
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

(BIOLOGIA VEGETAL)

TAXONOMIA, DISTRIBUIÇÃO AMBIENTAL E CONSIDERAÇÕES
BIOGEOGRÁFICAS DE ALGAS VERDES MACROSCÓPICAS EM AMBIENTES
LÓTICOS DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO SUL DO BRASIL

CLETO KAVESKI PERES

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 (Biologia Vegetal).

Rio Claro
Junho - 2011

CLETO KAVESKI PERES

TAXONOMIA, DISTRIBUIÇÃO AMBIENTAL E CONSIDERAÇÕES
BIOGEOGRÁFICAS DE ALGAS VERDES MACROSCÓPICAS EM AMBIENTES
LÓTICOS DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO SUL DO BRASIL

ORIENTADOR: Dr. CIRO CESAR ZANINI BRANCO

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Ciro Cesar Zanini Branco
Departamento de Ciências Biológicas – Unesp/ Assis

Prof. Dr. Carlos Eduardo de Mattos Bicudo
Seção de Ecologia – Instituto de Botânica de São Paulo

Prof. Dr. Orlando Necchi Júnior
Departamento de Zoologia e Botânica/ IBILCE – UNESP/ São José do Rio Preto

Profa. Dra. Ina de Souza Nogueira
Departamento de Biologia – Universidade Federal de Goiás

Profa. Dra. Célia Leite Sant´Anna
Seção de Ficologia – Instituto de Botânica de São Paulo

RIO CLARO

2011

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas contribuíram com o desenvolvimento desse trabalho e com a minha formação pessoal e gostaria de deixar a todos meu reconhecimento e um sincero agradecimento. Porém, algumas pessoas/instituições foram fundamentais nestes quatro anos de doutorado, sendo imprescindível agradecê-las nominalmente:

Aos meus pais, Euclínia e Lídia, por terem sempre acreditado em mim e por me incentivarem a continuar na área que escolhi. Agradeço imensamente pela melhor herança que uma pessoa pode receber que é o exemplo de humildade e dignidade que vocês têm.

Ao Prof. Dr. Ciro Cesar Zanini Branco, pela orientação desde a graduação, por ter confiado sempre em mim e, principalmente, por colocar a minha formação profissional acima de tudo. Também, ao meu amigo Cirão pelos agradáveis momentos no laboratório, coletas, viagens e discussões intermináveis acerca do mundo, pelo bom humor sempre e pelo seu exemplo de profissionalismo.

Ao Prof. Dr. Pitágoras C. Bispo, por disponibilizar todo o seu material e todo o seu vasto conhecimento, pelos ótimos conselhos e pela sua amizade e seu humor sempre contagiante.

À Thais Antunes Riolfi por toda a ajuda com a correção da tese, pelas discussões durante a construção do trabalho e, principalmente, por ser essa pessoa maravilhosa. Obrigado por fazer parte tão intensamente da minha vida.

Ao grande amigo Rafael Guilherme Emed (*in memoriam*) por toda a ajuda em todo o trabalho de campo, pela convivência durante as disciplinas e pela amizade durante esses anos. Foi uma honra tê-lo conhecido e, com certeza, sua lembrança continuará sempre no nosso meio.

Ao meu amigo Rogério Antonio Krupek por ter me apresentado o mundo das macroalgas de riachos, por todas as parcerias nos trabalhos ao longo desses anos e pela sua amizade.

Ao meu grande amigo Aurélio Fajar Tonetto por ter compartilhado enormes discussões sobre as macroalgas (filosofia, matemática e muito além...), pela parceria nos trabalhos, pela ajuda nas coletas e, em especial, pela sua amizade sincera.

Aos colegas do LABIA pelo convívio diário, pelos momentos de descontração, pelas ajudas em excursões de coleta e pelos fogos do final do ano, em especial aqueles da área de ficologia, Régis e Bruno.

Aos meus irmãos (Cleber e Clérito), cunhada (Ana Carla) e sobrinhas (Heloíse e Caroline), pela sempre receptiva acolhida, pelas conversas e pelo grande incentivo ao longo de todos esses anos.

Aos meus amigos de graduação e de Guarapuava (e de sempre): Alemão, CB, Cristiano, Luciano, Dener, Durinézio, Helmel, He-man, Marcos, Xampú e, do Mestrado: Elton, Leonardo e Pedro.

Aos grandes amigos que fiz em Assis neste período: Artur, Bixíssimo, Carlinho, Cherry, Chú, Douglinhas, Goiano, Ina, Jão, Paciência, Spanta... etc! Bem como a todas as pessoas agradáveis que conheci por intermédio deles.

Ao Programa de Pós-Graduação da UNESP/ Campus de Rio Claro, especialmente aos professores que muito contribuíram com a minha formação.

À UNESP/ Campus de Assis, por ter cedido seu espaço para a realização deste trabalho e por ter proporcionado as minhas primeiras experiências como profissional na área acadêmica.

Ao Professor Dr. Luis Henrique Zanini Branco, por ter aceitado prontamente ser meu orientador no início do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa durante todo o doutorado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo financiamento das viagens e do material utilizado nas amostragens.

À Dra. Izabel Dias por todas as sugestões ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Aos componentes da banca: Dra Ina S. Nogueira, Dra Célia Leita Sant`Anna, Dr. Orlando Necchi Júnior e Dr. Carlos E. M. Bicudo, pelas valiosas sugestões e contribuições.

“É impossível entrar duas vezes no mesmo rio porque, na segunda vez, tanto o rio quanto
você não serão mais os mesmos ... tudo muda.”

Heráclito de Éfeso (séc. V a.c.)

RESUMO

Algas verdes são organismos presentes em todo o mundo, ocorrendo em uma grande amplitude de condições ecológicas. Em ambientes lóticos, elas são importantes tanto para a produção primária quanto para a criação e manutenção de habitats para outros organismos. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo abordar a taxonomia, distribuição ambiental e considerações biogeográficas das algas verdes macroscópicas de ambientes lóticos localizados em Unidades de Conservação (UC) na região Sul do Brasil. Para tanto, foram amostradas 10 UC's dos quatro principais biomas desta região, totalizando 105 riachos. Na abordagem taxonômica foram tratadas 16 espécies pertencentes às ordens Chaetophorales, Cladophorales, Klebsormidiales, Microsporales e Ulotrichales, além de três espécies de algas verdes coloniais. Uma espécie do gênero *Basycladia* foi considerada como novo registro para a ciência e *Cladophora sterrocladia* foi registrada pela primeira vez no Brasil. Na abordagem teórica foram discutidos os aspectos reprodutivos das famílias Oedogoniaceae e Zygnemataceae e a sua implicação em estudos taxonômicos e ecológicos. Uma hipótese relacionada à poliploidia foi sugerida para explicar a baixa frequência de ocorrência de espécimes portadores de estruturas reprodutivas em ambientes lóticos. A partir dos materiais destas duas famílias encontrados nos riachos do Sul do Brasil foi conduzida uma separação em 12 morfotipos baseados essencialmente no diâmetro celular. Estes morfotipos foram testados quanto a sua relação com as variáveis ambientais. Por fim, considerando o aspecto ecológico foi abordada a distribuição ambiental das algas verdes macroscópicas de riachos nos principais biomas da região Sul do Brasil, levando em consideração os padrões de riqueza, abundância e composição de espécies e a sua relação com a distância geográfica e as variáveis ambientais. Os resultados revelaram que a ocorrência ou não do grupo esteve essencialmente ligada ao sombreamento e, em menor grau, ao pH e velocidade da correnteza do trecho amostrado. Uma vez ocorrendo em um dado segmento, os padrões de riqueza, abundância e diversidade foram determinados pelas características da paisagem (no caso, o bioma), os quais provavelmente também estão relacionados à disponibilidade de luz, mas neste caso não somente do trecho e sim de todo o sistema. Por último, a estruturação da composição florística do grupo não mostrou forte associação nem com fatores ambientais nem com os espaciais, sendo provavelmente determinada por fatores estocásticos ou por interações bióticas e variáveis microambientais não mensuradas.

ABSTRACT

Green algae are organisms found throughout the world, occurring in a wide range of ecological conditions. In lotic environments, green algae are important both for primary production and for the creation and maintaining of habitats for other organisms. In this context, this study aimed to addressing the taxonomy, ecological distribution and biogeographical considerations of lotic macroscopic green algae in conservation units (UC) in Southern Brazil. For this purpose, 10 UC's in four principal biomes of this region were sampled, amounting 105 streams. In the taxonomic approach were treated 16 species belonging to the orders Chaetophorales, Cladophorales, Klebsormidiales, Microsporales and Ulotrichales, and three species of colonial green algae. One species of the genus *Basicladia* was considered as a new record to the science and *Cladophora sterrocladia* was first recorded in Brazil. In the theoretical approach were discussed the reproductive aspects of Oedogoniaceae and Zygnemataceae families and their implication in the taxonomic and ecological studies. One hypothesis related to polyploidy was suggested to explain the low frequency of specimens bearing reproductive structures in lotic environments. Based on the materials found in southern Brazil was made a division into 12 morphotypes based essentially on cell diameter. These morphotypes were tested for their relationship with environmental variables. Finally, the ecological aspect addressed the environmental distribution of macroscopic green algae from streams of the main biomes of Southern Brazil, taking into account the richness, abundance and species composition and their relation to geographic distance and the environment variables. The results showed that the presence or absence of the group was essentially related to shading and, to a lesser degree, to pH and current velocity of the sampling segment. Once occurring in a given segment, the patterns of richness, abundance and diversity were determined by characteristics of the landscape (in this case, the biome), which are also probably related to the availability of light, but in this case not only segment but the whole system. Lastly, the floristic composition structure did not reveal a strong association with environmental factors as well with the spatial factors and it is probably determined by stochastic factors or biotic interactions and microenvironmental variables not measured.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| I. INTRODUÇÃO GERAL | 11 |
| I.I Aspectos históricos e tendências na sistemática das algas verdes | 11 |
| I.II Aspectos ecológicos e importância das algas verdes | 18 |
| I.III Taxonomia e ecologia de algas verdes macroscópicas em ambientes lóticos | 18 |
| I.IV Objetivos do trabalho | 22 |
| II. MATERIAL E MÉTODOS | 23 |
| II.I Descrição da área de estudo | 23 |
| II.II Áreas e pontos de amostragem | 24 |
| II.III Métodos de amostragem | 27 |
| III. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 29 |
| CAPÍTULO 1 – TAXONOMIA, DISTRIBUIÇÃO ECOLÓGICA E ASPECTOS BIOGEOGRÁFICOS DAS ORDENS CLADOPHORALES E CHAETOPHORALES DE AMBIENTES LÓTICOS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO SUL DO BRASIL | 50 |
| 1.1 CLADOPHORALES | 51 |
| 1.1.1 Introdução histórica, taxonomia e sistemática de Cladophorales | 51 |
| 1.1.2 Características morfológicas vegetativas e reprodutivas | 53 |
| 1.1.3 Caracteres de importância taxonômica | 54 |
| 1.1.4 Distribuição geográfica e ecologia | 55 |
| 1.1.5 O estudo de Cladophorales no Brasil | 57 |
| 1.1.6 Cladophorales no Sul do Brasil | 58 |
| 1.1.7 Distribuição ambiental e considerações biogeográficas das Cladophorales no Sul do Brasil | 64 |
| 1.2 CHAETOPHORALES | 65 |
| 1.2.1 Introdução histórica, taxonomia e sistemática de Chaetophorales | 65 |
| 1.2.2 Características morfológicas vegetativas e reprodutivas | 67 |
| 1.2.3 Caracteres de importância taxonômica | 67 |
| 1.2.4 Distribuição geográfica e ecologia | 68 |
| 1.2.5 O estudo de Chaetophorales no Brasil | 68 |
| 1.2.6 Chaetophorales no Sul do Brasil | 69 |

