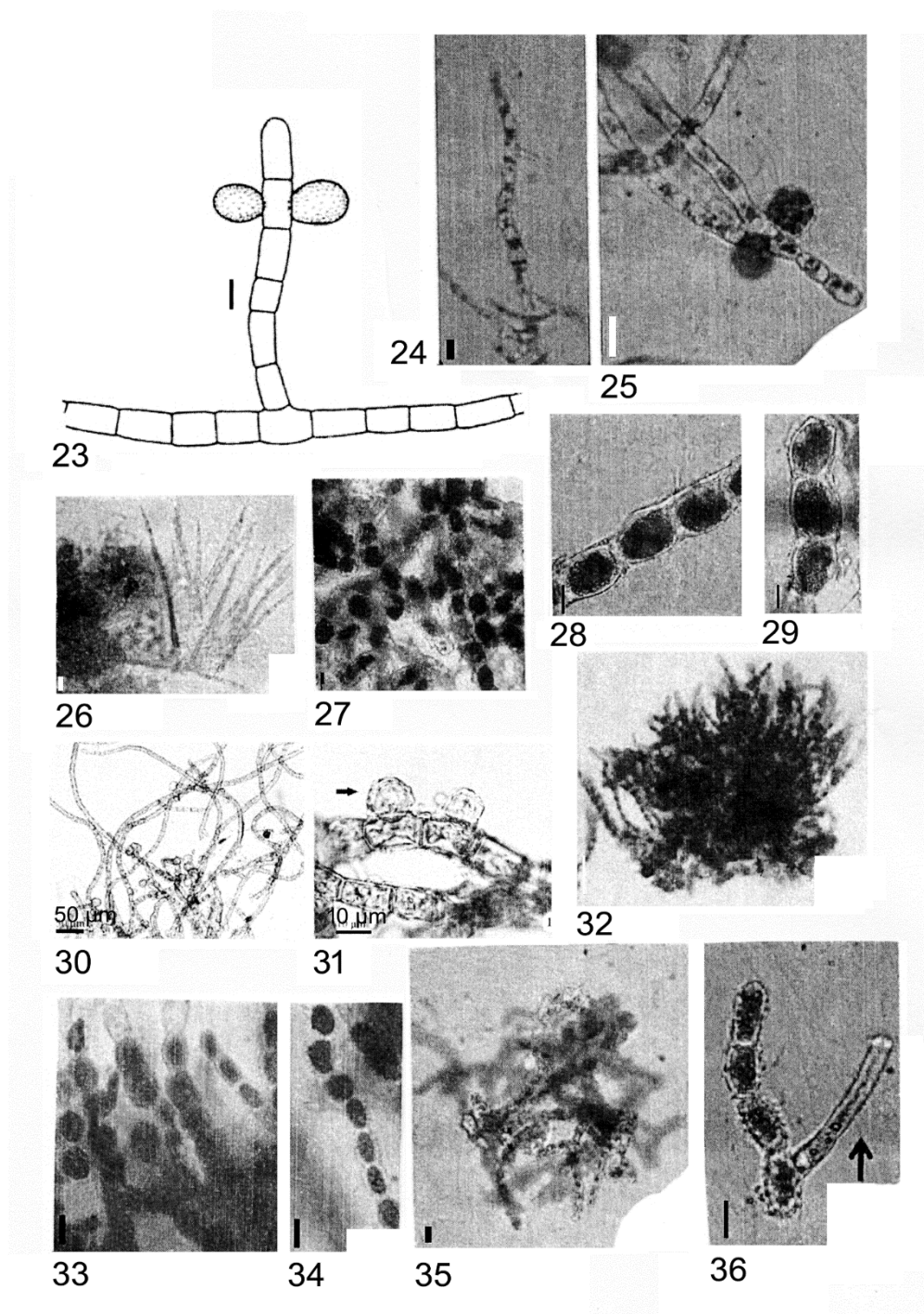


Fig. 23. *Trentepohlia calamicola* (Zeller) De Toni & Levi (de Bicudo & Santos 2001). Fig. 24-25. *Trentepohlia* cf. *chapmanii* Rindi & López-Bautista, 25, Detalhe dos gametângios (de Lemes-da-Silva *et al.* 2017). Fig. 26-27. *Trentepohlia depressa* (Müller) Hariot (de Lemes-da-Silva *et al.* 2017). Fig. 28-29. *Trentepohlia diffracta* (Krempelhuber) Hariot (de Lemes-da-Silva 2013). Fig. 30-31. *Trentepohlia dusenii* Hariot, 31, seta indica possíveis gametângios. Fig. 32-34. *Trentepohlia* cf. *jolithus* (Linnaeus) Wallroth. Fig. 35-36. *Trentepohlia peruana* (Kützing) Printz, 36, Detalhe de pelo (de Lemes-da-Silva 2013). Escalas: 10 µm em todas as figuras exceto na fig. 30.

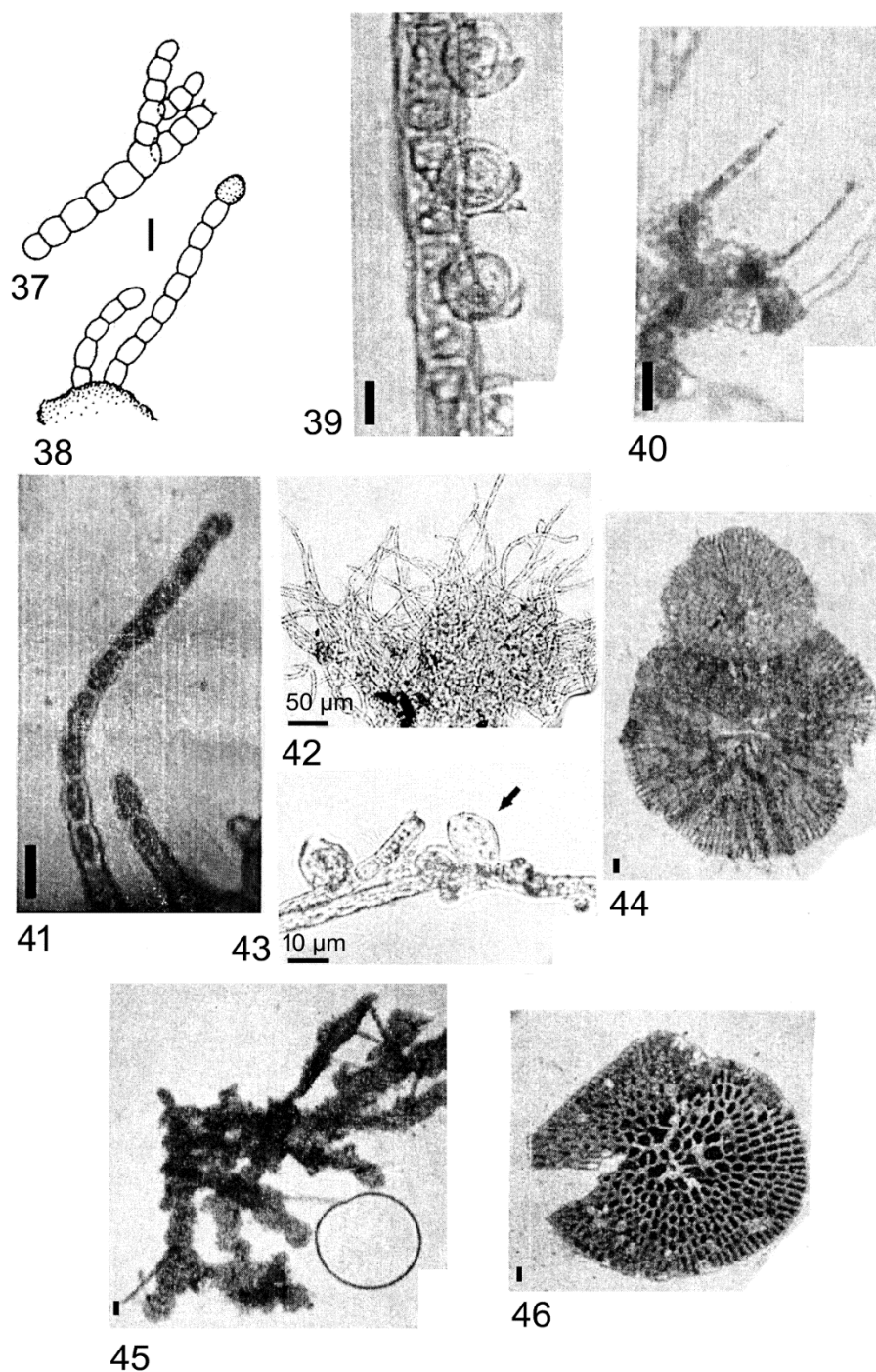


Fig. 37-38. *Trentepohlia rigidula* (Müller) Hariot), 38, Detalhe de esporângio (de Bicudo & Santos 2001). Fig. 39. *Trentepohlia* sp. 1 (de Lemes-da-Silva *et al.* 2017). Fig. 40. *Trentepohlia* sp. 2 (de Lemes-da-Silva *et al.* 2017). Fig. 41. *Trentepohlia* sp. 3 (de Lemes-da-Silva *et al.* 2017). Fig. 42-43. *Printzina effusa* (Krempelhuber) Thompson & Wujek (de Lemes-da-Silva *et al.* 2010). Fig. 44. *Phycopeltis amboinensis* (Karsten) Printz (de Lemes-da-Silva *et al.* 2017). Fig. 45. *Phycopeltis arundinacea* (Montagne) De Toni (de Lemes-da-Silva *et al.* 2017). Fig. 46. *Phycopeltis* aff. *epiphyton* Millardet (de Lemes-da-Silva *et al.* 2017). Escalas: 10 µm em todas as figuras exceto na fig. 42.

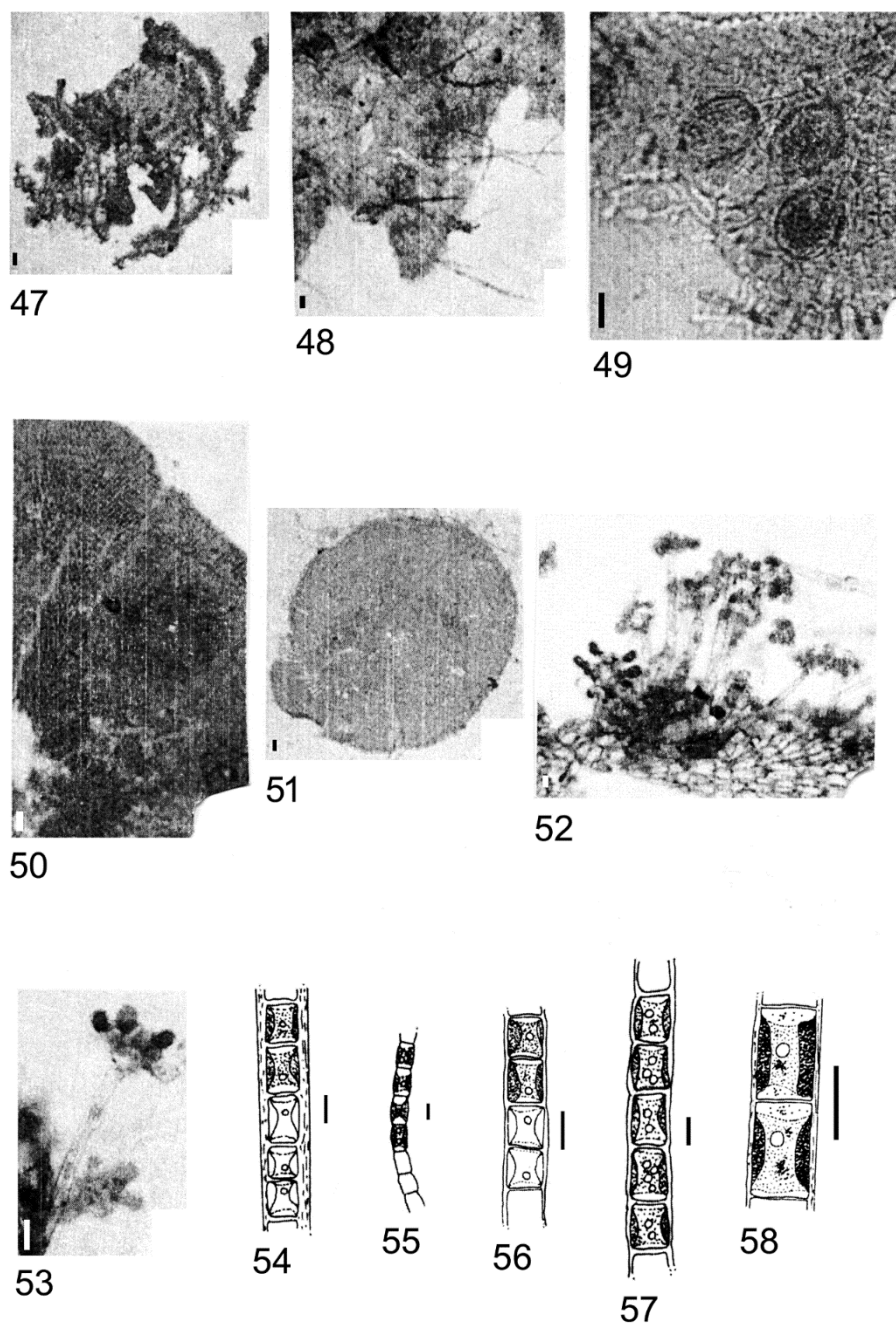


Fig. 47. *Phycopeltis flabellata* Thompson & Wujek (de Lemes-da-Silva *et al.* 2017). Fig. 48. *Phycopeltis pilosa* Thompson & Wujek (de Lemes-da-Silva *et al.* 2017). Fig. 49. *Phycopeltis vaga* Thompson & Wujek (de Lemes-da-Silva *et al.* 2017). Fig. 50. *Phycopeltis* sp. 1 (de Lemes-da-Silva *et al.* 2017). Fig. 51. *Phycopeltis* sp. 2 (de Lemes-da-Silva *et al.* 2017). Fig. 52. *Cephaleuros* cf. *karstenii* Schmidle (de Lemes-da-Silva *et al.* 2017). Fig. 53. *Cephaleuros* sp. (de Lemes-da-Silva *et al.* 2017). Fig. 54. *Ulothrix aequalis* Kützing var. *aequalis*. Fig. 55. *Ulothrix subtilissima* Rabenhorst (Bicudo & Pereira 2003). Fig. 56. *Ulothrix tenerrima* (Kützing) Kützing. Fig. 57. *Ulothrix tenuissima* Kützing. Fig. 58. *Ulothrix zonata* (Weber & Mohr) Kützing. Escalas: 10 µm.

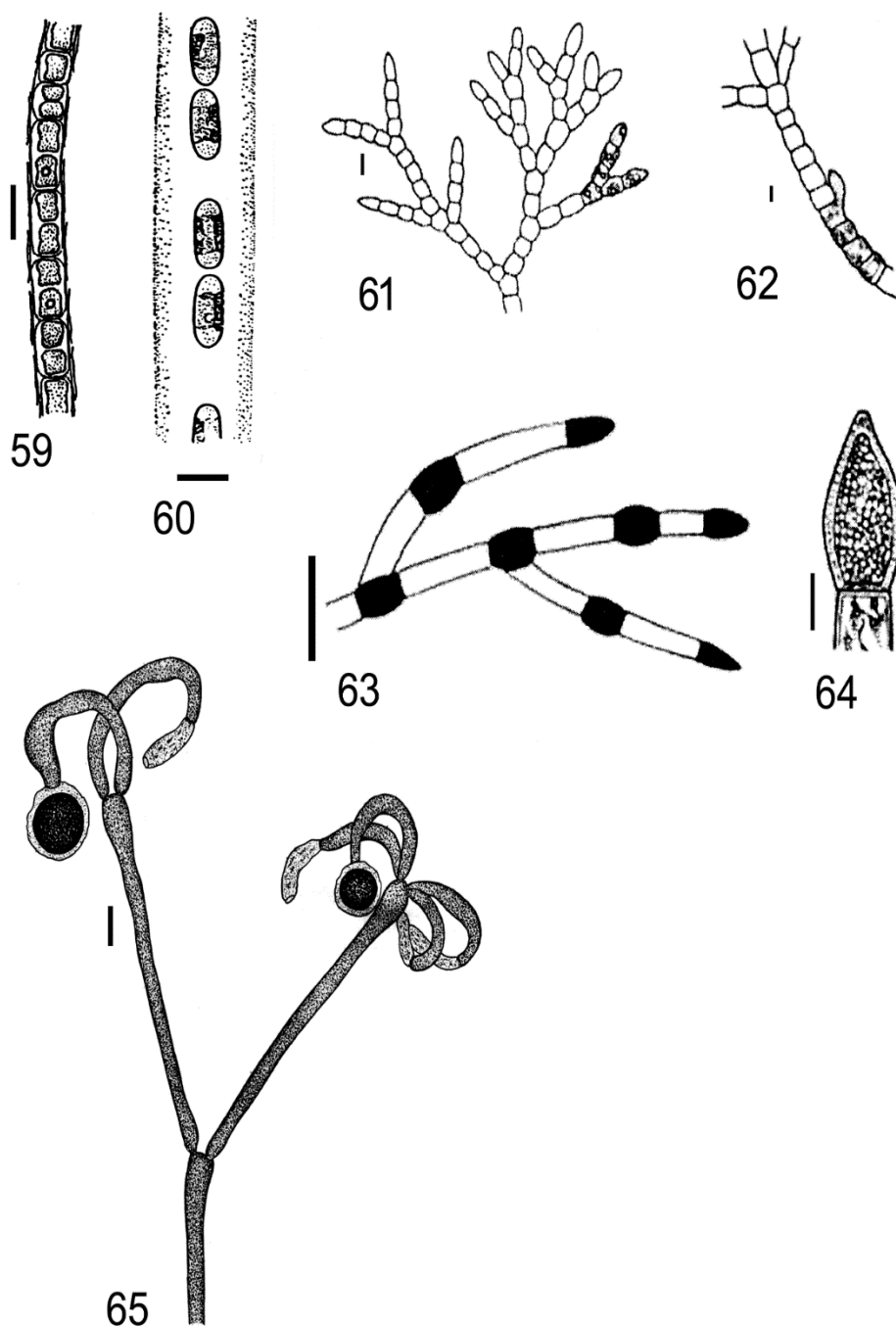


Fig. 59. *Ulotrichopsis cylindrica* Wichmann (de Bicudo & Menezes 2017). Fig. 60. *Binuclearia tectorum* (Kützinger) Berger ex Wichmann (de Franceschini 1992). Fig. 61. *Cladophora glomerata* (Linnaeus) Kützinger (de Bicudo 2014). Fig. 62. *Rhizoclonium hieroglyphicum* (C. Agardh) Kützinger (de Bicudo 2014). Fig. 63-64. *Pithophora roetleri* (Roth) Wittrock, 64. Acineto jovem (de Bicudo & Bicudo 1970). Fig. 65. *Dichotomosiphon tuberosus* (A. Braun ex Kützinger) Ernst (de Collins 1909). Escalas: 10 μ m.