| | |
|--|------------|
| 1.2.7 Distribuição ambiental e considerações biogeográficas das Chaetophorales no Sul do Brasil | 83 |
| 1.3 Referências bibliográficas | 86 |
| Anexos do Capítulo 1 – Tabelas e Figuras | 96 |
| CAPÍTULO 2 – TAXONOMIA, DISTRIBUIÇÃO ECOLÓGICA E ASPECTOS BIOGEOGRÁFICOS DAS ORDENS MICROSPORALES, KLEBSORMIDIALES E ULOTRICHIALES DE AMBIENTES LÓTICOS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO SUL DO BRASIL | 107 |
| 2.1 MICROSPORALES | 108 |
| 2.1.1 Introdução histórica, taxonomia e sistemática de Microsporaes | 108 |
| 2.1.2 Características morfológicas vegetativas e reprodutivas | 109 |
| 2.1.3 Caracteres de importância taxonômica | 109 |
| 2.1.4 Distribuição geográfica e ecologia | 109 |
| 2.1.5 O estudo de Microsporaes no Brasil | 110 |
| 2.1.6 Microsporaes no Sul do Brasil | 111 |
| 2.1.7 Distribuição ambiental e considerações biogeográficas das Microsporaes no Sul do Brasil | 115 |
| 2.2 KLEBSORMIDIALES | 116 |
| 2.2.1 Introdução histórica, taxonomia e sistemática de Klebsormidiales | 116 |
| 2.2.2 Características morfológicas vegetativas e reprodutivas | 117 |
| 2.2.3 Caracteres de importância taxonômica | 118 |
| 2.2.4 Distribuição geográfica e ecologia | 118 |
| 2.2.5 O estudo de Klebsormidiales no Brasil | 119 |
| 2.2.6 Klebsormidiales no Sul do Brasil | 119 |
| 2.2.7 Distribuição ambiental e considerações biogeográficas das Klebsormidiales no Sul do Brasil | 121 |
| 2.3 ULOTRICHIALES | 122 |
| 2.3.1 Introdução histórica, taxonomia e sistemática de Ulotrichales | 122 |
| 2.3.2 Características morfológicas vegetativas e reprodutivas | 123 |
| 2.3.3 Caracteres de importância taxonômica | 123 |
| 2.3.4 Distribuição geográfica e ecologia | 124 |
| 2.3.5 O estudo de Ulotrichales no Brasil | 124 |
| 2.3.6 Ulotrichales no Sul do Brasil | 124 |

| | |
|--|------------|
| 2.3.7 Distribuição ambiental e considerações biogeográficas das Ulotrichales no Sul do Brasil | 127 |
| 2.4 Referências bibliográficas | 128 |
| Anexos do Capítulo 2 – Figuras | 135 |
| CAPÍTULO 3 – TAXONOMIA, DISTRIBUIÇÃO ECOLÓGICA E ASPECTOS BIOGEOGRÁFICOS DE ALGAS VERDES COLONIAIS DE AMBIENTES LÓTICOS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO SUL DO BRASIL | 143 |
| 3. Introdução sobre algas verdes coloniais | 144 |
| 3.1 <i>Ecballocystis</i> | 145 |
| 3.1.1. Introdução histórica, taxonomia e sistemática de <i>Ecballocystis</i> | 145 |
| 3.1.2. Caracteres de importância taxonômica | 146 |
| 3.1.3. Distribuição geográfica e ecologia | 146 |
| 3.1.4. O estudo do gênero <i>Ecballocystis</i> no Brasil | 147 |
| 3.1.5. <i>Ecballocystis</i> no Sul do Brasil | 147 |
| 3.2 <i>Tetraspora</i> | 149 |
| 3.2.1 Introdução histórica, taxonomia e sistemática de <i>Tetraspora</i> | 149 |
| 3.2.2 Caracteres de importância taxonômica | 149 |
| 3.2.3 Distribuição geográfica e ecologia | 149 |
| 3.2.4 O estudo do gênero <i>Tetraspora</i> no Brasil | 150 |
| 3.2.5 <i>Tetraspora</i> no Sul do Brasil | 150 |
| 3.2.6 Distribuição ambiental e considerações biogeográficas de <i>Ecballocystis</i> e <i>Tetraspora</i> no Sul do Brasil | 152 |
| 3.3 Referências bibliográficas | 155 |
| Anexos do Capítulo 3 – Figuras | 158 |
| CAPÍTULO 4 – ZYGNEMATACEAE E OEDOGONIACEAE EM RIACHOS: ASPECTOS REPRODUTIVOS E SUA IMPLICAÇÃO NA TAXONOMIA E ECOLOGIA | 161 |
| 4.1 Introdução histórica e sistemática de Oedogoniaceae e Zygnemataceae | 162 |
| 4.2 Sistemática e taxonomia das Oedogoniaceae e Zygnemataceae baseada em caracteres reprodutivos: aplicações e limitações | 163 |
| 4.3 Sistemática e taxonomia das Oedogoniaceae e Zygnemataceae baseada em caracteres reprodutivos: o caso dos ambientes lóticos | 166 |
| 4.4 Análise crítica do uso de técnicas de indução da reprodução sexuada em laboratório | |

| | |
|--|------------|
| para aplicação em sistemática e taxonomia de Oedogoniaceae e Zygnemataceae | 167 |
| 4.5 Análise crítica da técnica de DNA barcode como uma alternativa ao uso de caracteres reprodutivos na sistemática e taxonomia de Oedogoniaceae e Zygnemataceae | 168 |
| 4.6 Implicações dos problemas taxonômicos de Oedogoniaceae e Zygnemataceae em estudos ecológicos: análise de abordagens alternativas | 170 |
| 4.7 A hipótese da poliploidia como possível fator gerador de variabilidade em Oedogoniaceae e Zygnemataceae | 172 |
| 4.7.1 A poliploidia e sua ocorrência em Oedogoniaceae e Zygnemataceae | 172 |
| 4.7.2 A poliploidia como uma estratégia ecológica | 174 |
| 4.8 Utilização de morfotipos de Oedogoniaceae e Zygnemataceae de riachos no Sul do Brasil | 175 |
| 4.9 Referências bibliográficas | 178 |
| Anexos do Capítulo 4 – Tabelas e Figuras | 184 |
| CAPÍTULO 5 – DISTRIBUIÇÃO AMBIENTAL DAS ALGAS VERDES MACROSCÓPICAS DE RIACHOS NOS PRINCIPAIS BIOMAS DA REGIÃO SUL DO BRASIL | 190 |
| Anexos do Capítulo 5 – Tabelas e Figuras | 204 |

I. INTRODUÇÃO GERAL

I.I Aspectos históricos e tendências na sistemática das algas verdes

Algas verdes são definidas como eucariotos fotossintetizantes que portam cloroplastos com dupla membrana (endossimbiose primária) contendo as clorofilas *a* e *b*, a luteína como principal carotenóide e amido intraplastidial geralmente associado a um pirenóide, além de uma única estrutura estrelada ligando os nove pares de flagelos na base flagelar e zoóides isocontes (Mattox & Stewart 1984, van den Hoek *et al.* 1995, Lee 1999, Graham & Wilcox 2000, Lewis & McCourt 2004).

São reconhecidos atualmente entre 550 e 570 gêneros com 16.000 a 17.000 espécies de algas verdes em todo o mundo, com a grande maioria dos representantes vivendo em águas continentais (Graham & Wilcox 2000, Reviere 2006), sendo porém, cosmopolitas com indivíduos vivendo nos mais variados ambientes (van den Hoek *et al.* 1995, Lee 1999, Lewis & McCourt 2004, Pröschold & Leliaert 2007).

Em sua maioria são microscópicas e raramente maiores do que um metro na maior dimensão, compensando sua falta de tamanho com diversidade de formas de crescimento e detalhes finos de sua arquitetura celular. Constituem, assim, o grupo algal mais diverso, tendo vários tipos de organização do talo, arquitetura da célula, reprodução, ciclos de vida e rotas bioquímicas (Mattox & Stewart 1984, van den Hoek *et al.* 1995, Graham & Wilcox 2000, Lewis & McCourt 2004, Becker & Marin 2009).

As algas verdes formam um grupo natural e bem diferenciado das outras algas, sendo difícil, porém, separá-las das briófitas e das plantas vasculares (van den Hoek *et al.* 1995, Lee 1999, Reviere 2006). Juntamente com as embriófitas (vegetais que possuem arquegônio e embrião) formam um grupo monofilético (Devereux *et al.* 1990, Graham & Wilcox 2000, Karol *et al.* 2001, McCourt *et al.* 2004, Reviere 2006).

As algas verdes têm sido designadas como membros da divisão Chlorophyta (van den Hoek *et al.* 1995), porém, muitos são os sistemas de classificação que consideram Chlorophyta representada por apenas uma parte deste grupo, particularmente, aquelas menos filogeneticamente relacionadas às Embryophyta (Mattox & Stewart 1984, Lee 1999, Graham & Wilcox 2000, Pröschold & Leliaert 2007). Por esta razão atualmente não há consenso sobre a terminologia formal para designá-las: ou se engloba as Embryophyta e trata do grupo como Viridiplantae (latim de “plantas verdes”) ou se utiliza o nome vernáculo: “algas verdes” (Reviere 2006). A segunda opção parece ser mais conveniente e foi admitida no presente trabalho e, portanto, ao longo deste texto o termo algas verdes será aplicado para referir-se a

todas as espécies que apresentam as características apresentadas acima (como considerado em Karol *et al.* 2001, Lewis & McCourt 2004, McCourt *et al.* 2004, Reviere 2006, Pröschold & Leliaert 2007).

As algas verdes têm sido representadas em sistemas de classificação muito antigos. Linnaeus (1753) considerou quatro gêneros de algas verdes (*Ulva*, *Conferva*, *Chara* e *Volvox*) e os inseriu na Classe Cryptogamia. Nas décadas seguintes, alguns outros sistemas incluíram estas algas, até que Harvey (1836, *apud* John 2003) criou um grupo algal que incluía algas verdes e cianobactérias (mas não as desmídias) e o nomeou Chlorospermeae. Por sua vez, Kützing (1843) dividiu as algas verdes em famílias (algumas reconhecidas até hoje) e mudou a designação de tais organismos para Chlorophyceae. Em seguida, Rabenhorst (1868) distinguiu várias famílias e classes numa tendência que seria admitida no século XX.

Em meados do século XX, Fritsch (1935) publicou um importante trabalho que se apoiou num simplificado sistema de nove ordens, baseado essencialmente na morfologia do talo. Este sistema permaneceu por várias décadas até os anos 70 sem grandes avanços.

As constantes subdivisões e reagrupamentos que a sistemática de algas verdes sofreu revelam claramente que a estrutura conceitual do grupo era problemática (Round 1984). O princípio básico da sistemática neste período, sustentado em uma abordagem morfológica, era que a evolução das algas verdes seguia uma seqüência na qual os flagelados unicelulares eram primitivos dentro do grupo, seguidos por formas mais complexas como cocóides e sarcinóides e depois por coloniais, filamentosas, cenocíticas e sifonosas (Pröschold & Leliaert 2007). O trabalho de Round (1963) que dividia as algas verdes em três divisões, Prasinophyta, Charophyta e Chlorophyta (sendo a última dividida em quatro importantes classes), representa uma importante referência deste período. Outro importante, e muito utilizado, sistema de classificação que utilizava a abordagem morfológica foi o proposto por Bold & Wynne (1985). Neste trabalho as algas verdes foram subdivididas em 16 ordens, criando um sistema estável e de fácil manipulação (van den Hoek *et al.* 1995).

Entretanto, nas décadas de 70 e 80, surgiram novas correntes de pensamento acerca da sistemática de algas verdes e a necessidade da organização baseada em grupos naturais (Pröschold & Leliaert 2007). O princípio fundamental destes novos pensamentos era que, evolutivamente, ocorreu uma imensa radiação do ancestral verde flagelado e somente após, os outros tipos morfológicos surgiram independentemente. Neste contexto, as estruturas das células flageladas, presentes nos ciclos de vida da maioria das algas verdes, portariam os

melhores caracteres para que se construísse um sistema de classificação natural consistente (Pröschold & Leliaert 2007).