Capítulo 3

Classes Trebouxiophyceae (Chlorophyta) e Klebsormidiophyceae (Charophyta) filamentosas no Estado de São Paulo

1. Classe Trebouxiophyceae

As Trebouxiophyceae são organismos unicelulares móveis, coloniais imóveis, filamentosos ou laminares que habitam água doce e ambientes subaéreos, com algumas espécies vivendo nas águas salobra e marinha (Leliaert *et al.* 2012, Muggia *et al.* 2018). Estas algas apresentam as seguintes características ultraestruturais: (1) células natantes com um ou dois flagelos destituídos de mastigonemas; (2) corpos basais com quatro raízes microtubulares distribuídas segundo uma cruz, incluindo uma estrutura multicamada e uma raiz menor entre cada dois ou mais microtúbulos; (3) corpos basais com rizoplasto proeminente, em cruz, dispostos no sentido anti-horário; (4) orientação do corpo basal no sentido anti-horário; (5) mitose fechada com fuso metacêntrico; (6) reprodução assexuada por autósporos ou zoósporos; (7) reprodução sexuada ainda não conhecida; (8) formação de líquenes e formas de vida livre; e (9) apresentam osmotrofismo e autotrofismo (Friedl 1995).

1.1. Ordem Chlorellales

Esta ordem é mais conhecida como o “grupo de algas formadoras de líquenes” e inclui os gêneros ficobiontes comuns *Trebouxia* e *Asterochloris* (Friedl & Bhattacharya 2002, Skaloud & Peksá 2010). A ordem também inclui várias algas de vida livre habitantes do solo como, por exemplo *Myrmecia* (Friedl 1995).

1.1.1. Família Chlorellaceae

É o grupo mais bem conhecido, mais difundido e mais rico em espécies das algas verdes terrestres e liquenizantes (Muggia *et al.* 2018).

Chave para identificação dos gêneros de Trebouxioaceae que ocorrem no Estado de São Paulo.

1. Células intimamente contíguas, destituídas de mucilagem *Gloeotila*
 1. Células vizinhas quase não se tocando, envoltas por copiosa mucilagem *Geminella*

Geminella Turpin, Mémoires du Musée d'Histoire Naturelle 16: 329. 1828.

Espécie-tipo: *Geminella interrupta* Turpin, Mémoires du Musée d'Histoire Naturelle 16: 329, pl. 13, fig. 24. 1828.

O gênero *Geminella* foi originalmente classificado na ordem Ulotrichales das Chlorophyceae por conta da morfologia de suas células e dos plastídios ser semelhante à de *Ulothrix* (Ramanathan 1964, van den Hoek *et al.* 1995). A análise de dados moleculares estabeleceu, entretanto, de forma robusta, sua classificação entre as Trebouxiophyceae (Mikhailyuk *et al.* 2008). *Geminella* necessita, porém, de mais investigação para a melhor situação filogenética de suas espécies (John & Rindi 2015).

A presença de bainha mucilaginosa espessa é uma característica comumente utilizada para separar *Geminella* de alguns gêneros morfológicamente relacionados, mas um estudo comparativo criterioso faz-se necessário para esclarecer os limites entre as espécies de *Geminella* e algumas desses gêneros intimamente relacionados (John 2002).

Os representantes de *Geminella* são filamentosos, solitários e geralmente ocorrem flutuando livres no ambiente, raramente fixos a algum substrato. Os filamentos são comumente longos, unisseriados, simples e envoltos em uma bainha de mucilagem de espessura variável, mas sempre homogênea e hialina. Esses filamentos são formados por células cilíndricas, elípticas ou oblongas, cujos polos são amplamente arredondados e quase não se tocam entre células vizinhas. As células estão separadas umas das outras por uma maior ou menor quantidade de mucilagem e aparecem aos pares resultantes da divisão celular (daí o próprio nome do gênero, *Geminella*). Existe só um cloroplastídio, laminar, parietal, que envolve mais ou menos toda a circunferência interna da célula. Pode ou não existir pirenoide nos representantes deste gênero.

Geminella reúne 15 espécies de ocorrência bastante rara na natureza. Quando ocorrem, habitam a zona litorânea de ambientes de preferência lênticos, sempre misturadas com outras algas. Representantes do gênero também ocorrem na água corrente (*G. interrupta*) e até sobre solo úmido (*G. protogenita*). O trabalho de Ramanathan (1964) permite identificar as 15 espécies atualmente conhecidas do gênero.

Alguns autores mantêm separados os gêneros *Geminella* e *Gloeotila* por considerarem que o último acomoda as espécies que possuem células intimamente contíguas e destituídas de mucilagem (John & Rindi 2015).

No Brasil, somente Fernandes *et al.* (2021) coletaram indivíduos de *Geminella protogenita*. O material proveio de ambientes do Rio Grande do Sul e incluíram descrição e ilustração do material identificado.

Apenas uma espécie coletada.

G. protogenita (Kützinger) G.S. West, *Algae* 1: Myxophyceae, Peridinieae, Bacillarieae, Chlorophyceae together with a brief summary of the occurrence and distribution of freshwater algae. 283. 1916.

Basiônimo: *Gloeotila protogenita* Kützinger, *Species algarum*. 283, fig. 180c-e. 1849.

Sinônimo: *Gloeotila mucosa* Borzi *nom. null. non* *Gloeotila mucosa* Kützinger, *Phycologia generalis*. 245. 1843.

Fig. 1

Talo filamentosos plano ou levemente ondulado, curto ou extremamente longo, unisseriado, células hemisféricas situadas apenas nas extremidades dos filamentos, pouco contato entre células vizinhas, células 1-2 vezes mais longas que largas, cloroplastídeo parietal, laminar, cobrindo quase toda a face interna da parede celular, pirenoide 1 por plastídeo, parede celular hialina, delgada, especialmente os septos transversais, 4-10 µm compr., 3-4,5 µm larg.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Paulo (Bicudo & Menezes 2017).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Imediatamente após a divisão nuclear formam-se os septos celulares transversais, enquanto as células terminais se arredondam durante o crescimento. É comum as células variarem de tamanho em um mesmo filamento devido às divisões celulares sucessivas no próprio filamento. Nenhum outro tipo de reprodução foi observado, conforme Fernandes *et al.* (2021), além da fragmentação do filamento.

Tudo o que se conhece sobre esta espécie no Estado de São Paulo está em Bicudo & Menezes (2017) a partir de material coletado no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Município de São Paulo, porém, jamais publicado. Tampouco existe material depositado em SP.

Gloeotila Kützinger, *Phycologia germanica*. 245. 1843.

Espécie-tipo: *Gloeotila oscillarina* Kützinger, *Phycologia germanica*. 245. 1843.

Filamentos solitários, unisseriados, simples, retos, irregularmente flexuosos ou helicoidais, curtos ou até bastante longos, envolvidos por bainha de mucilagem mais ou menos copiosa e que

ocorrem flutuando, em geral livres, na região litorânea de ambientes lênticos. Os filamentos são constituídos pela união polo a polo de células mais comumente cilíndricas e relativamente longas ou, mais raramente, elipsoidais e curtas. A união entre as células é bastante frouxa, de modo que os filamentos existem apenas temporariamente, dissociando com o próprio crescimento ou com a agitação do ambiente. As células são uninucleadas. Existe um único cloroplastídio por célula. Não há pirenoide nos representantes deste gênero.

Gloeotila é um gênero atualmente bastante controvertido. Primeiro, porque apresenta formas que mostram bastante afinidade com as de *Geminella*, *Stichococcus* e *Klebsormidium*. Assim, por exemplo, os filamentos são frequentemente envoltos por mucilagem e dissociam com facilidade. Além disso, a reprodução é feita por zoósporos biflagelados como em *Klebsormidium*. Por fim, suas células não possuem pirenoides, como em *Stichococcus*. Alguns autores preferem negar a existência de *Gloeotila* e classificar suas espécies em um dos três gêneros antes mencionados com os quais se confunde.

A existência do gênero *Gloeotila* foi recentemente rejeitada e suas espécies classificadas em *Geminella*, *Stichococcus* e *Klebsormidium* dada a existência de um sério problema com sua nomenclatura, pois a espécie-tipo de *Gloeotila* (*G. oscillarina*) foi transferida para o gênero *Stigeoclonium*. Se esta última transferência for definitiva, não se manterá mais o gênero *Gloeotila* (Bicudo & Menezes 2017).

Bourrelly (1988) colocou *Chlorospira* Koršikov na sinonímia de *Gloeotila*, que considerou um bom gênero. Diante de tanta incerteza, preferimos manter o gênero *Gloeotila* enquanto se aguarda a definição de sua situação nomenclatural e taxonômica.

O gênero é provavelmente cosmopolita e possui hábito planctônico ou ocasionalmente associado ao solo (John 2005). *Gloeotila* compreende, atualmente, três espécies que já foram coletadas em quase todo o mundo. Dessas, apenas *G. pelagica* foi encontrada no Brasil e, mais especificamente, no Parque Estadual das Fontes de Ipiranga, região sul da cidade de São Paulo, a qual pode ser identificada usando Bicudo & Pereira (2003).

Apenas uma espécie coletada.

G. pelagica (Nygaard) Skuja, Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis: sér. 4, 16(3): 195, pl. 34, fig. 1-2. 1956.

Basiônimo: *Ulothrix pelagica* Nygaard, Det Kongelige Norske Videnskabers Selskabs Skrifter 7(1): 51, fig. 19. 1950.

Fig. 2

Filamentos solitários, longos, fixos por um disco basal, não constrictos na altura dos septos, células retangulares, 12,3-21 vezes mais longas que largas, 30,5-33,1 μm compr., 1,4-2,7 μm larg., parede celular delgada, cloroplastídio parietal, laminar, estendendo por mais da metade da circunferência interna da célula, pirenoide ausente.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Paulo (Bicudo & Pereira 2003).

Material examinado: apenas material da literatura.

Comentários

Bicudo & Pereira (2003) coletaram representantes de *G. pelagica* (Nygaard) Skuja no perifiton do Lago das Ninfas, no Parque Estadual das Fontes de Ipiranga e Santos (2016) encontrou espécimes vivendo em condições de grandes volumes do herbicida ametrina (500 μl).

1.2. Ordem Microthamniales

Acredita-se atualmente que as Microthamniales, incluindo o gênero filamentoso ramificado *Microthamnion* e o cocoide *Fusochloris*, sejam representativos das Trebouxiales (Lewis & McCourt 2004), mas falta uma sustentação de peso para confirmar essa relação (Sluiman *et al.* 2008, Neustupa *et al.* 2009). Razão: nem o marcador nuclear nem o plastidial puderam resolver a posição filogenética das Microthamniales na classe Trebouxiophyceae (Barcyté *et al.* 2021).

1.2.1. Família Microthamniaceae

O gênero *Microthamnion* (Microthamniales, Microthamniaceae) encontra-se hoje bastante estudado, contudo, a delimitação de suas espécies permanece assunto de discussão. As características morfológicas utilizadas para identificar as espécies de *Microthamnion* têm-se mostrado bastante polimórficas. Segundo Reder (2019), tanto as categorias infragenéricas quanto sua posição em um contexto taxonômico superior constituem assunto de debate desde a descrição original do gênero. Estabelecido por Kützinger (1849), o gênero foi proposto tendo como espécie-tipo *M. kuetzingianum* Nägeli, uma diminuta alga verde que forma filamentos ramificados terminados em células obtusas.

Microthamnion reproduz-se por zoósporos biflagelados que têm a forma aproximada de frasco (Watson & Arnott 1973) e são produzidos em células vegetativas diferenciadas em zoosporângios. O processo de formação dos zoósporos e sua ultraestrutura são amplamente conhecidos, mas a reprodução sexuada segue ainda desconhecida (Watson & Arnott 1973). *Microthamnion* ocorre em uma ampla variedade de ambientes naturais e artificiais de água doce, lênticos e lóticos e em

água de drenagem altamente ácida de minas (Foster 1982). O gênero é globalmente distribuído, não estando restrito a qualquer latitude (Reder 2019).

Embora *Microthamnion* tenha sido reconhecido desde o início como um gênero distinto, seu lugar no sistema de classificação tem sido repetidamente discutido e várias vezes alterado. Isto se deveu, em parte, à existência agora de investigações mais detalhadas sobre o gênero e também aos rearranjos taxonômicos, renomeações e proposição de novas classes e ordens nas Chlorophyta, ou seja, a resultados naturais dos avanços das técnicas de laboratório (Reder 2019). Quando *Microthamnion* foi classificado originalmente na família Ulotrichaceae (Kützinger 1849). Rabenhorst (1863) propôs, mais tarde, sua situação taxonômica entre as Chaetophoraceae (Chaetophorales, Chlorophyceae). O argumento, entretanto, contra a classificação do gênero entre as Chaetophoraceae é a presença de sifonoxantina, um pigmento ausente nos representantes da família (Weber & Czygan 1972).

Microthamnion foi classificado por West & West (1907) entre as Microthamniaceae, no que foram seguidos por Watson & Arnott (1973), embora sem lhe garantir uma posição definitiva no sistema, pois os zoósporos do gênero possuem características não observadas nas Chlorophyceae. Mattox & Stewart (1984) sugeriram sua situação na família Pleurastraceae, ordem Pleurastrales, classe Pleurastrrophyceae. Melkonian (1990) propôs a ordem Microthamniales, embora com afinidades incertas, para acomodar as clorofíceas que compartilhavam uma ultraestrutura distinta de seus zoósporos, bem como um tipo comum de mitose e citocinese, ou seja, um sistema fechado com fuso metacêntrico e sulco centrípeto com ficoplastos.

John *et al.* (1993) afirmaram, via estudos moleculares, que o gênero é monoespecífico em vez de constituído por duas espécies e que *M. kuetzingianum* não seria apenas fenotipicamente muito variável, mas também apresentaria ampla amplitude ecológica. Sua distribuição é mundial em ambientes de água doce de química variável, particularmente comum em águas levemente ácidas de pântanos e que também pode ocorrer em água de drenagem de minas contaminada com metais pesados, mas só raramente no solo (Whitton & Diaz 1981)

Microthamnion Nägeli in Kützinger, Species algarum. 352. 1849.

Espécie-tipo: *Microthamnion kuetzingianum* Nägeli ex Kützinger, Species algarum. 352. 1849.

Algas microscópicas que vivem presas por diminuta almofada de mucilagem a partes submersas de plantas aquáticas, madeira, pedras, etc. A planta é ereta e consiste em um eixo principal unisseriado, do qual partem ramos laterais também unisseriados, que nascem logo abaixo de cada septo transversal. A célula terminal do eixo principal e de cada ramo lateral termina de maneira amplamente arredondada. As células intermediárias do filamento são cilíndricas, longas

e contêm um cloroplastídio laminar parietal que preenche internamente só uma parte da célula e não possui pirenoide.

O gênero inclui seis ou sete espécies conhecidas de águas ácidas a neutras do mundo todo. A grande plasticidade morfológica apresentada por estas algas em resposta às diferentes condições ambientais coloca em dúvida a validade de algumas dessas espécies.

A única referência bibliográfica que permite identificar três ou quatro espécies do gênero é relativamente antiga e é o trabalho de Rayss (1929). No Brasil, apenas a espécie-tipo do gênero, *M. kuetzingianum*, foi identificada. Entretanto, tal informação jamais foi publicada. O material identificado proveio do Parque Estadual Fontes de Ipiranga, Município de São Paulo.

Apenas uma espécie coletada.

M. kuetzingianum Nägeli ex Kützing, Species algarum. 352. 1849.

Fig. 3

Filamentos eretos, ramificados, presos ao substrato por diminuta almofada de mucilagem, eixo principal unisseriado, ramificação muitas vezes densa, ramos laterais unisseriados, situados imediatamente abaixo de cada septo transversal, irregularmente distribuídos, raro retos, em geral levemente curvos, células intermediárias do filamento cilíndricas, longas, célula terminal do eixo principal e de cada ramo lateral amplamente arredondada, células 2-12(-15) vezes mais longas que largas, (3-)6-48(-75) µm compr., (1,5-)3-4(-5) µm larg., cloroplastídio 1, laminar, parietal, preenchendo internamente só parte da célula, pirenoide ausente.

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: Município de São Paulo (Bicudo & Menezes 2017).

Material examinado: só material da literatura.

Comentários

Os representantes de *Microthamnion* são de ocorrência cosmopolita e vida fixa a plantas aquáticas, madeira, pedras e outras superfícies nas margens rasas de reservatórios, riachos de fluxo lento, valas e nascentes e canais de filtração de esgoto usados intermitentemente e de resíduos de estação de tratamento de água, onde sais de ferro são usados como material húmico floculado. *Microthamnion* é uma alga característica de ambiente onde óxido de ferro e/ou de manganês é depositado e a água destituída de oxigênio drenada da turfeira encontra a atmosfera; ou nas águas bombeadas de uma mina de carvão que entram em um córrego ou riacho. Os representantes desta espécie vivem comumente associados a um conjunto de algas filamentosas dominado por *Microspora*, caracterizando locais contaminados por minerais.

A espécie foi coletada no hidrofitotério do Jardim Botânico de São Paulo, ou seja, em um ambiente para exposição de plantas aquáticas. As coletas foram realizadas esporadicamente durante a época em que o ambiente foi altamente contaminado por material particulado rico em ferro proveniente de uma fundição situada vizinho ao Jardim Botânico. Com o cessamento da contaminação, não foram mais vistos espécimes de *Microthamnion* nas várias coletas providenciadas nos mesmos locais onde antes habitavam.

Microthamnion kuetzingianum e *M. strictissimum* são atualmente considerados sinônimos taxonômicos (heterotípicos). Estudos realizados por John & Johnson (1987) com material em cultivo mostraram a grande variação dos caracteres tradicionalmente usados para separar as duas espécies (largura da célula, relação comprimento-largura das células, modo de ramificação). *Microthamnion strictissimum* seria, portanto, uma ecoforma de *M. kuetzingianum* com células longas, que se desenvolveria quando as condições fossem favoráveis para o crescimento rápido. Indivíduos situados em um filme superficial de água geralmente possuem ramos curvos (John 2011).

As análises moleculares e morfológicas providenciadas por John *et al.* (1993) indicaram uma estreita concordância entre os locais de restrição de todas as cepas de *Microthamnion* examinadas e, portanto, sustentaram a ideia de que o gênero seja verdadeiramente monoespecífico, pelo menos até que outras cepas cultivadas sejam investigadas.

2. Divisão Charophyta

As Charophyta constituem uma assembleia parafilética única de algas habitantes quase estritamente das águas doces (Leliaert *et al.* 2012), que divergiram das Chlorophyta, Rhodophyta e Glaucophyta e apareceram situadas filogeneticamente na linha de evolução para as plantas terrestres (Sexton & Lomas 2018). As Charophyta compreendem as cinco ordens que seguem: Charales, Coleochaetales, Zygnematales, Klebsormidiales e Chlorokybales, sendo esta última uma ordem monotípica cujo único representante, *Chlorokybus atmophyticus*, é considerado a espécie mais antiga das Charophyta (Turmel *et al.* 2002). Segundo Leliaert *et al.* (2012), dados ultraestruturais, bioquímicos e moleculares revelaram a existência de seis classes de Charophyta, que são: Charophyceae, Coleochaetophyceae, Zygnematophyceae, Klebsormidiophyceae, Chlorokybophyceae e, provavelmente, também Mesostigmatophyceae (Mattox & Stewart 1984).