Assim, surgiu a abordagem ultraestrutural onde, a ultraestrutura do flagelo, o padrão de divisão e a organização celular, contribuíram muito para o entendimento da sistemática de algas verdes, provocando uma revisão das relações filogenéticas do grupo (John 2003). Entre as mais importantes mudanças na sistemática de algas verdes depois da aplicação da abordagem ultraestrutural estão as propostas de Stewart & Mattox (1975), que reconheceram as algas verdes como duas divisões (Chlorophyta e Charophyta), a de Bremer & Wantorp (1981), que subdividiram o reino Chlorobionta em duas divisões, Chlorophyta e Streptophyta e, a de Cavalier-Smith (1981, 1982) que combinou as algas verdes e todos os vegetais superiores no Reino Viridiplantae.

Na década 80, importantes trabalhos baseados na abordagem ultraestrutural foram realizados, buscando novos mecanismos para melhor compreender as relações filogenéticas nas algas verdes. Exemplos de estudos desta natureza são os trabalhos de Melkonian (1984), revisando a utilização da ultraestrutura do aparato flagelar, de O'Kelly & Floyd (1984), que apontaram para o uso da estrutura e desenvolvimento do esporângio, ciclos de vida e aspectos ultraestruturais e, de Kessler (1984) que demonstrou as possibilidades da utilização da quimiotaxonomia nas algas verdes.

Em 1984, Mattox e Stewart publicaram um trabalho de classificação, baseado em citologia comparada, que sintetizou tudo o que havia sido publicado nas últimas décadas baseado na abordagem ultraestrutural. Este estudo, representa um dos trabalhos de maior repercussão sobre o conhecimento sistemático das algas verdes até hoje (Graham & Wilcox 2000, Reviers 2006, Pröschold & Leliaert 2007). Neste trabalho os critérios considerados de maior peso para agrupar indivíduos na mesma classe foram a estrutura do aparato flagelar, a natureza da divisão celular (ficoplasto ou fuso mitótico interzonal persistente) e a natureza das coberturas celulares dos estágios flagelados (escamas ou tecas). Segundo este sistema, as células flageladas forneceriam as características mais importantes para distinguir as principais linhagens evolutivas, baseado na idéia que as características das células flageladas são mais conservativas.

Tal sistema, descrito por Mattox & Stewart (1984), propôs a classificação das algas verdes em cinco classes (Micromonadophyceae, Charophyceae, Ulvophyceae, Pleurastrophyceae e Chlorophyceae), além de várias ordens e algumas famílias. Apesar do sistema de classificação proposto por tais autores ter sido alterado (Graham & Wilcox 2000),

o mesmo continua sendo amplamente citado em trabalhos atuais (Booton *et al.* 1998, McCourt *et al.* 2000, Turmel *et al.* 2002, Gontcharov *et al.* 2003, Lewis & McCourt 2004, Alberghina *et al.* 2006, Reviers 2006, Pröschold & Leliaert 2007), por ter resumido os estudos com citologia que tinham sido realizados e por ter apresentado uma metodologia confiável e segura para a classificação das algas verdes.

Um dos importantes trabalhos de sistemática que utilizou amplamente a abordagem ultraestrutural é o de van den Hoek *et al.* (1995). Neste trabalho, os autores propuseram um sistema adaptado que utilizou a abordagem ultraestrutural de Mattox & Stewart (1984) associada a outras características complementares propostas por van den Hoek *et al.* (1988), em especial, características morfológicas do talo, organização celular e composição da parede celular. Neste sistema, as Chlorophyta foram divididas em 11 classes (Prasinophyceae, Chlorophyceae, Ulvophyceae, Cladophorophyceae, Bryopsidophyceae, Dasycladophyceae, Trentepohliophyceae, Pleurastrophyceae, Klebsormidiophyceae, Zygnematophyceae e Charophyceae).

Na década de 90 foi introduzida na sistemática de algas verdes a abordagem baseada na análise filogenética de marcadores moleculares, a qual é conhecida como abordagem molecular (Pröschold & Leliaert 2007). Neste sentido, foram conduzidos alguns trabalhos importantes procurando responder questões relacionadas a filogenia das algas verdes em geral (Devereux *et al.* 1990, Karol *et al.* 2001, McCourt *et al.* 2004), bem como procurando responder questões filogenéticas de grupos particulares, como Zygnematales (McCourt *et al.* 1995, Besendahl & Bhattacharya 1999, McCourt *et al.* 2000, Gontcharov *et al.* 2003, Drummond *et al.* 2005), Chaetophorales e Oedogoniales (Booton *et al.* 1998, Alberghina *et al.* 2006) e, Streptophyta (Turmel *et al.* 2002).

Os estudos filogenéticos moleculares em altos níveis taxonômicos têm utilizado como marcadores, em sua maioria, o SSU rDNA (gene que codifica a pequena subunidade do ribossomo) (Besendahl & Bhattacharya 1999, Gontcharov *et al.* 2003), o rRNA (RNA ribossômico) (Devereux *et al.* 1990, Booton *et al.* 1998, Turmel *et al.* 2002), ou ainda um conjunto de genes (incluindo ribossomais, plastidiais e mitocondriais) (Karol *et al.* 2001). Por outro lado, os trabalhos que enfocam níveis inferiores têm utilizado principalmente *rbcl* (gene que codifica a grande subunidade da enzima RUBISCO) (McCourt *et al.* 1995, McCourt *et al.* 2000, Drummond *et al.* 2005) e, em menor número, seqüenciamentos completos de DNA plastidial (Turmel *et al.* 2005). De modo geral, apesar de algumas

controvérsias serem apontadas com certa frequência, tais estudos têm apresentado resultados congruentes entre si e coerentes com os dados ultraestruturais disponíveis na literatura.

Em altos níveis taxonômicos, apesar de alguns problemas de reconstruções filogenéticas causadas principalmente pela saturação de substituições e pelos vários eventos de extinção, algumas importantes confirmações previamente hipotetizadas com base em dados morfológicos ou ultraestruturais só foram alcançadas com utilização desta ferramenta. As duas grandes linhagens dentro dos vegetais verdes, Chlorophyta e Streptophyta (= Charophyta “*lato sensu*” e as embriófitas), foram confirmadas com um forte suporte em praticamente todas as reconstruções filogenéticas (Devereux *et al.* 1990, Booton *et al.* 1998, Besendahl & Bhattacharya 1999, Karol *et al.* 2001, Turmel *et al.* 2002), sendo que ambas constituem um grupo agora reconhecidamente monofilético (Graham & Wilcox 2000, Judd *et al.* 2002). Ao mesmo tempo, as Charales foram confirmadas como o grupo de algas verdes mais relacionado aos vegetais superiores (Karol *et al.* 2001, Delwiche *et al.* 2002), apesar de um estudo recente apontar as Coleochaetales nesta posição (Becker & Marin 2009).

Com relação aos níveis taxonômicos inferiores, várias propostas interessantes têm sido apresentadas a partir de dados moleculares (Pröschold & Leliaert 2007). Exemplos disso, são as parafilias encontradas entre os gêneros das, até então bem delimitadas, famílias Zygnemataceae e Mesotaeniaceae (McCourt *et al.* 1995, 2000) e Desmidiaceae (Besendahl & Bhattacharya 1999), o agrupamento do gênero *Entransia* com as Klebsormidiales (Turmel *et al.* 2002), e a sugestão de parafilia do gênero *Oedogonium* (Alberghina *et al.* 2006) e de diversos gêneros de Desmidiales (Gontcharov *et al.* 2003).

Alguns autores têm utilizado, em adição aos dados moleculares, os ultraestruturais e bioquímicos com a finalidade de compreender melhor as relações entre e dentro das algas verdes (van den Hoek *et al.* 1995). Exemplo desta tendência foi a separação dos gêneros *Ulothrix* (Ulvophyceae), *Uronema* (Chlorophyceae) e *Klebsormidium* (Charophyceae ou Klebsormidiophyceae) em diferentes classes. Estas algas verdes filamentosas não ramificadas, morfológicamente muito similares, eram todas inseridas na ordem Ulotrichales (van den Hoek 1995, Graham & Wilcox 2000, Lewis & McCourt 2004). Ainda constituem exemplos desta tendência, a inclusão de organismos com variados tipos de talo na ordem Chaetophorales, fundada para acomodar apenas as algas verdes com filamentos ramificados (Graham & Wilcox 2000).

Dados estruturais, fisiológicos, morfológicos e moleculares também foram utilizados em sistemas de classificação dos principais livros-texto ficológicos, tais como o de Lee

(1999), o qual dividiu as algas verdes em somente três classes (Chlorophyceae, Ulvophyceae e Charophyceae) e o de Reiers (2006). Neste último, o autor propôs que as algas verdes estariam divididas em duas linhagens: a linhagem das Chlorophyta que agruparia as classes Prasinophyceae, Pedinophyceae, Ulvophyceae, Chlorophyceae e Trebouxiophyceae, e a linhagem das Streptophyta agrupando as classes Mesostigmatophyceae, Zygnematophyceae, Chlorokybophyceae, Klebsormidiophyceae, Coleochaetophyceae, Charophyceae e todas as Embryophyta. Ainda dentro deste contexto, outro importante livro-texto é o de Graham & Wilcox (2000). Nele, os autores propuseram dois maiores clados dentro das algas verdes, sendo o primeiro o Clado das Charophyceae, e o segundo o Clado UTC (formado pelas Classes Ulvophyceae, Trebouxiophyceae e Chlorophyceae). Também é proposta uma quinta classe, não monofilética, para agregar os indivíduos que não se encontram em nenhuma das outras classes e/ou que ainda estão sendo estudados. Os pontos fortes deste sistema de classificação são as classes como grupos naturais (monofiléticas), claramente definíveis por caracteres ultraestruturais, bioquímicos e fortemente sustentados por dados moleculares.

Desta forma, é possível perceber que a abordagem molecular, associada a outros tipos de informações, está sendo amplamente empregada na estruturação da sistemática de altos níveis nas algas verdes, e neste sentido, muitos avanços importantes podem ser esperados para os próximos anos (Pröschold & Leliaert 2007). Entre as novas tendências dentro desta abordagem, é promissora a utilização da abordagem polifásica que considera, em conjunto, a plasticidade de fenótipos em diferentes estágios em diversas condições, os aspectos bioquímicos e fisiológicos, os conceitos filogenéticos, a comparação de conceito de espécies, além de análises multi-gene (Pröschold & Leliaert 2007). Mesmo dentro desta nova perspectiva alguns paradigmas modernos da sistemática de algas verdes parecem claros e provavelmente não sofrerão grandes mudanças. Estes são os casos da divisão do grupo em duas linhagens (Chlorophyta e Streptophyta), da afinidade das estreptoficófitas com as embriófitas e da monofilia dos três principais grupos na linhagem das Chlorophyta (Ulvophyceae, Chlorophyceae e Trebouxiophyceae) (Lewis & McCourt 2004, Pröschold & Leliaert 2007). Por outro lado, importantes modificações podem ser esperadas principalmente em relação as algas verdes cocóides, particularmente nas Prasinophyceae (Lewis & McCourt 2004). Além disso, nas Ulvophyceae provavelmente algumas ordens sejam elevadas a classes (como já proposto por van den Hoek *et al.* 1995). Em nível genérico, projetam-se grandes mudanças, uma vez que a abordagem utilizada ainda é, na imensa maioria dos casos,

exclusivamente baseada em caracteres morfológicos (Lewis & McCourt 2004, Pröschold & Leliaert 2007).