As Klebsormidiophyceae incluem os gêneros de água doce ou subaéreos *Klebsormidium*, *Interfilum* e *Entransia*, que são filamentos simples ou pacotes celulares sarcinoides que produzem esporos com as características de Streptophyta (Cook 2004, Sluiman *et al.* 2008). Rindi *et al.*

(2011) estudaram a diversidade e as relações filogenéticas nas Klebsormidiophyceae trabalhando com *Klebsormidium* e *Interfilum*.

Considera-se que dois aspectos da biologia das Streptophyta (também conhecidas como Charophyta) favoreceram sua transição para o ambiente terrestre, por serem algas de água doce e possuírem várias adaptações para conviver com os estresses ambientais por que passaram (de Vries *et al.* 2016).

Charales, Coleochaetales e, mais recentemente, as Zygnematales foram consideradas o ramo irmão das embriófitas. No entanto, apesar da existência de um número bastante significativo de estudos filogenéticos, essa questão permanece controversa. Wodniok *et al.* (2011) apoiaram a ideia de que as Charales não sejam os parentes vivos mais próximos das embriófitas, mas as Zygnematales; ou um ramo formado pelas Zygnematales e Coleochaetales poderia ser, muito provavelmente, o ramo irmão das embriófitas.

2.1. Classe Klebsormidiophyceae

Os representantes desta classe são indivíduos filamentosos simples (não ramificados), que possuem, tipicamente, um pirenoide por célula para armazenagem de amido e um ou dois cloroplastídios localizados contra a face interna de cada célula (parietais). A divisão celular ocorre pela formação de um sulco de clivagem, mas aparentemente nem fragmoplasto nem placa celular são formados. Fragmentação é a forma vegetativa de reprodução dos representantes desta classe, onde o filamento quebra em porções de poucas células que desenvolverão novos filamentos. *Klebsormidium* produz zoósporos biflagelados. Os zoósporos nadam durante um certo tempo e fixam-se a um substrato para se tornarem novos filamentos. Tais zoósporos são cobertos por pequenas escamas quadradas semelhantes às de certas algas clorófitas, mas também possuem características de planta terrestre. Os dois flagelos estão inseridos de forma assimétrica sobre uma estrutura multicamada (MLS) (van den Hoek *et al.* 1995). A reprodução sexuada continua desconhecida.

2.1.1. Ordem Klebsormidiales

Os organismos desta ordem apresentam mitose aberta, aonde o fuso da telófase é persistente e a citocinese deriva do sulco de clivagem (mitose tipo VII). As paredes celulares transversais não possuem plasmodesmos. Os membros da ordem são cocoides, sarcinoides ou formam filamentos não ramificados. O cloroplastídio é parietal, tem forma de lâmina ou taça e contém, em geral, um único pirenoide (van den Hoek *et al.* 1995).

Dados de microscopia de luz e eletrônica de transmissão indicaram que os três gêneros que constituem as Klebsormidiales estão filogeneticamente intimamente relacionados (Lokhorst *et al.* 2000, Cook 2004).

2.1.1.1. Família Klebsormidiaceae

As Klebsormidiaceae são organismos capazes de crescer não só em locais de água doce, mas também formam biofilmes sobre o solo e outras superfícies úmidas (Mikhailyuk *et al.* 2015) sendo, portanto, consideradas também algas aeroterrestres (Karsten & Rindi 2010).

Morfológicamente, as Klebsormidiaceae são algas cocoides ou que formam filamentos não ramificados (Sluiman *et al.* 2008). Possuem um ou dois cloroplastídios situados lateralmente na célula, cada um com um pirenoide. A reprodução pode ocorrer pela fragmentação do filamento, cada porção constituindo um novo filamento. Em algumas espécies, também pode ocorrer zoósporos biflagelados revestidos por pequenas escamas quadradas. A reprodução sexuada ainda não foi observada.

Apenas *Klebsormidium* foi identificado em material do Estado de São Paulo.

Klebsormidium P.C. Silva, Mattox & Blackwell, Taxon 21(5-6): 643. 1972.

Espécie-tipo: *Klebsormidium flaccidum* (Kützinger) P.C. Silva, Mattox & Blackwell, Taxon 21(5-6): 643. 1972.

Basiônimo: *Ulothrix flaccida* Kützinger, Species algarum. 349. 1849.

Klebsormidium P.C. Silva *et al.* é um gênero de algas verdes filamentosas cosmopolitas que inclui, presentemente, 25 espécies (Guiry & Guiry 2023). Embora *Klebsormidium* seja uma das microclorófitas com maior distribuição mundial, os limites taxonômicos entre suas espécies ainda são bastante problemáticos. Várias características morfológicas vêm sendo empregadas para delimitar espécies, incluindo largura celular, fragmentação dos filamentos, presença de uma camada repelente à água, características dos zoosporângios e padrão de germinação dos zoósporos (Printz 1964, Lokhorst 1996). No entanto, ocorre com frequência sobreposição na morfologia de espécies de *Klebsormidium* e algumas características consideradas taxonomicamente importantes mostram variação dependente da idade e das condições fisiológicas dos espécimes (Škaloud 2006). Estes problemas são parcialmente devidos ao fato das descrições originais das espécies (ex. Kützinger 1849) serem demasiado breves e fornecerem, por conseguinte, informação insuficiente para caracterizar com precisão a espécie. Isto gerou diferentes interpretações do real significado da taxonomia.

As espécies de *Klebsormidium* representam um dos grupos de microclorófitas aeroterrestres mais bem difundido no mundo, sua distribuição ocorrendo em ambientes desde polar até tropical. A taxonomia do gênero é um grande desafio devido à simplicidade morfológica dos organismos que constituem o gênero e à provável alta diversidade críptica (Rindi *et al.* 2008a).

As razões para *Klebsormidium* sobreviver e desenvolver alta biomassa em ambientes terrestres extremamente secos, ensolarados e quentes ou frios permanecem pouco compreendidas e publicações mais recentes tentaram entender o alto potencial de aclimação de certas espécies à flutuação na disponibilidade de água, temperatura e radiação solar (Holzinger & Karsten 2013, Kitzing *et al.* 2014). Neste sentido, Holzinger & Karsten (2013) estudaram a formação de septos transversais fortemente ondulados em amostras de material dessecado e sugeriram sua relação com o alto grau de flexibilidade mecânica de certas espécies. Segundo os últimos autores, isto ajudaria a manter a integridade estrutural da alga no estado seco e permitiria que a célula mantivesse a pressão interna por um período maior durante o processo de desidratação. O gênero também apresentou tolerância aos raios UV nas cepas de *K. fluitans* estudadas por Kitzing *et al.* (2014), o que pode ser entendido por sua capacidade bioquímica de sintetizar e acumular aminoácidos específicos após exposição aos raios UV-A e UV-B.

Klebsormidium apresenta distribuição geográfica mundial, ocorrendo em uma ampla variedade de ambientes terrestres e de água doce. Devido à sua morfologia filamentosa bastante simples, *Klebsormidium* representa um gênero taxonômica e sistematicamente complexo, onde as relações filogenéticas permanecem pouco conhecidas. Um exemplo desta afirmação é a existência de algumas espécies polifiléticas, inclusive a espécie-tipo do gênero, *K. flaccidum* (Rindi *et al.* 2011).

Os filamentos destas algas são usualmente solitários e podem ocorrer flutuando livremente na coluna d'água quando adultos ou tomar parte no perifíton, associados a macrófitas do litoral dos sistemas que habitam. Quando jovem, entretanto, o filamento é fixo a um substrato. Os filamentos são constituídos pela justaposição de células em geral cilíndricas e uninucleadas. Este é um tipo frouxo de união, pois os filamentos dissociam com facilidade em porções de poucas células e, até mesmo, uniceluladas. Não existe, aparentemente, plasmodesmos nem envoltório de mucilagem e a célula basal não é morfológicamente diferente das demais. O cloroplastidio é único em cada célula, laminar e ocupa posição parietal envolvendo apenas metade da circunferência interna da célula. Existe um pirenoide por plastídio (Bicudo & Menezes 2017).

O nome original deste gênero é *Hormidium* e foi proposto por Kützing em 1843. Mas, *Hormidium* Kützing é um homônimo posterior de *Hormidium* (Lindley) G. Heynolds, uma orquídea. *Hormidium* Kützing foi, então, substituído por *Chlorormidium*, que não foi aceito por

ser um nome supérfluo. O nome *Chlorormidium* foi proposto para substituir *Hormidium* na acepção de Klebs (1896), uma Ulothricaceae. Silva *et al.* (1972) propuseram, finalmente, o nome *Klebsormidium* para substituir *Hormidium* Kützing, incluindo nele as algas filamentosas com células que possuem um plastídio que envolve internamente a parede celular de modo incompleto, cuja margem jamais é lobada e possui um pirenoide. Os zoósporos são biflagelados e destituídos de estigma, germinando sem a produção de uma estrutura de fixação. O gênero *Klebsormidium* inclui organismos, principalmente, terrestres que vivem sobre substratos úmidos. Algumas espécies são de água doce e só uma é marinha (Lokhorst 1991, Sanchez-Puerta & Leonardi 2001).

São conhecidas atualmente ao redor de 15 espécies de *Klebsormidium* e Ramanathan (1964) permite identificar 12 delas. Apenas *K. subtile* é conhecida do Brasil e pode ser identificada usando o trabalho de Bicudo & Pereira (2003), mas foi recentemente transferida para *Ulothrix subtilissima*.

K. scopulinum (Hazen) Ettl & Gärtner, Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen. 604. 1995.

Basiônimo: *Stichococcus scopulinus* Hazen, Memoirs of the Torrey Botanical Club 11(2): 161, pl. 22, fig. 4-6. 1902.

Sinônimo: *Gloeotila scopulina* (Hazen) Heering, Die Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Chlorophyceae 3. Vol. 6: 48. 1914.