No presente trabalho, a classificação em altos níveis (reino, divisão, classe e ordem) adotada foi baseada nas propostas de Reviere (2002, 2006) o qual trás um sistema mais detalhado e de fácil manipulação (ver esquema abaixo). Entretanto, a adoção desta proposta não significa uma contraposição aos sistemas de Graham & Wilcox (2000) e Lewis & McCourt (2004), pois todos foram organizados com base em dados moleculares, ultraestruturais e morfológicos, existindo portanto, uma grande congruência entre eles.

Reino Plantae

Subreino Viridiplantae

i) Linhagem das Chlorophyta

- (a) Classe Prasinophyceae (ordens Pyramimonadales, Mamiellales, Pseudoscourfieldiales, Chlorodendrales, *Incertae Sedis*).
- (b) Classe Pedinophyceae (ordens Pedinomonadales)
- (c) Classe Ulvophyceae (ordens Oltmannsiellopsidales, Ulotrichales, Ulvales, Cladophorales, Bryopsidales, Halimadales, Dasycladales, Trentepohliales).
- (d) Classe Chlorophyceae (ordens Dunaliellales, Chlamydomonadales, Volvocales, Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales, Sphaeropleales, Microsporales, Oedogoniales, Cylindrocapsales, Chaetopeltidales, Chaetophorales).
- (e) Classe Trebouxiophyceae (ordens Trebouxiales, Microtarniales, Prasiolales).

ii) Linhagem das Streptophyta

- (a) Classe Mesostigmatophyceae (ordem Mesostigmatales).
- (b) Classe Chlorokybophyceae (ordem Chlorokybales).
- (c) Classe Klebsormidiophyceae (ordem Klebsormidiales).
- (d) Classe Zygnematophyceae (ordem Zygnematales).
- (e) Classe Coleochaetophyceae (ordem Coleochaetales).
- (f) Classe Charophyceae (ordem Charales).
- (g) Embriophyta

I.II Aspectos ecológicos e importância das algas verdes

Além do seu papel como importante grupo de produtores primários, as algas verdes têm um imprescindível papel na ecologia de diversos ambientes, formando, junto com outras algas perifíticas, valiosos habitats e alimento para numerosas formas de invertebrados aquáticos (Graham & Wilcox 2000). Além disso, algumas algas verdes são reportadas como indicadores de qualidade ambiental (Necchi *et al.* 1994a, Branco & Pereira 2002, Pereira & Branco 2007)

Em adição, existe uma tendência, que vem sendo ampliada nas últimas décadas, de aplicação tecnológica das algas. Assim, estes organismos vêm sendo utilizados em modelos experimentais para pesquisadores, na produção de produtos alimentares e farmacêuticos, entre outros (Graham & Wilcox 2000). Ainda, atualmente existe a promissora utilização das algas como fonte de biomassa para a produção de combustíveis renováveis e, neste contexto, as algas verdes são consideradas como um dos grupos com a maior viabilidade para tal aplicação (Carlsson *et al.* 2007, Chisti 2007).

Por outro lado, algumas algas verdes filamentosas podem ser consideradas “pragas” em ambientes lóticos que sofreram impacto antrópico. Segundo Biggs (1985) tais algas seriam responsáveis pelo entupimento de estações de coleta de água, degradação da qualidade da água (através da flutuação diária de oxigênio e pH) e perda do valor estético. O maior exemplo desta natureza se trata do gênero *Cladophora*, o qual vem sendo recorrentemente reportado como “praga” em ambientes lóticos de várias regiões do mundo (Biggs 1985, Biggs & Price 1987, Dodds & Gudder 1992).

I.III Taxonomia e ecologia de algas verdes macroscópicas em ambientes lóticos

Ambientes lóticos são, de maneira geral, ambientes de águas continentais correntes, tendo como exemplos básicos rios, riachos e córregos. O fluxo unidirecional, a ausência de estratificação térmica, e a alta variação das condições físico-químicas e estruturais tanto espacial quanto temporalmente, adicionado a um efeito mais pronunciado da erosão e de um fluxo mais intenso de nutrientes conferem aos ambientes lóticos uma notável diferença em relação aos ambientes lênticos representados por lagos, lagoas, etc. (Maitland 1978).

Desta forma, a característica mais importante no ambiente lótico é a sua heterogeneidade espaço-temporal (Frissell *et al.* 1986, Pringle *et al.* 1988, Ward 1989, Lake 2000). Essa heterogeneidade é manifestada em quatro dimensões: a longitudinal, que integra as porções a jusante e a montante; a lateral, que conecta o canal à sua planície de inundação e

a vegetação marginal; a vertical, que liga o canal à zona hiporréica e ao escoamento subsuperficial e; a temporal, que conecta todas as demais dimensões e a sua resposta a curto e a longo prazo (Ward 1989).

Considerando ainda que a biota de ambientes lóticos está sujeita à interferência das flutuações espaço-temporais de inúmeras variáveis físicas e químicas (Frissell 1986, Lake 2000, Allan & Castillo 2007), o desenvolvimento e a manutenção destes organismos é limitado pelas suas adaptações para viver em um ambiente completamente instável (Giller & Malmqvist 1998, Allan & Castillo 2007).

Nesta perspectiva, muitos fatores ambientais são considerados importantes para a biota de ambientes lóticos (Gordon *et al.* 1992, Giller & Malmqvist 1998, Allan & Castillo 2007) e a sua mensuração se torna imprescindível em estudos desenvolvidos nestes ambientes. Entre tais fatores ambientais, os mais comumente avaliados em estudos ecológicos que envolvem ambientes lóticos são a temperatura da água, o pH, a turbidez, o oxigênio dissolvido, a condutividade específica, a profundidade, a velocidade da correnteza, o tipo de substrato, o grau de sombreamento imposto pela vegetação marginal e os nutrientes dissolvidos (Frissell 1986, Giller & Malmqvist 1998, Allan & Castillo 2007).

Algas verdes macroscópicas são definidas no presente trabalho como todas as algas verdes (de acordo com Graham & Wilcox 2000, Lewis & McCourt 2004, Reviers 2006) ou Chlorophyta (segundo van den Hoek *et al.* 1995) que possuam o talo filamentosos, parenquimatoso ou colonial, e que possam ser enquadrados na definição de macroalgas segundo o proposto por Sheath & Cole (1992).

Tal circunscrição inclui espécies distribuídas em variadas ordens e famílias das classes Ulvophyceae e Chlorophyceae das Chlorophyta e, das classes Klebsormidiophyceae, Zygnematophyceae e Charophyceae das Streptophyta (segundo o sistema de Reviers 2006).

Em ambientes lóticos, a intensa movimentação da coluna d'água não permite um desenvolvimento expressivo do fitoplancton, de modo que as algas bentônicas, micro e macroscópicas, passam a ter um papel essencial na maioria desses ambientes (Lamberti 1996). Entre as algas bentônicas macroscópicas, as algas verdes constituem um grupo representativo e de fundamental importância para a manutenção dos ambientes lóticos (Cambra & Aboal 1992) podendo tornar-se dominantes em ambientes com boa disponibilidade de luz (Sheath & Burkholder 1985, Biggs & Price 1987, Okada & Watanabe 2002). Neste sentido, há muitos estudos enfocando macroalgas lóticas por todo o mundo que descrevem as algas verdes como o grupo melhor representado em termos de riqueza e/ou

abundância (e.g. Sheath & Burkholder 1985, Sheath *et al.* 1986, 1988, 1989, Entwisle 1989, Necchi *et al.* 1991, 1994b, Sheath & Cole 1992, Hu & Xie 2006).

Algas verdes têm sido recorrentemente mencionadas em estudos sobre as comunidades de macroalgas lólicas realizados por todo mundo, tanto em regiões temperadas: Australásia (Biggs & Price 1987, Biggs 1990, Hu & Xie 2006), Europa (Pfister 1993, Leukart 1995, Foester *et al.* 2004), América do Norte (Sheath & Burkholder 1985, Sheath *et al.* 1986, 1988, 1989, 1996, 1997, Sheath & Cole 1992, Sherwood & Sheath 1999, Verb & Vis 2001), quanto em regiões tropicais: Ilhas Havaianas (Vis *et al.* 1994, Filkin *et al.* 2003), Austrália (Entwisle 1989, 1990), e América do Sul (Necchi *et al.* 1991, 1994b, 1995b, 1997, 2000, 2003, Branco & Necchi 1996a, 1996b, 1997, 1998b).

Além de trabalhos específicos envolvendo as algas verdes macroscópicas de rios e riachos, há ainda algumas floras gerais que, embora não sejam específicas nem para o grupo nem para o ambiente, trazem importantes contribuições para o conhecimento taxonômico de algas verdes macroscópicas. John (2003) e Gerrath (2003), ambos na América do Norte, apresentam chaves, descrições e aspectos ecológicos dos gêneros de algas verdes ocorrentes naquele continente. Ainda para a América do Norte, os vários trabalhos de Dillard (1989, 1990, 1993, 1999) trazem chaves e descrições das diferentes ordens ocorrentes em ambientes aquáticos continentais da porção sudeste dos Estados Unidos. Ling & Tyler (2000) descreveram algas, inclusive as Chlorophyta, de águas continentais da Austrália enquanto John (2005) inventariou as espécies de algas verdes no mesmo tipo de ambiente das Ilhas Britânicas.

Adicionalmente, algumas publicações recentes representando importantes contribuições ao conhecimento das algas verdes macroscópicas têm sido realizadas em trabalhos taxonômicos de famílias ou gêneros específicos. São exemplos: Skinner & Entwisle (2004a, 2004b) trabalhando com Cladophoraceae e Chaetophoraceae na Austrália; Novis (2004a) com o gênero *Microspora* (Microsporaceae) na Nova Zelândia; Aysel (2002) na Turquia, Novis (2003) na Nova Zelândia e Skinner & Entwisle (2006) na Austrália com o gênero *Oedogonium* (Oedogoniaceae); Skinner & Entwisle (2005) na Austrália e Novis (2004b) na Nova Zelândia com *Spirogyra* (Zygnemataceae); Skinner *et al.* (2005) com *Zygnemopsis* (Zygnemataceae) na Austrália; Ferrer & Cáceres (2001, 2005) com Zygnemataceae e *Mougeotia* (Zygnemataceae), respectivamente, da Argentina e, Entwisle & Skinner (2001) com algas verdes coloniais na Austrália.

No Brasil, poucos estudos já foram realizados enfocando a taxonomia de grupos de algas verdes. A maioria deles foi realizada nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil e a partir de amostras de ambientes lênticos ou compostas de lênticos/lóticos: Zygnemaceae (Dias 1983, 1986), Chlorophyta filamentosas (Dias 1985a, 1987, 1989, 1990, 1991), várias famílias de Chlorophyta (Dias & Sophia 1994, Dias & Bicudo 2001), Oedogoniaceae e Zygnemaceae (Dias 1992, 1995), Oedogoniophyceae e Zygnemaphyceae (Sophia & Dias 1996), Ulotrichales (Bicudo & Pereira 2003) e, Characeae (Vicentim *et al.* 2004, Prado & Baptista 2005). Neste mesmo contexto, podem ser relacionados estudos taxonômicos de gêneros específicos: *Spirogyra* (Dias 1984), *Mougeotia* (Dias 1985b), *Schizomeris* (Pereira & Branco 2005), *Chara* (Bueno *et al.* 1996, Vieira *et al.* 2002a) e *Nitella* (Bueno *et al.* 1997, Vieira *et al.* 2002b). Para águas continentais brasileiras também devem ser considerados os livros-texto que trazem descrições, em nível genérico, de algas (incluindo as algas verdes) como o de Joly (1963) e o de Bicudo & Menezes (2005).

Considerando estritamente ambientes lóticos, podem ser relacionados apenas dois estudos que abordaram aspectos taxonômicos de algas verdes a partir de uma base amostral ampla, sendo ambos conduzidos em riachos de diferentes biomas/regiões do estado de São Paulo. O primeiro foi o realizado por Branco *et al.* (2002) com a família Chaetophoraceae e o segundo por Necchi *et al.* (2002) sobre o gênero *Microspora* (Microsporaceae).

Na região Sul do Brasil, os trabalhos que investigaram as algas verdes macroscópicas são escassos. Neste contexto, Sophia *et al.* (2005) estudaram as Chlorophyceae e Zygnematophyceae em ambientes aquáticos (lênticos e lóticos) de um parque florestal no Rio Grande do Sul (Parque Estadual Florestal do Turvo) abordando tanto macro quanto microalgas. Em adição, para o estado do Paraná são encontrados alguns estudos taxonômicos que enfocaram macroalgas de ambientes lóticos e que incluem as algas verdes. São eles, Peres *et al.* (2008) na Serra da Prata, porção leste do estado e, Branco *et al.* (2008a) e Krupek *et al.* (2008), ambos na região centro-sul do estado. Todos estes trabalhos trazem descrições e fotomicrografias sendo importantes contribuições para o conhecimento taxonômico do grupo nesta região.

De acordo com Cambra & Aboal (1992), estudos ecológicos enfocando algas verdes são muito escassos e fragmentados. Se considerarmos as algas verdes macroscópicas de ambientes lóticos, no Brasil a carência é ainda maior, e os estudos tornam-se raros. Neste sentido, a contribuição de Dias (1997), que abordou aspectos ecológicos de Chlorophyta filamentosas da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro é uma referência

relevante. Outra importante contribuição foi o trabalho de Branco (1999) que abordou a distribuição ecológica da família Chaetophoraceae em 172 segmentos de riachos no estado de São Paulo e, fez considerações sobre a variação morfométrica e de microhabitat além de tratar da dinâmica temporal de representantes desta mesma família.

I.IV Objetivos do trabalho

O presente trabalho teve como objetivo geral abordar aspectos taxonômicos e ecológicos de algas verdes macroscópicas de ambientes lóticos em áreas naturais envolvendo os quatro principais biomas ocorrentes na região Sul do Brasil, quais sejam: floresta ombrófila densa, floresta ombrófila mista, floresta estacional e campos. Como objetivos específicos foram propostos:

- inventariar a flora de algas verdes macroscópicas de ambientes lóticos da região Sul do Brasil, contribuindo para o conhecimento da diversidade na região;
- realizar um estudo taxonômico dos grupos de algas verdes macroscópicas encontrados, subsidiando futuros estudos de sistemática do grupo;
- investigar padrões de riqueza e abundância de algas verdes macroscópicas nos diferentes pontos de amostragem e biomas investigados;
- descrever aspectos da estrutura das comunidades de algas verdes macroscópicas, bem como, a sua relação com as variáveis ambientais selecionadas;
- entender padrões de distribuição geográfica de algas verdes macroscópicas dentro e entre os diferentes biomas amostrados.

II. MATERIAL E MÉTODOS

II.I Descrição da área de estudo

A região Sul do Brasil está localizada entre as latitudes 22°31'10"S e 33°44'59"S e, entre as longitudes 48°01'08"W e 57°36'05"W, compreendendo três estados: Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Figura 1). O clima predominante nesta região é o Mesotérmico Brando, super-úmido e sem seca (IBGE 1990a). Porém, nas regiões mais frias, como regiões serranas de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, pode ocorrer também o tipo Mesotérmico Mediano, super-úmido e subseco e na região litorânea e no norte do Paraná ocorre o tipo Subquente, super-úmido e subseco (IBGE 1990a). Quanto à geologia, a maior parte da região é formada por rochas magmáticas de derramamentos do Mesozóico (entre 66 a 230 milhões de anos), mas também podem ser encontradas extensas regiões de rochas Sedimentares (arenitos) também do Mesozóico, e de rochas Sedimentares do Paleozóico, além de pequenas regiões de rochas Metamórficas, Sedimentares e Mágmatias provenientes do Proteozóico (IBGE 1990b).

O presente estudo buscou investigar algas verdes macroscópicas ocorrentes nos diferentes biomas na região Sul do Brasil. O conceito de bioma considerado no presente estudo foi o de Coutinho (2006) onde, um bioma é uma área do espaço geográfico, com dimensões de até mais de um milhão de quilômetros quadrados, que tem por características a uniformidade de um macroclima definido, de uma determinada fitofisionomia ou formação vegetal, de uma fauna e outros organismos vivos associados, e de outras condições ambientais, como a altitude, o solo, alagamentos, o fogo, a salinidade, entre outros; sendo que estas características todas lhe conferem uma estrutura e uma funcionalidade peculiares, uma ecologia própria.

Com base no histórico de alterações antrópicas por toda a região e na necessidade de estudos em áreas que ainda permanecem pouco impactadas, os biomas amostrados foram localizados essencialmente dentro de unidades de conservação (UC's). Áreas conservadas permitem compreender melhor o funcionamento do ecossistema e servem de referencial para comparações com áreas degradadas.

A vegetação da região Sul do Brasil é classificada em dois grandes domínios, o da Mata Atlântica, que é composto essencialmente por biomas florestais (incluindo a floresta ombrófila densa, a floresta ombrófila mista e a floresta estacional), e o domínio dos Campos Sulinos, que é composto por biomas campestres (IBGE 2004). Estes dois domínios são

compostos por uma enorme variabilidade de unidades vegetacionais que compõem um mosaico de ambientes (Coutinho 2006).

A Floresta Ombrófila Densa se estende pela costa leste e ocorre principalmente nos estados de Santa Catarina e Paraná. Este tipo de vegetação é composto por formas vegetais específicas, principalmente lianas lenhosas e epífitas em abundância, sendo que, sua característica ecológica principal reside nos ambientes ombrófilos, que estão presos aos fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25°C) e de alta e bem distribuída precipitação durante o ano (de 0 a 60 dias secos), o que determina uma situação bioecológica praticamente sem período biologicamente seco (IBGE 1992).

A Floresta Ombrófila Mista ocorre nos três estados do Sul e sua distribuição no país está praticamente restrita a esta região. Tem como elemento caracterizador a espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, porém outros gêneros são considerados típicos deste bioma como *Drymis* Juss. e *Podocarpus* L'Hér. ex Pers. (IBGE 1992). É considerada uma das formações vegetais mais ameaçadas do Sul do Brasil, enquadrada em estado crítico e com alta prioridade para a conservação em escala regional.

A Floresta Estacional se divide em dois subgrupos: a Semidecídua, na qual a porcentagem das caducifólias, no conjunto florestal situa-se entre 20 e 50% e, a Decídua, na qual mais de 50% dos indivíduos do conjunto florestal perdem suas folhas (IBGE 1992). O conceito ecológico deste tipo de vegetação está condicionado pela dupla estacionalidade climática, que nesta região está ligada com seca fisiológica provocada pelo intenso frio do inverno, com temperaturas médias inferiores a 15°C.

Os biomas Campestres também são divididos em dois subgrupos: Campo-Cerrado, o qual ocorre em pequenas porções no Paraná e Santa Catarina, estando caracterizado por uma fisionomia principalmente graminiforme com componentes específicos a qual está sujeita ao fogo anual (IBGE 1992) e, a Estepe, a qual ocorre na maior parte do Rio Grande do Sul e em uma pequena porção de Santa Catarina. Neste último, as plantas são submetidas a uma dupla estacionalidade, uma fisiológica provocada pelo frio das frentes polares e outra seca mais curta, com déficit hídrico (IBGE 1992).

II.II Áreas e pontos de amostragem

As coletas foram realizadas em 10 unidades de conservação distribuídas em toda a região Sul do Brasil e abrangendo os quatro principais biomas que compõem esta região. As áreas foram escolhidas a partir do posicionamento geográfico, tipo de bioma, estado de

conservação e possibilidade de coleta. Em cada área foram amostrados aproximadamente 10 segmentos de diferentes riachos, em coleta única, totalizando 105 pontos de amostragem em todo o estudo (Tabela 1, Figura 2). O número de pontos de amostragem foi baseado em dois outros estudos nos quais macroalgas foram amostradas em regiões amplas (Necchi *et al.* 2000 – 172 pontos de amostragem no estado de São Paulo e; Sheath & Cole 1992 – 1000 pontos de amostragem em toda a América do Norte).

No bioma da Floresta Ombrófila Densa (FOD) foram amostradas duas UC's, o Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange e o Parque Nacional da Serra do Itajaí.

O Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange localiza-se na porção leste do estado do Paraná e possui uma área de aproximadamente 25.000 hectares abrangendo toda a Serra da Prata, entre os municípios de Matinhos, Guaratuba, Morretes e Paranaguá (IBAMA, 2005). Nesta UC foram amostrados 14 riachos (Tabela 1, Figura 2D, pontos de amostragem 32 a 45).

O Parque Nacional da Serra do Itajaí está localizado na porção nordeste do estado de Santa Catarina no município de Blumenau e possui uma área de 57.374 hectares. Nesta UC foram amostrados 10 riachos (Tabela 1, Figura 2F, pontos de amostragem 57 a 66).

No bioma da Floresta Ombrófila Mista (FOM) foram amostradas três UC's, a Floresta Nacional de Irati, o Parque Estadual das Araucárias e a Parque Estadual do Caracol.

A Floresta Nacional de Irati localiza-se na região centro-sul do estado do Paraná e possui uma área de 3.495 hectares com seu território situado nos municípios de Teixeira Soares e Fernandes Pinheiro. Nesta UC foram amostrados 11 riachos (Tabela 1, Figura 2A, pontos de amostragem 01 a 11).

O Parque Estadual das Araucárias está localizado na região sudoeste do estado de Santa Catarina e possui uma área de 625,1 hectares estando inserido no município de São Domingos. Nesta UC foram amostrados 11 riachos, sendo dois deles situados fora dos limites do parque (Tabela 1, Figura 2E, pontos de amostragem 46 a 56), porém com excelente estado de conservação.

O Parque Estadual do Caracol localiza-se na porção leste do estado do Rio Grande do Sul e possui uma área de 100 hectares sendo apenas 25,1 devidamente legalizados. Este parque tem uma ampla visitação devido ao atrativo turístico do Salto do Caracol. Nesta UC foram amostrados 10 riachos dentro de toda a área do parque e na área integrada denominada Parque da Ferradura (Tabela 1, Figura 2I, pontos de amostragem 86 a 95).

No bioma da Floresta Estacional (FES) foram amostrados três UC's, o Parque Nacional do Iguaçu, o Parque Estadual Fritz Plaumann e o Parque Estadual Florestal do Turvo.

O Parque Nacional do Iguaçu, o qual está localizado na região oeste do estado do Paraná, possui uma área de 170 mil hectares, sendo o maior dos parques amostrados. Os seus limites estão inseridos nos municípios de Foz do Iguaçu, Medianeira, Matelândia, Céu Azul e São Miguel do Iguaçu. Nesta UC foram amostrados 10 riachos (Tabela 1, Figura 2C, pontos de amostragem 22 a 31).

O Parque Estadual Fritz Plaumann está localizado no município de Concórdia, na porção sudoeste do estado de Santa Catarina e possui 735 hectares. Foi criado como compensação dos impactos causados pela Usina Hidrelétrica de Itá no rio Uruguai a qual se situa nas adjacências do parque. Nesta UC foram amostrados nove riachos (Tabela 1, Figura 2H, pontos de amostragem 77 a 85).

O Parque Estadual Florestal do Turvo possui 17.500 hectares e está localizado no município de Derrubadas, na porção noroeste do estado do Rio Grande do Sul com suas adjacências nas margens do rio Uruguai que divide o Brasil com a Argentina. Nesta UC foram amostrados 10 riachos (Tabela 1, Figura 2G, pontos de amostragem 67 a 76).

No bioma Campestre (CAM) foram amostradas duas UC's, o Parque Estadual de Vila Velha e o Parque Nacional de Aparados da Serra/ Serra Geral.

O Parque Estadual de Vila Velha, localizado na porção nordeste do estado do Paraná, possui uma área de 3803 hectares e se trata de uma região formada por arenitos que conferem uma tipologia geológica bastante peculiar tendo atrativos turísticos. Nesta UC foram amostrados 10 riachos (Tabela 1, Figura 2B, pontos de amostragem 12 a 21).