Fig. 5

Filamentos formando longas massas verde-brilhante, células cilíndricas, 1-10 vezes mais longas que largas, não constrictas ao nível dos septos, 3-3,6 µm larg., parede celular muito fina, cloroplastídio verde-pálido, destituído de pirenoide, reprodução assexuada por 1 único zoósporo produzido em cada célula, de ocorrência mais frequente que a reprodução vegetativa (quebra do filamento).

Distribuição no Estado de São Paulo

Em literatura: primeira citação da ocorrência da espécie no Brasil.

Material examinado: **Município Angatuba** (SP470490). **Município de São Paulo** (SP164447, SP255747).

Comentários

Como Hazen (1902) afirmou quando descreveu *S. scopulinus*, a alga era geralmente abundante na localidade-tipo durante o inverno e início da primavera, não persistindo por muito tempo no estado filamentoso quando foi trazida para o laboratório. O referido autor descreveu, de forma muito breve, que a alga ou adota o estado cocoide ou forma zoósporos abundantemente. Segundo

John *et al.* (2011), a espécie é planctônica ou vive associada a superfícies submersas em vários ambientes aquáticos.

Segundo Guiry & Guiry (2023), *Klebsormidium scopulinum* (Hazen) Ettl & Gärtner é um sinônimo de *Gloeotila scopulina* (Hazen) Heering.

3. Conclusões

Os organismos ora estudados e classificados entre as Trebouxiophyceae formaram filamentos simples, ramificados ou não, com ou sem envoltório de mucilagem. O tipo predominante de organização do talo foi o filamentosos não ramificado e estas algas podem ser bentônicas ou flutuar livres no ambiente.

A ordem Chlorellales foi representada na área do Estado de São Paulo apenas por uma família, a Chlorellaceae, que incluiu dois gêneros (*Geminella* e *Gloeotila*). Apenas um gênero (*Microthamnion*), contudo, foi coletado da família Microthamniaceae.

Os organismos classificados na classe Klebsormidiophyceae da divisão Charophyta formaram filamentos simples não ramificados e foram representados pelo único gênero *Klebsormidium* e duas espécies, das quais *K. scopulinum* foi citada pioneiramente para o território brasileiro.

Klebsormidium subtile (Kützinger) Mikhailyuk foi a única espécie das Klebsormidiophyceae coletada em duas localidades, São José do Rio Preto e São Paulo. A outra espécie, *Klebsormidium scopulinum* (Hazen) Ettl & Gärtner, foi coletada no Município de Angatuba. Os exemplares representativos das três espécies das Trebouxiophyceae foram coletados apenas esporadicamente no Município de São Paulo e sempre, mais especificamente, no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga. Trata-se, portanto, de coletas extremamente esporádicas.

4. Referências citadas

- Barcyté, D., Eikrem, W., Engesmo, A., Seoane, S., Wohlmann, J., Horák, A., Yurchenko, T. & Eliáš, M.** 2021. *Olisthodiscus* represents a new class of Ochrophyta. *Journal of Phycology* 57: 1094-1118.
- Bicudo, C.E.M. & Menezes, M.** 2017. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. RiMa Editora, São Carlos. 3ª edição.
- Bicudo, C.E.M. & Pereira, F.C.** 2003. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas, 16: Chlorophyceae (Ulotrichales). *Hoehnea* 30: 31-37.
- Bourrelly, P.C.** 1988. Compléments a les algues d'eau douce. Initiation à la systématique, 1: les algues vertes. Société Nouvelle des Éditions Boubée, Paris.

- Cook, M.E.** 2004. Structure and asexual reproduction of the enigmatic charophycean green alga *Entransia fimbriata* (Klebsormidiales, Charophyceae). *Journal of Phycology* 40: 424-431.
- De Vries, J., Stanton, A., Archibald, J.M. & Gould, S.B.** 2016. Streptophyte terrestrialization in light of plastid evolution. *Trends in Plant Science* 21(6): 467-476.
- Fernandes, U.L., Castro, M.S. & Girollo, D.** 2021. Morphological features of the *Geminella protogenita* (Kützinger) West (Chlorophyta, Trebouxiophyceae): a rare freshwater green alga found in Southern of Brazil. *Biologia* 76: 2889-2894.
- Foster, P.L.** 1982. Species associations and metal contents of algae from rivers polluted by heavy metals. *Freshwater Biology* 12: 17-39.
- Friedl, T.** 1995. Inferring taxonomic positions and testing genus level assignments in coccoid green lichen algae: a phylogenetic analysis of 18S ribosomal RNA sequences from *Dictyochloropsis reticulata* and from members of the genus *Myrmecia* (Chlorophyta, Trebouxiophyceae cl. nov.). *Journal of Phycology* 31: 632-639.
- Friedl, T. & Bhattacharya, D.** 2002. Origin and evolution of green lichen algae. *In*: Seckbach, J. (ed.). *Symbiosis: mechanisms and model systems*. Springer, Dordrecht. p. 341-357.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M.** 2023. AlgaeBase: World wide electronic publication. National University of Ireland, Galway. <http://algaebase.org>
- Holzinger, A. & Karsten, U.** 2013. Desiccation stress and tolerance in green algae: consequences for ultrastructure, physiological, and molecular mechanisms. *Frontiers in Plant Science* 4: 327.
- John, D.M.** 2002. Phylum Chlorophyta (green algae). *In*: John, D.M., Whitton, B.A. & Brook, A.J. (eds.). *The freshwater algal flora of the British Isles: an identification guide to freshwater and terrestrial algae*. Cambridge University Press, Cambridge. p. 287-612.
- John, D.M.** 2011. Phylum Chlorophyta: Chaetophorales, Microsporales, Ulotrichales. *In*: John, D.M., Whitton, B.A. & Brook, A.J. (eds.). *The freshwater algal flora of the British Isles: an identification guide to freshwater and terrestrial algae*. Cambridge University Press, Cambridge. p. 524-554. 2ª edição.
- John, D.M., Bhoday, R., Russell, S.J., Johnson, L.R. & Gacesa, P.** 1993. A molecular and morphological analysis of *Microthamnion* (Chlorophyta, Microthamniales). *Archiv für Protistenkunde* 143(1-3): 33-39.
- John, D.M. & Johnson, L.R.** 1987. Observations on the developmental morphology, growth rate, and reproduction of *Microthamnion kuetzingianum* Näegeli (Pleurastraceae, Pleurastrales) in culture and a taxonomic assessment of the genus. *Nova Hedwigia* 44: 25-53.

- John, D.M. & Rindi, F.** 2015. Filamentous (non-conjugating) and plantlike green algae. In: Wehr, J.R., Sheath, R.G. & Kociolek, J.P. (eds.). Freshwater algae of North America: ecology and classification. Academic Press, San Diego, p. 375-427. 2ª edição.
- Karsten, U & Rindi, F.** 2010. Ecophysiological performance of an urban strain of the aeroterrestrial green alga *Klebsormidium* sp. (Klebsormidiales, Klebsormidiophyceae). European Journal of Phycology 45(4): 426-435.
- Kitzing, C., Pröschold, T. & Karsten, U.** 2014. UV-induced effects on growth, photosynthetic performance, and sunscreen contents in different populations of the green alga *Klebsormidium fluitans* (Streptophyta) from alpine soil crusts. Microbial Ecology 67(2): 327-340.
- Klebs, G.** 1896. Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. Gustav Fischer, Jena.
- Kützing, F.T.** 1843. Phycologia generalis oder Anatomie, Physiologie und Systemkunde der Tange. F.A. Brockhaus, Leipzig.
- Kützing, F.T.** 1849. Species algarum. F.A. Brockhaus, Lipsiae.
- Leliaert, F., Smith, D.R., Moreau, H., Herron, M.D., Verbruggen, H., Delwiche, C.F. & De Clerck, O.** 2012. Phylogeny and molecular evolution of the green algae. Critical Reviews in Plant Sciences 31: 1-46.
- Lewis, L.A. & McCourt, R.M.** 2004. Green algae and the origin of land plants. American Journal of Botany 91(10): 1535-1556.
- Mattox, K.R. & Stewart, K.D.** 1984. Classification of the green algae: a concept based on comparative cytology. In: Irvine, D.E.G. & John, D.M. (eds.). Systematics of the green algae. Academic Press, London. p. 29-72.
- Melkonian, M.** 1990. Phylum Chlorophyta: introduction to the Chlorophyta. In: Margulis, L., Corliss, J.O., Melkonian, M. & Chapman, D.J. (eds.). Handbook of Protoctista. Jones & Barlett, Boston. p. 597-599.
- Mikhailyuk, T.I., Glaser, K., Holzinger, A. & Karsten, U.** 2015. Biodiversity of *Klebsormidium* (Streptophyta) from alpine biological soil crusts (Alps, Tyrol, Austria, and Italy). Journal of Phycology 51: 750-767.
- Mikhailyuk, T.I., Sluiman, H.J., Massalski, A., Mudimu, O., Demchenko, E.M, Kondratyuk, S.Y. & Friedl, T.** 2008. New streptophyte green algae from terrestrial habitats and an assessment of the genus *interfilum* (Klebsormidiophyceae, Streptophyta). Journal of Phycology 44: 1586-1603.
- Muggia, L., Leavitt, S. & Barreno, E.** 2018. The hidden diversity of lichenised Trebouxiophyceae (Chlorophyta). Phycologia 57(5): 503-524.