O Parque Nacional de Aparados da Serra com 10.250 hectares e o Parque Nacional da Serra Geral com 17.300 hectares estão localizados na região nordeste do Rio Grande do Sul nos municípios de Cambará do Sul e São Francisco de Paula. A região é conhecida pelos vários cânions principalmente o Itaimbezinho e o Fortaleza os quais são importantes atrativos turísticos. Como os dois parques localizam-se na mesma região e possuem os limites contínuos foram amostrados cinco riachos em cada um, totalizando 10 riachos no conjunto (Tabela 1, Figura 2J, pontos de amostragem 96 a 105).

II.III Métodos de amostragem

Cada um dos 105 segmentos de riachos foi analisado utilizando-se da técnica da transeção (Necchi *et al.* 1995b). A técnica da transeção consiste na amostragem em um trecho de 10 metros, previamente determinado com uma corda estendida ao longo de uma das margens do riacho/rio, sendo a mesma subdividida em intervalos de um metro (totalizando 10 subunidades amostrais) (Sheath & Burkholder 1985, Necchi *et al.* 1995b, 2000, 2003, Branco & Necchi 1996a). Dentro de cada intervalo foi anotada a abundância (através da análise da cobertura percentual) de cada espécie através de estimativa visual (Necchi *et al.* 1995b), usando um balde com fundo de vidro (“view box”) para melhorar a observação. A técnica da estimativa visual é um método válido e amplamente utilizado em todo mundo na determinação da abundância em estudos com macroalgas de ambientes lóticos (Entwistle 1990, Sheath & Cole 1992, Branco & Necchi 1996a), tendo inclusive, correlação direta com as técnicas de massa seca e clorofila *a* (Necchi *et al.* 1995a).

Adicionalmente variáveis ambientais foram mensuradas em cada um dos segmentos. Temperatura, turbidez, condutividade específica, pH e oxigênio dissolvido foram mensurados ainda no campo com controlador de qualidade da água Horiba U-10, equipado com uma sonda com múltiplos eletrodos, a partir de uma amostra de água coletada no ponto médio do trecho. O tipo de substrato foi estimado visualmente em termos percentuais, comparando-se com as classes de tamanho das partículas, modificadas a partir de Gordon *et al.* (1992), onde: rocha (substrato contínuo), matacão (>80 mm), seixos (25-50 mm), cascalho (5-15 mm), areia (<5 mm), além destes, foram ainda acrescentados o substrato macrófitas, troncos e galhos, argila e areia/argila para englobar todos os substratos encontrados na região de estudos.

O sombreamento foi estimado a campo a partir das classes de sombreamento de DeNicola *et al.* (1992): aberto (A), parcialmente sombreado (B), sombreado (C) e fortemente sombreado (D). Velocidade da correnteza e profundidade foram medidas no centro das unidades amostrais utilizadas na avaliação da abundância e frequência, sendo que, a velocidade da correnteza foi medida utilizando-se fluxômetro mecânico GENERAL OCEANICS 2030R, posicionado logo abaixo da superfície durante 20 segundos e a profundidade foi tomada com uma régua simples.

Os valores de nitrogênio total e de ortofosfato, por sua vez, foram aferidos em laboratório, a partir de uma amostra previamente congelada, utilizando-se um espectrofotômetro Spectroquant Nova 60.

Os espécimes encontrados durante as amostragens foram coletados e preservados em formaldeído a 4%. Posteriormente, as amostras foram incorporados no Herbário da IBILCE, UNESP São José do Rio Preto (SJRP) ou no Herbário da Universidade Federal do Paraná (UPCB), ambos em amostra líquida. As observações microscópicas foram realizadas com auxílio de microscópio trinocular Leica, modelo DM1000. Para as análises morfométricas, foi utilizado um sistema de captura de imagens composto de câmera de vídeo Leica, modelo DFC280, acoplada a um microcomputador com o software Leica IM-50, específico para análise de imagem. Para tanto, foram tomadas pelo menos 20 medidas de cada estrutura em cada população, as quais foram utilizadas para construir o intervalo de variação, a média e o desvio padrão.

III. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberghina, J.S., Vigna, M.S. & Confalonieri, V.A. 2006. Phylogenetic position of the Oedogoniales within the green algae (Chlorophyta) and the evolution of the absolute orientation of the flagellar apparatus. *Plant Systematics and evolution* 261: 151-163.
- Allan, J.D. & Castillo, M.M. 2007. Stream Ecology: structure and function of running waters. Second Edition. Springer, Netherlands.
- Aysel, V., Gezerler-Sipal, U., Aysel, F. & Erdugan, H. 2002. Izmir ilinde (Türkiye) yayılış gösteren Oedogonium Link türleri. *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences* 19(3/4): 277-287.
- Becker, B. & Marin, B. 2009. Streptophyte algae and the origin of embryophytes. *Annals of Botany* (disponível online em www.aob.oxfordjournals.org).
- Besendahl, A. & Bhattacharya, D. 1999. Evolutionary analyses of small-subunit rDNA coding regions and the 1506 group I introns of the Zygnematales (Charophyceae, Streptophyta), *Journal of Phycology* 35: 560-569.
- Bicudo, C.E.M. & Menezes, M. 2006. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil. São Paulo, Editora RIMA.
- 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(1): 31-37.
- Biggs, B.J.F. 1985. Algae: a blooming nuisance in rivers. *Soil and water* 21(2): 27-31.
- Biggs, B.J.F. 1990. Periphyton communities and their environments in New Zealand rivers. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 24: 367-386.
- Biggs, B.J.F. & Price, G.M.A. 1987. A survey of filamentous algal proliferation in New Zealand rivers. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 21: 175-191.
- Bold, H.C. & Wynne, M.J. 1985. Introduction to the Algae. Structure and reproduction. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- 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 sequences. *Journal of Phycology* 34: 312-318.
- Branco, C.C.Z. 1999. Chaetophoraceae (Chaetophorales, Chlorophyta) de ecossistemas lóticos do estado de São Paulo: flora, distribuição, dinâmica de populações e biogeografia. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita

- Filho”, Rio Claro.
- Branco, C.C.Z., Emed, R.G., Branco, L.H.Z. & Necchi, O.Jr. 2008a. Macroalgas de riachos da Floresta Nacional de Irati, estado do Paraná, Sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 22(2): 437-451.
- Branco, C.C.Z. & Necchi, O.Jr. 1996a. Distribution of stream macroalgae in the eastern Atlantic Rainforest of São Paulo State, southeastern Brazil. *Algological Studies* 333: 139-150.
- Branco, C.C.Z. & Necchi, O.Jr. 1996b. Survey of stream macroalgae of eastern Atlantic Rainforest of São Paulo State, Southeastern Brazil. *Algological Studies* 80: 35-57.
- Branco, C.C.Z., Necchi, O.Jr. & 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. & Necchi, O.Jr. 1997. Seasonality of macroalgae in three tropical drainage basins in São Paulo State, southeastern Brazil. *Archiv für Hydrobiologie* 141: 75-91.
- Branco, L.H.Z. & Necchi, O.Jr. 1998b. Distribution of macroalgae in three tropical drainage basins of Southeastern Brazil. *Archiv für Hydrobiologie* 142: 241-256.
- 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(1): 147-161.
- Bremer & Wantorp, 1981. A cladistic classification of green plants. *Nord Journal of Botany* 1:1-3.
- Bueno, N.C. & Bicudo, C.E.M. 1997. Characeae (Charophyceae) do Pantanal de Mato Grosso do Sul, Brasil: *Nitella. Hoehnea* 24 (2): 26-55.
- Bueno, N.C., Bicudo, C.E.M., Vicentim, M.M.P. & Ishii, I.H. 1996. Characeae (Charophyceae) do Pantanal de Mato Grosso do Sul, Brasil: *Chara. Hoehnea* 23(2): 21-31.
- Cambra, J. & Aboal, M. 1992. Filamentous green algae of Spain: distribution and ecology. *Limnética* 8: 213-220.
- Carlsson, A.S., van Beilen, J.B., Möller, R. & Clayton, D. 2007. Micro- and macro-algae: utility for industrial applications. Bowles, D. (Ed.) Outputs from the EPOBIO project. CPL Press, Berks, UK.
- Cavalier-Smith, T. 1981. Eukaryotic kingdoms, seven or nine? *BioSystems* 14: 461-481.

- Cavalier-Smith, T. 1982. The origins of plastids. *Biological Journal of the Linnean Society* 17: 289–306.
- Chisti, Y. 2007. Biodiesel for microalgae. *Biotechnology Advances* 25 (2007) 294–306
- Coutinho, L.M. 2006. O conceito de bioma. *Acta Botanica Brasilica* 20(1): 13-23.
- Delwiche, C.F., Karol, K.G., Cimino, M.T. & Sysma, K.J. 2002. Phylogeny of the genus *Coleochaete* (Charophyceae, Chlorophyta) and related taxa inferred by analysis of the chloroplast gene *rbcL*. *Journal of Phycology* 38: 394-403.
- DeNicola, D.M., Hogland, K.D. & Roemer, S.C. 1992. Influence of canopy cover on spectral irradiance and periphyton assemblages in a prairie stream. *Journal of the North American Benthological Society* 11: 391-404.
- Devereux, R., Loeblich III, A.R. & Fox, G.E. 1990. Higher plant origins and the phylogeny of green algae. *Journal of Molecular Evolution* 31: 18-24.
- Dias, I.C.A. 1983. Zygnemaceae do Município do Rio de Janeiro e arredores: uma contribuição a seu conhecimento. *Rickia* 10: 85-104.
- Dias, I.C.A. 1984. Contribuição ao conhecimento do gênero *Spirogyra* Link (Zygnemaphyceae) no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Bradea* 10(4): 59-67.
- Dias, I.A.C. 1985a. Chlorophyta filamentosas da Lagoa de Juturnaíba, Araruama, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Botânica* 8: 93-98.
- Dias, I.C.A. 1985b. Contribuição ao conhecimento das algas do gênero *Mougeotia* C. Agardh (Zygnemaphyceae) no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Boletim do Museu Nacional: Botânica* 70: 1-7.
- 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. 1987. Algas do Bosque Arruda Câmara, Rio de Janeiro, Brasil: Chlorophyta filamentosas. *Rickia* 14: 45-51.
- Dias, I.C.A. 1989. Chlorophyta filamentosas do Município de Cáceres e arredores, Mato Grosso, Brasil: uma contribuição a 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(1): 157-169.

- Dias, I.C.A. 1992. Algas continentais do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: Oedogoniaceae e Zygnemaceae. *Hoehnea* 19(1/2): 51-63.
- Dias, I.C.A. 1995. Algas do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: Oedogoniaceae e Zygnemaceae. *Hoehnea* 21(1/2): 103-110.
- Dias, I.C.A. 1997. Chlorophyta filamentosas da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro: taxonomia e aspectos ecológicos. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, USP. São Paulo, SP.
- Dias, I.C.A. & Bicudo, C.E.M. 2001. Chaetophoraceae, Microsporaceae, Ulotrichaceae and Schizomeridaceae from Biological Reserve Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brazil. *Algological Studies* 102: 73-91.
- Dias, I.C.A. & Sophia, M.G. 1994. Algas dos Estados de Goiás e Tocantins, Brasil: Desmidiaceae, Oedogoniaceae e Zygnemaceae (Chlorophyta). In: Campos, I.F. (Org.) Flora dos estados de Goiás e Tocantins. *Criptógamos* 3(1). *Eduf Ufg Goiânia* 3(1): 1-54.
- Dillard, G.E. 1989. Freshwater Algae of the Southeastern United States. Part 2. Chlorophyceae: Ulotrichales, Microsporales, Cylindrocapsales, Sphaeropleales, Chaetophorales, Cladophorales, Schizogoniales, Siphonales and Oedogoniales. *Biblioteca Phycologica*. Band 83. J. Cramer. Berlin, Stuttgart.
- Dillard, G.E. 1990. Freshwater Algae of the Southeastern United States. Part 3. Chlorophyceae: Zygnematales: Zygnemataceae, Mesotaeniaceae and Desmidiaceae (Section 1). *Biblioteca Phycologica*. Band 85. J. Cramer. Berlin, Stuttgart.
- Dillard, G.E. 1993. Freshwater Algae of the Southeastern United States. Part 6. Chlorophyceae: Zygnematales: Desmidiaceae (Section 4). *Biblioteca Phycologica*. Band 93. J. Cramer. Berlin, Stuttgart.
- Dillard, G.E. 1999. Common Freshwater Algae of the United States: an illustrated key to the genera (excluding the diatoms). Berlin, Stuttgart: Cramer in der Gebr.-Borntraeger-Verl.-Buchh.
- Dodds, W.K. & Gudder, D.A. 1992. The ecology of *Cladophora*. *Journal of Phycology* 28:415-427.
- Drummond, C.S., Hall, J., Karol, K.G., Delwiche, C.F. & McCourt, R.M. 2005. Phylogeny of *Spirogyra* and *Sirogonium* (Zygnematophyceae) based on *rbcL* sequence data. *Journal of Phycology* 41: 1055-1064.

- Entwisle, T.J. 1989. Macroalgae in Yarra River basin: flora and distribution. *Proceedings of the Royal Society of Victoria* 101: 1-76.
- Entwisle, T.J. 1990. Macroalgae in the upper Yarra and Watts River catchments: Distribution and Phenology. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 41: 505-522.
- Entwisle, T.J. & Skinner, S. 2001. Non-marine algae of Australia: 4. Floristic survey of some colonial green macroalgae (Chlorophyta) *Telopea* 9(3): 725-739.
- Ferrer, N.C. & Cáceres, E.J. 2005. *Mougeotia mesocarpiana* (Zygnematophyceae, Chlorophyta), a new freshwater species of the Mesocarpus Section from Argentina. *Iheringia* 60(1): 63-68.
- Ferrer, N.C. & Cáceres, E.J. 2001. Nuevas citas de Zygnemataceae (Zygnematales, Chlorophyta) para el continente americano. *Darwiniana* 39(3/4): 209-213.
- Filkin, N.R., Sherwood, A.R. & Vis, M.L. 2003. Macroalgae from 23 streams in the Hawaiian Islands. *Pacific Science* 57(4): 421-431.
- Foerster, J., Gutowski, A. & Schaumburg, J. 2004. Defining types of running waters in Germany using benthic algae: A prerequisite for monitoring according to the Water Framework Directive. *Journal of Applied Phycology* 16: 407-418.
- Frissell, C.A., Liss, W.J., Warren, C.E. & Hurley, M.D. 1986. A hierarchical framework for stream habitat classification viewing streams in a watershed context. *Environmental Management* 10(2): 199-214.
- Fritsch F.E. 1935. The structure and reproduction of the algae, Vol. 1. Cambridge University Press. Cambridge. 791 pp.
- Gerrath, J.F. 2003. Conjugating Green Algae and Desmids. In: Wehr, J.D. & Sheath, R.G. (eds.). *Freshwater Algae of North America: ecology and classification*. Aquatic Ecology Series. Academic Press. Massachusetts.
- Giller, P.S. & Malmqvist, B. 1998. *The Biology of Streams and Rivers: biology of habitat*. Oxford: Oxford University Press, 296 p.
- Gontcharov, A.A., Marin, B. & Melkonian, M. 2003. Molecular phylogeny of conjugating green algae (Zygnemophyceae, Streptophyta) inferred from SSU rDNA sequence comparisons. *Journal of Molecular Evolution* 56: 89-104.
- Gordon, N.D., McMahon, T.A. & Finlayson, B.L. 1992. *Stream Hydrology: an introduction for ecologists*. Chichester: John Wiley & Sons, 526 p.
- Graham, L.E. & Wilcox, L.W. 2000. *Algae*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.

- Hu, B.F. & Xie, S.L. 2006. Effect of seasonality on distribution of macroalgae in a stream system (Xin`an Spring) in Shanxi Province, North China. *Journal of Integrative Plant Biology* 48(8): 889-896.
- IBAMA. 2005. Aspectos Gerais do Parque Nacional Sant-Hilaire/ Lange. Disponível em: < <http://www2.ibama.gov.br/unidades/parques/reuc/144.htm> >Acessado em 05 de agosto de 2005.
- IBGE. 1990a. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Unidades Climáticas do Brasil. (Encarte 1:22.000.000).
- IBGE. 1990b. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diagnóstico Brasil. Geologia do Brasil. (Encarte 1:22.000.000).
- IBGE. 1992. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro: Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 07, 92 p.
- IBGE. 2004. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de Vegetação do Brasil. (Encarte 1:5.000.000) 3 ed.
- 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*. Aquatic Ecology Series. Academic Press. Massachussets.
- John, D.M. 2005. 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*. p. 287-612.
- Joly, A.B. 1963. Gêneros de algas de água doce da cidade de São Paulo e arredores. *Rickia* (supplement): 1: 1-188.
- Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogg, E.A., Stevens, P.F. & Donoghue, M.J. 2002. *Plant systematic: a phylogenetic approach*. 2nd edn, Sinauer Assoc, Sunderland.
- Karol, K.G., McCourt, R.M., Cimino, M.T. & Delwiche, C.F. 2001. The closest living relatives of plants. *Science* 294:2351-3.
- Kessler, E. 1984. A general review on the contribution of chemotaxonomy to the systematics of green algae. *In*: Irvine, D.E.G. & John, D.M. (eds). *Systematics of the green algae*. Systematics Association Special, vol 27. Academic Press, London Orlando, pp 391-407.
- Krupek, R.A., Branco, C.C.Z. & Peres, C.K. 2008. Macroalgas de riachos da bacia do rio das Pedras, região Sul do Brasil. *Hoehnea* 35(2): 25-44.
- Kützing, F.T. 1843. *Phycologia generalis*. Brockhaus, Leipzig.

- Lake, P.S. 2000. Disturbance, patchiness, and diversity in streams. *Journal of North American Benthological Society* 19(4): 573-592.
- Lamberti, G.A. 1996. The role of periphyton in benthic food webs. *In: Stevenson, R.J., Bothwell, M. & Lowe, R.L. (Ed.) Algal Ecology: freshwater benthic ecosystems.* Academic Press, San Diego. p. 533-564.
- Lee, R.E. 1999. Phycology. 2nd ed. Cambridge University.
- Leukart, P. 1995. Studies on the macroalgal vegetation of a small soft-water stream in the Spessart mountains, Germany, with reference to algal distribution and seasonality. *Algological Studies* 79: 77-92.
- Lewis, L.A. & McCourt, R.M. 2004. Green Algae and the origin of land plants. *American Journal of Botany* 91(10): 1535-1556.
- Ling, H.U. & Tyler, P.A. 2000. Australian Freshwater Algae (exclusive of diatoms). *Biblioteca Phycologica*. Band 105. J. Cramer. Berlin Stuttgart.
- Linnaeus, C. 1753. Species plantarum. Vol. 2. Holmiae (Stockholm): 1200 pp.
- Maitland, P.S. 1978. Biology of Fresh Waters. Glasgow: Blackie, 244 p.
- 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.* Systematics Association Special, vol 27. Academic Press, London Orlando, p. 29-72.
- McCourt, R.M., Karol, K.G., Kaplan, S. & Hoshaw, R.W. 1995. Using *rbcL* sequences to test hypotheses of chloroplast and thallus evolution in conjugating green algae (Zygnematales, Charophyceae). *Journal of Phycology* 31: 989-995.
- McCourt, R.M., Karol K.G., Bell, J., Helm-Bychowski, K.M., Grajewska, A., Wojciechowski, M.F. & Hoshaw, R.W. 2000. Phylogeny of the conjugating green algae (Zygnemophyceae) based on *rbcL* sequences. *Journal of Phycology* 36: 747-758.
- McCourt, R.M., C.F. Delwiche, & K.G. Karol. 2004. Charophyte algae and land plant origins. *Trends in Ecology and Evolution* 19:661-666.
- Melkonian, M. 1984. Flagellar apparatus ultrastructure in relation to green algal classification. *In: Irvine, D.E.G. & John, D.M. (eds). Systematics of the green algae.* Systematics Association Special, vol 27. Academic Press, London Orlando, p. 73-120.
- Necchi, O.Jr., 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, O.Jr., Branco, L.H.Z. & Branco, C.C.Z. 2003. Ecological distribution of stream macroalgal communities from a drainage basin in the Serra da Canastra National Park, Minas Gerais, Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 63: 1-12.
- Necchi, O.Jr., 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: 359-371.
- Necchi, O.Jr., 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.
- Necchi, O.Jr., Pascoaloto, D. & Branco, L.H.Z. 1994b. Distribution of macroalgae in a tropical river basin from Southeastern Brazil. *Archiv für Hydrobiologie* 129: 459- 471.
- Necchi, O.Jr., Branco, C.C.Z., Simões, R.C.G. & Branco, L.H.Z. 1995b. Distribution of stream macroalgae in northwest region of São Paulo State, Southeastern Brazil. *Hydrobiologia* 299: 219-230.
- Necchi, O.Jr., 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, O.Jr., 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. 2003. A taxonomic survey of *Oedogonium* (Oedogoniales, Chlorophyta) in the South Island and Chatham Islands, New Zealand. *New Zealand Journal of Botany* 41: 335-358.
- Novis, P.M. 2004a. A taxonomic survey of *Microspora* (Chlorophyceae, Chlorophyta) in New Zealand, *New Zealand Journal of Botany* 42: 153-165.
- Novis, P.M. 2004b. New records of *Spirogyra* and *Zygnema* (Charophyceae, Chlorophyta) in New Zealand. *New Zealand Journal of Botany* 42: 139-152.
- 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. Systematics Association Special, vol 27. Academic Press, London Orlando, p. 121-156.

- Okada, H. & Watanabe, Y. 2002. Effect of physical factors on the distribution of filamentous green algae in the Tama River. *Limnology* 3:121-126.
- Pereira, J.L. & Branco, L.H.Z. 2005. Aspectos taxonômicos de *Schizomeris* Kützing (Chaetophorales, Chlorophyta). *Revista Brasileira de Botânica* 28: 305-318.
- Pereira, J.L. & Branco, L.H.Z. 2007. Influência do nitrato e fosfato no crescimento de *Schizomeris leibleinii* Kützing (Chaetophorales, Chlorophyta). *Acta Botanica Brasilica* 21(1): 155-162.
- Peres, C.K., Branco, C.C.Z. & Krupek, R.A. 2008. Macroalgas de riachos da Serra da Prata, leste do Paraná, Sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 22(2): 333-344.
- Pfister, P. 1993. Seasonality of macroalgal distribution pattern within the reach of a gravel stream (Isar, Tyrol, Austria). *Archiv für Hydrobiologie* 129: 89-107.
- Prado, J.F. & Baptista, L.R.M. 2005. Novos registros de Characeae (Chlorophyta) para o Brasil. *Iheringia. Série Botânica* 60(2): 259-268.
- Pringle, C.M., Naiman, R.J., Bretschko, G., Karr, J., Oswood, M., Webster, J., Welcome, R. & Winterbourn, M.J. 1988. Patch dynamics in lotic systems: the stream as a mosaic. *Journal of North American Benthological Society* 7: 503-524.
- 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 systematic. Cap.7: 123-153.*
- Rabenhorst, L. 1868. Flora Europea Algarum Aquae Dulcis et Submarinae. III. Chlorophyceae, Melanophyceae et Rhodophyceae complectens. LIPSIAE. p.327-346.
- Reviere, B. 2002. Biologie et Phylogénie des Algues. Tome 1. Paris : Ed. Belin. 352 p.
- Reviere, B. 2006. Biologia e Filogenia das Algas; tradução Iara Maria Franceschini. Porto Alegre: Artmed. 280 p.
- Roderjan, C.V., Galvão, F., Kuniyoshi, Y.S. & Hatschbach, G.G. 2002. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. *Ciência & Ambiente* 24: 75-92.
- Round, F.E. 1963. The taxonomy of the Chlorophyta. *British Phycological Bulletin* 2: 254-235.
- Round, F.E. 1984. The systematics of the Chlorophyta: an historical review leading to some modern concepts. *In: Irvine, D.E.G. & John, D.M. (eds). Systematics of the green algae. Systematics Association Special, vol 27. Academic Press, London Orlando, p.1-27.*