- Necchi Jr., O., Dip, M.R. & Góes, R.M.** 1991. Macroalgae of a stream in Southeastern Brazil: composition, seasonal variation, and relation to physical and chemical variables. *Hydrobiologia* 213: 241-250.
- Printz, H.** 1964. Die Chaetophorales der Binnengewässer: eine systematische Übersicht. *Hydrobiologia* 24(1-3): 1-376.
- Rabenhorst, L.** 1863. Kryptogamen flora von Sachsen, der Ober-Lausitz, Thüringen und Nordböhmen mit berücksichtigung der benachbarten länder, 1: Algen im weitesten sinne, leber und laubmoore. Eduard Kummer, Leipzig.
- Ramanathan, K.R.** 1964. Ulotrichales. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi.
- Rayss, T.** 1929. *Microthamnion kuetzingianum* Naeg. Bulletin de la Société botanique de Genève 21: 143-160.
- Reder, T.** 2019. A case study of species delimitation with molecular methods: the algal genus *Microthamnion* (Microthamniales, Trebouxiophyceae). Tese de Doutorado. Universität zu Köln, Köln.
- Rindi, F. & López-Bautista, J.M.** 2008. Diversity and ecology of Trentepohliales (Ulvophyceae, Chlorophyta) in French Guiana. *Cryptogamie, Algologie* 29: 13-43.
- Rindi, F., Mikhailyuk, T.I., Sluiman, H.J., Friedl, T. & López-Bautista, J.M.** 2011. Phylogenetic relationships in *Interfilum* and *Klebsormidium* (Klebsormidiophyceae, Streptophyta). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 58: 218-231.
- Santos, A.C.** 2016. Análise da toxicidade de água de rio contaminada com herbicida ametrina utilizando colunas de Winogradsky e microalgas como bioindicadoras. Trabalho de conclusão de curso (Ecologia). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Sexton, J.P. & Lomas, M.W.** 2018. Microalgal systematics. In: Levine, I. & Fleurence, J. (eds.). *Microalgae in health and disease prevention*. Academic Press, London. p. 73-107.
- Silva, P.C., Mattox, K.R. & Blackwell Jr., W.H.** 1972. The generic name *Hormidium* as applied to green algae. *Taxon* 21(5-6): 639-645.
- Škaloud, P.** 2006. Variation and taxonomic significance of some morphological features in European strains of *Klebsormidium* (Klebsormidiophyceae, Streptophyta). *Nova Hedwigia* 83(3-4): 533-550.
- Škaloud, P. & Peksa, O.** 2010. Evolutionary inferences based on ITS rDNA and actin sequences reveal extensive diversity of the common lichen alga *Asterochloris* (Trebouxiophyceae, Chlorophyta). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 54: 36-46.
- Sluiman, H.J., Guihal, C. & Mudimu, O.** 2008. Assessing phylogenetic affinities and species delimitations in Klebsormidiales (Streptophyta): nuclear-encoded rDNA phylogenies and

- ITS secondary structure models in *Klebsormidium*, *Hormidiella*, and *Entransia*. *Journal of Phycology* 44: 183-195.
- Turmel, M., Otis, C., De Cambiaire, J.-C., Pombert, J.-F. & Lemieux, C.** 2002. The chloroplast genome sequence of *Chlorokybus atmophyticus*: evidence that Charophycean green algae from an early diverging lineage adapted to terrestrial life. *Journal of Phycology* 38(suppl. 1): 35-36.
- van den Hoek, C., Mann, D.G. & Jahns, H.M.** 1995. *Algae, an introduction to phycology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Watson, M.W. & Arnott, H.J.** 1973. Ultrastructural morphology of *Microthamnion* zoospores. *Journal of Phycology* 9: 15-29.
- Weber, A. & Czygan, F.C.** 1972. Chlorophylle und carotinoide der Chaetophorineae (Chlorophyceae, Ulotrichales), 1: Siphonaxanthin in *Microthamnion kuetzingianum* Naegeli. *Archiv für Mikrobiologie* 84: 243-253.
- West, W. & West, G.S.** 1907. Fresh-water algae from Burma, including a few from Bengal and Madras. *Annals of the Royal Botanical Garden* 6: 182-183.
- Whitton, B.A. & Díaz, B.M.** 1981. Influence of environmental factors on photosynthetic species composition in highly acidic waters. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 21: 1459-1465.
- Wodniok, S., Brinkmann, H., Glöckner, G., Heidel, A.J., Philippe, H., Melkonian, M. & Becker, B.** 2011. Origin of land plants: do conjugating green algae hold the key? *BMC Evolutionary Biology* 11: 104.

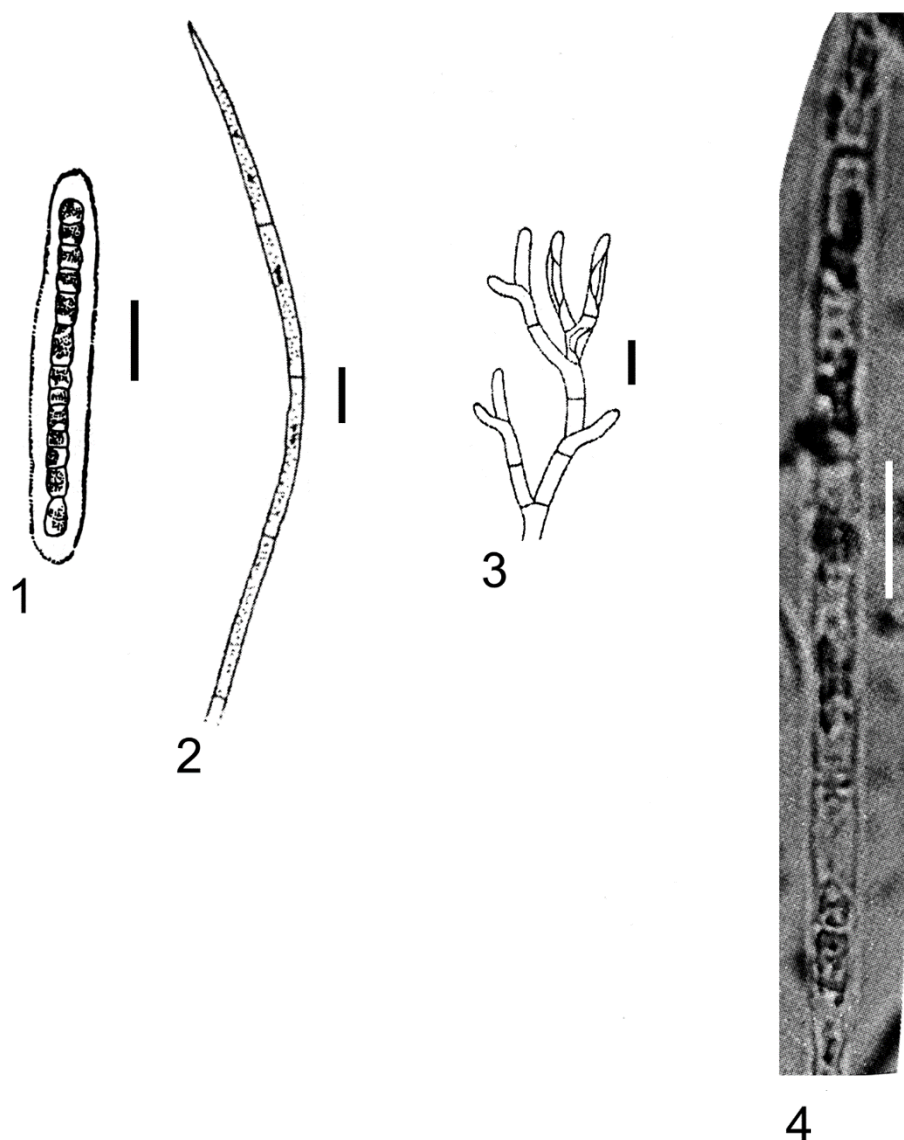


Fig. 1. *Geminella protogenita* (Kützinger) G.S. West (de Ramanathan 1964). Fig. 2. *Gloeotila pelagica* (Nygaard) Skuja (de Bicudo & Pereira 2003). Fig. 3. *Microthamnion kuetzingianum* Nägeli ex Kützinger (de Bicudo & Menezes 2017). Fig. 4. *Klebsormidium scopulinum* (Hazen) Ettl & Gärtner (Fotomicrografia K.A. Díaz-Valle).
Escalas: 10 μ m.

Capítulo 4

Conclusões gerais

Observou-se durante a atual pesquisa que os organismos da classe Chlorophyceae ‘*sensu stricto*’ apresentaram considerável variação morfológica, incluindo filamentos simples não ramificados, filamentos ramificados com ou sem mucilagem envolvente e filamentos coalescidos, sendo dominante o filamentososo ramificado com mucilagem e apresentou hábito principalmente bentônico, porém, também ocorreram espécimes epífitos.

O número identificado de espécies em cada gênero das ordens Sphaeropleales e Chaetophorales e sua respectiva classificação em ordens e famílias estão representados na tabela abaixo.

Ordem	Família	Gênero	Nº de espécies
Sphaeropleales	Microsporaceae	<i>Microspora</i>	6
	Sphaeropleaceae	<i>Radiofilum</i>	1
Chaetophorales	Aphanochaetaceae	<i>Draparnaldia</i>	1
		<i>Gongrosira</i>	1
		<i>Hormotila</i>	1
		<i>Protoderma</i>	1
		<i>Stigeoclonium</i>	7
	Chaetophoraceae	<i>Chaetophora</i>	3
		<i>Gonatoblaste</i>	1
	Schizomeridaceae	<i>Schizomeris</i>	1
	Uronemataceae	<i>Uronema</i>	2

Stigeoclonium helveticum Vischer apresentou a maior distribuição geográfica no Estado de São Paulo coletado em 14 localidades distintas, seguido por *Chaetophora elegans* (Roth) C. Agardh em 13.

Os municípios de São Paulo e São José do Rio Preto foram os que apresentaram os maiores números de espécies identificadas, com 10 e sete espécies, respectivamente. Esta informação está,

entretanto, distorcida se considerar que esses dois municípios possuem centros com especialistas trabalhando há bastante tempo no levantamento taxonômico da flórua do Estado.

A classe Ulvophyceae também apresentou uma elevada variação morfológica que compreendeu filamentos simples não ramificados, filamentos ramificados envolvidos ou não por bainha de mucilagem e estruturas cenocíticas. De todos esses tipos, dominou o filamentoso ramificado não embebido em mucilagem. O hábito de vida desses organismos foi principalmente bentônico, com a grande maioria de espécimes fixa a algum tipo de substrato quando jovem e livre flutuante na coluna d'água quando mais velhos.

O número identificado de espécies em cada gênero das ordens Trentepohliales, Ulotrichales e Cladophorales e sua respectiva classificação em ordens e famílias estão representados na tabela abaixo.

Ordem	Família	Gênero	Nº de espécies
Trentepohliales	Trentepohliaceae	<i>Cephaleuros</i>	2
		<i>Phycopeltis</i>	8
		<i>Printzina</i>	1
		<i>Trentepohlia</i>	15
Ulotrichales	Ulotrichaceae	<i>Ulotrichopsis</i>	1
		<i>Ulothrix</i>	5
	Binucleariaceae	<i>Binuclearia</i>	1
Cladophorales	Cladophoraceae	<i>Cladophora</i>	1
	Pseudocladophoraceae	<i>Pithophora</i>	1

Os dois gêneros que apresentaram o maior número de espécies foram *Trentepohlia* com 15 espécies e *Phycopeltis* com oito, ambos representados por organismos subaéreos.

Duas espécies de *Trentepohlia* apresentaram a maior distribuição geográfica no Estado de São Paulo, *T. diffracta* (Krempelhuber) Hariot coletada em nove localidades e *T. arborum* (C. Agardh) Hariot e *Ulothrix tenerrima* (Kützinger) Kützinger em seis cada uma. São Paulo com 17 espécies e Ubatuba com 16 foram os municípios que reuniram os maiores números de espécies identificadas. Acredita-se, entretanto, que esta informação possa estar distorcida porque o primeiro município possui centro com especialistas trabalhando há bastante tempo no levantamento taxonômico da flórua do Estado e o segundo por apresentar maior riqueza de espécimes subaéreos coletados dos gêneros *Phycopeltis* e *Trentepohlia*.

Os organismos ora estudados e classificados entre as Trebouxiophyceae formaram filamentos simples ou ramificados com ou sem envoltório de mucilagem. O tipo dominante de organização do talo foi o filamentoso não ramificado envolvidos por mucilagem. Além disso, estas algas foram bentônicas ou flutuaram livres no ambiente.

O número identificado de espécies em cada gênero das ordens Chlorellales e Microthamniales e sua respectiva classificação em ordens e famílias estão representados na tabela abaixo.

Ordem	Família	Gênero	Nº de espécies
Chlorellales	Chlorellaceae	<i>Chlorella</i>	1
		<i>Gloeotila</i>	1
Microthamniales	Microthamniaceae	<i>Microthmanium</i>	1

Os exemplares representativos das três espécies das Trebouxiophyceae foram coletados apenas esporadicamente no Município de São Paulo e sempre no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga.

Os organismos identificados da classe Klebsormidiophyceae da divisão Charophyta formaram filamentos simples não ramificados e foram representados pelo único gênero *Klebsormidium* e uma espécie, *K. scopulinum*, que foi citada atualmente pela primeira vez para o território brasileiro. *Klebsormidium scopulinum* (Hazen) Ettl & Gärtner foi coletada no Município de Angatuba.

Ordem	Família	Gênero	Nº de espécies
Klebsormidiales	Klebsormidiaceae	<i>Klebsormidium</i>	1

Deve-se destacar que em nosso trabalho tivemos novas referências de ocorrência no Estado de São Paulo, as quais estão resumidas na tabela abaixo, com o município em que ocorreram e as referências às exsicatas em que ocorreram.

Espécie	Município	Exsicata
<i>Microspora lauterbornii</i>	Bauru	SP130790
<i>Microspora pachyderma</i>	Águas de Santa Bárbara	SP239243
	Queluz	SP164018
<i>Gongrosira papuasica</i>	Barra Bonita	SP255742
<i>Ulothrix tenuissima</i>	Campos do Jordão	SP255737
	Itanhaém	SP255164
	Pontes Gestal	SP114558
	São Paulo	SP255751
<i>Klebsormidium scopulinum</i>	Angatuba	SP470490
	São Paulo	SP164447
		SP255747

Também em nosso trabalho temos uma nova descrição para Brasil, da espécie *Klebsormidium scopulinum*

Cabe, finalmente, destacar a grande variedade dos ambientes onde os organismos podem ser descritos, um exemplo é a espécie *Gongrosira papuasica*, a qual foi descrita no ano 2018 para Brasil por Ramos *et al.* formando parte dos fitotelmatas de bromeliáceas no Estado de Bahia, mas agora foi descrita formando parte do perifíton de *Vallisneria* sp.

Índice das espécies e variedades identificadas

<i>Binuclearia tectorum</i> (Kützinger) Berger ex Wichmann	140
<i>Cephaleuros</i> cf. <i>karstenii</i> Schmidle	127
<i>Cephaleuros</i> sp.	128
<i>Chaetophora attenuata</i> Hazen	61
<i>Chaetophora elegans</i> (Roth) C. Agardh	62
<i>Chaetophora pisiformis</i> (Roth) C. Agardh	63
<i>Cladophora glomerata</i> (Linnaeus) Kützinger	147
<i>Dichotomosiphon tuberosus</i> (A. Braun ex Kützinger) Ernst	154
<i>Draparnaldia mutabilis</i> (Roth) Bory de St. Vincent	67
<i>Geminella protogenita</i> (Kützinger) G.S. West	175
<i>Gloeotila pelagica</i> (Nygaard) Skuja	176
<i>Gonatoblaste rostrata</i> Huber	47
<i>Gongrosira papuasica</i> (Borzi) Tupa	72
<i>Hormotila blennista</i> Trainor & Hilton	70
<i>Klebsormidium scopulinum</i> (Hazen) Ettl & Gärtner	184
<i>Microspora abbreviata</i> (Rabenhorst) Lagerheim	39
<i>Microspora floccosa</i> (Vaucher) Thuret	40
<i>Microspora lauterbornii</i> Schmidle	41
<i>Microspora pachyderma</i> (Wille) Lagerheim	41
<i>Microspora quadrata</i> Hazen	42
<i>Microspora stagnorum</i> (Kützinger) Lagerheim	42
<i>Microthamnion kuetzingianum</i> Nägeli ex Kützinger	179
<i>Phycopeltis amboinensis</i> (Karsten) Printz	122
<i>Phycopeltis arundinacea</i> (Montagne) De Toni	122
<i>Phycopeltis</i> aff. <i>epiphyton</i> Millardet	123
<i>Phycopeltis flabellata</i> Thompson & Wujek	123
<i>Phycopeltis pilosa</i> Thompson & Wujek	124

<i>Phycopeltis vaga</i> Thompson & Wujek	125
<i>Phycopeltis</i> sp. 1	125
<i>Phycopeltis</i> sp. 2	125
<i>Physolinum monilia</i> (De Wildemann) Printz	104
<i>Pithophora roettleri</i> (Roth) Wittrock	151
<i>Printzina effusa</i> (Krempelhüber) Thompson & Wujek	119
<i>Protoderma viride</i> Kützing	50
<i>Radiofilum conjunctivum</i> Schmidle	45
<i>Rhizoclonium hieroglyphicum</i> (C. Agardh) Kützing	149
<i>Schizomeris leibleinii</i> Kützing	76
<i>Stigeoclonium amoenum</i> Kützing	54
<i>Stigeoclonium farctum</i> Berthold	54
<i>Stigeoclonium fasciculare</i> Kützing	55
<i>Stigeoclonium helveticum</i> Vischer	56
<i>Stigeoclonium lubricum</i> (Dillwyn) Kützing	57
<i>Stigeoclonium subsecundum</i> (Kützing) Kützing	58
<i>Stigeoclonium</i> sp.	58
<i>Trentepohlia abietina</i> (Flotow ex Kützing) Hansgirg var. <i>abietina</i>	107
<i>Trentepohlia abietina</i> (Flotow ex Kützing) Hansgirg var. <i>tenue</i> Zeller	108
<i>Trentepohlia araucariana</i> Lemes-da-Silva, López-Bautista & Branco	109
<i>Trentepohlia arborum</i> (C. Agardh) Hariot	110
<i>Trentepohlia aurea</i> (Linnaeus) Martius	111
<i>Trentepohlia calamicola</i> (Zeller) De Toni & Levi	111
<i>Trentepohlia</i> cf. <i>chapmanii</i> Rindi & López-Bautista	112
<i>Trentepohlia depressa</i> (Müller) Hariot	112
<i>Trentepohlia diffracta</i> (Krempelhüber) Hariot	113
<i>Trentepohlia dusenii</i> Hariot	114
<i>Trentepohlia</i> cf. <i>jolithus</i> (Linnaeus) Wallroth	114
<i>Trentepohlia peruana</i> (Kützing) Printz	115
<i>Trentepohlia rigidula</i> (Muller) Hariot	115
<i>Trentepohlia</i> sp. 1	116
<i>Trentepohlia</i> sp. 2	117
<i>Trentepohlia</i> sp. 3	117
<i>Ulothrix aequalis</i> Kützing var. <i>aequalis</i>	135

<i>Ulothrix subtilissima</i> Rabenhorst	135
<i>Ulothrix tenerrima</i> (Kützinger) Kützinger	136
<i>Ulothrix tenuissima</i> Kützinger	137
<i>Ulothrix zonata</i> (Weber & Mohr) Kützinger	137
<i>Ulotrichopsis cylindrica</i> Wichmann	139
<i>Uronema confervicolum</i> Lagerheim var. <i>africana</i> (Borge) Printz	80
<i>Uronema elongatum</i> Hodgetts	81