- Sheath, R.G. & Burkholder, J. 1985. Characteristics of softwater stream in Rhode Island. II: Composition and seasonal dynamics of macroalgae communities. *Hydrobiologia* 128: 109-118.
- Sheath, R.G. & Cole, K.M. 1992. Biogeography of stream macroalgae in North America. *Journal of Phycology* 28: 448-460.
- Sheath, R.G. & Cole, K.M. 1996. Stream macroalgae of the Fiji Islands: A preliminary study. *Pacific Science* 50(1): 46-54.
- Sheath, R.G. & Müller, K.M. 1997. Distribution of stream macroalgae in four high arctic drainage basins. *Arctic* 50: 355-364.
- Sheath, R.G., Hambrook, J.A. & Nerone, C.A. 1988. The benthic macro-algae of Georgia Bay, the North Channel and their drainage basin. *Hydrobiologia* 163: 141-148.
- Sheath, R.G., Hamilton, P.B., Hambrook, J.A. & Cole, K.M. 1989. Stream macroalgae of Eastern boreal forest region of North America. *Canadian Journal of Botany* 67: 3553-3562.
- Sheath, R.G., Morison, M.O., Korch, J.E., Kaczmarczyk, D. & Cole, K.M. 1986. Distribution of stream macroalgae in South-central Alaska. *Hydrobiologia* 135: 259-269.
- Sherwood, A.R. & Sheath, R.G. 1999. Seasonality of macroalgae and epilithic diatoms in spring-fed streams in Texas, U.S.A. *Hydrobiologia* 390: 73-82.
- Skinner, S. & Entwisle, T.J. (2004a). Non-marine algae of Australia: 6. Cladophoraceae (Chlorophyta). *Telopea* 10(3): 731-748.
- Skinner, S. & Entwisle, T.J. (2004b). Non-marine algae of Australia: 5. Macroscopic Chaetophoraceae (Chaetophorales, Chlorophyta). *Telopea* 10(2): 2004.
- Skinner, S. & Entwisle, T.J. 2005. A colligate *Spirogyra* (Zygnemataceae, Zygnematophyceae) in Australia. *Telopea* 11(1): 87-89.
- Skinner, S. & Entwisle, T.J. 2006. New taxa and combinations for *Oedogonium* and *Bulbochaete* (Oedogoniales, Chlorophyceae) in Australia. *Telopea* 11(2) 171-19.
- Skinner, S., McPherson, H. & Towler, G.M. 2005. A new *Zygnemopsis* species (Zygnemataceae, Zygnematophyceae), with mature zygospores, from Australia. *Telopea* 11(1): 91-93.
- Sophia, M.G. & Dias, I.C.A. 1996. Algas de três ambientes de águas claras do Município de Parintins, Estado do Amazonas, Brasil: Oedogoniophyceae e Zygnemaphyceae. *Hoehnea* 23(2): 59-80.

- 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: Série Botânica* 60(1): 25-47.
- Stewart, K.D. & Mattox, K.R. 1975. Comparative cytology, evolution and classification of green algae with some consideration of the origin of other organisms with chlorophylls *a* and *b*. *Botanical Reviews* 41: 105-135.
- Turmel, M., Ehara, M., Otis, C. & Lemieux, C. 2002. Phylogenetic relationships among Streptophytes as inferred from chloroplast small and large subunit rRNA gene sequences. *Journal of Phycology* 38: 364-375.
- Turmel, M., Otis, C. & Lemieux, C. 2005. The complete chloroplast DNA sequences of the charophycean green algae *Staurastrum* and *Zygnema* reveal that the chloroplast genome underwent extensive changes during the evolution of the Zygnematales. *BMC Biology* 3:22.
- van den Hoek, C., Mann, D.G. & Jahns, H.M. 1995. Algae: an introduction to phycology. Cambridge: Cambridge University Press, 623 p.
- van den Hoek, C., Stam, W.T. & Olsen, J.L. 1988. The emergence of a new chlorophyten system, and Dr. Kornmann's contribution thereto. *Helgoland Marine Research* 42(3/4): 339-383.
- Verb, R.G. & Vis, M.L. 2001. Macroalgal communities from a acid mine drainage impacted Watershed. *Aquatic Botany* 71: 93-107.
- Vicentim, M.M.P., Bicudo, C.E.M. & Bueno, N.C. 2004. Flora ficológica do estado de São Paulo: Charophyceae. 1. ed. São Carlos: RiMa Editora. 124 p.
- Vieira, J.Jr., Necchi, O.Jr., Branco, C.C.Z. & Branco, L.H.Z. 2002a. Characeae (Chlorophyta) em ecossistemas lóticos do Estado de São Paulo, Brasil: gênero *Chara*. *Hoehnea* 30(1): 53-70.
- Vieira, J.Jr., Necchi, O.Jr., Branco, C.C.Z. & Branco, L.H.Z. 2002b. Characeae (Chlorophyta) em ecossistemas lóticos do Estado de São Paulo, Brasil: gênero *Nitella*. *Hoehnea* 29(3): 249-266.
- Vis, M.L., Sheath, R.G., Hambrook, J.A. & Cole, K.M. 1994. Stream macroalgae of the Hawaiian islands: a preliminary study. *Pacific Science* 48: 175-187.
- Ward, J.V. 1989. The four-dimensional nature of lotic ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society* 8: 2-8.

Tabela 1. Localização dos pontos de amostragem nas Unidades de Conservação do Sul do Brasil e data das amostragens.

| Ponto | Localização | Data |
|-------|---|----------------------------|
| 01 | Paraná, Teixeira Soares, Floresta Nacional de Irati, riacho entre o talhão 79 e a floresta nativa, 600 metros da estrada principal. 25°20'57''S, 50°34'10''W, altitude 772m. | 20.vii.2005, 02.ii.2006 |
| 02 | Paraná, Teixeira Soares, Floresta Nacional de Irati, riacho margeado pelo talhão 79, 100 metros da estrada principal. 25°21'10''S, 50°34'29''W, altitude 781m. | 20.vii.2005, 02.ii.2006 |
| 03 | Paraná, Teixeira Soares, Floresta Nacional de Irati, riacho localizado na floresta nativa em transição com capoeira, 50 metros da estrada principal. 25°21'12''S, 50°34'56''W, altitude 810m. | 19.vii.2005, 03.ii.2006 |
| 04 | Paraná, Teixeira Soares, Floresta Nacional de Irati, riacho localizado nas imediações da antiga caixa d'água. 25°21'23''S, 50°34'27''W, altitude 781m. | 20.vii.2005, 03.ii.2006 |
| 05 | Paraná, Teixeira Soares, Floresta Nacional de Irati, riacho no talhão 85, 600 metros da estrada principal. 25°21'28''S, 50°33'30''W, altitude 781m. | 19.vii.2005, 02.ii.2006 |
| 06 | Paraná, Teixeira Soares, Floresta Nacional de Irati, riacho localizado na floresta nativa em transição com <i>Pinus taeda</i> . 25°22'32''S, 50°35'16''W, altitude 782m. | 20.vii.2005, 03.ii.2006 |
| 07 | Paraná, Teixeira Soares, Floresta Nacional de Irati, riacho localizado à 2000 metros da estrada principal, linha da Copel 2. 25°22'47''S, 50°35'03''W, altitude 814m. | 21.vii.2005, 04.ii.2006 |
| 08 | Paraná, Teixeira Soares, Floresta Nacional de Irati, riacho localizado no reflorestamento de <i>Pinus elliottii</i> . 25°23'03''S, 50°35'31''W, altitude 775m. | 20.vii.2005, 03.ii.2006 |
| 09 | Paraná, Teixeira Soares, Floresta Nacional de Irati, riacho localizado à 400 metros da estrada principal, linha da Copel 1. 25°23'07''S, 50°35'27''W, altitude 806m. | 21.vii.2005, 04.ii.2006 |

Tabela 1. continuação

| | | |
|----|--|----------------------------|
| 10 | Paraná, Teixeira Soares, Floresta Nacional de Irati, riacho no talhão 61, nas imediações do barbaquá, 10 metros da estrada principal. 25°24'02''S, 50°35'28''W, altitude 723m. | 19.vii.2005, 02.ii.2006 |
| 11 | Paraná, Teixeira Soares, Floresta Nacional de Irati, riacho no talhão 80, nas imediações do viveiro, 10 metros da estrada principal. 25°24'16''S, 50°35'28''W, altitude 727m. | 19.vii.2005, 02.ii.2006 |
| 12 | Paraná, Ponta Grossa, Parque Estadual de Vila Velha, riacho da Furna 4. 25°13'60''S, 50°02'43''W, altitude 822m. | 04.v.2008 |
| 13 | Paraná, Ponta Grossa, Parque Estadual de Vila Velha, córrego da Lagoa Seca. 25°13'44''S, 50°02'06''W, altitude 835m. | 05.v.2008 |
| 14 | Paraná, Ponta Grossa, Parque Estadual de Vila Velha, riacho da Taipa. 25°13'17''S, 50°00'44''W, altitude 828m. | 03.v. 2008 |
| 15 | Paraná, Ponta Grossa, Parque Estadual de Vila Velha, rio Quebra Perna. 25°13'19''S, 50°00'34''W, altitude 824m. | 05.v.2008 |
| 16 | Paraná, Ponta Grossa, Parque Estadual de Vila Velha, riacho atrás dos arenitos da Fortaleza. 25°13'36''S, 50°00'00''W, altitude 905m. | 05.v.2008 |
| 17 | Paraná, Ponta Grossa, Parque Estadual de Vila Velha, riacho dos Bombeiros. 25°13'57''S, 49°58'15''W, altitude 868m. | 04.v.2008 |
| 18 | Paraná, Ponta Grossa, Parque Estadual de Vila Velha, arroio da roça. 25°14'15''S, 49°59'54''W, altitude 893m. | 04.v.2008 |
| 19 | Paraná, Ponta Grossa, Parque Estadual de Vila Velha, riacho da estrada da igreja. 25°14'41''S, 50°00'58''W, altitude 803m. | 03.v.2008 |
| 20 | Paraná, Ponta Grossa, Parque Estadual de Vila Velha, riacho da antiga piscina. 25°14'52''S, 49°59'30''W, altitude 937m. | 04.v.2008 |
| 21 | Paraná, Ponta Grossa, Parque Estadual de Vila Velha, riacho nos arenitos turísticos. 25°15'13''S, 50°00'10''W, altitude 830m. | 04.v.2008 |
| 22 | Paraná, Foz do Iguaçu, Parque Nacional do Iguaçu, riacho sem denominação. 25°07'60''S, 53°49'05''W, altitude 613m. | 02.v.2008 |
| 23 | Paraná, Foz do Iguaçu, Parque Nacional do Iguaçu, riacho sem denominação. 25°09'30''S, 53°50'09''W, altitude 484m. | 02.v.2008 |

Tabela 1. continuação

| | | |
|----|--|---------------------------|
| 24 | Paraná, Foz do Iguaçu, Parque Nacional do Iguaçu, riacho sem denominação. 25°09'38"S, 53°49'44"W, altitude 476m. | 02.v.2008 |
| 25 | Paraná, Foz do Iguaçu, Parque Nacional do Iguaçu, rio São João. 25°37'12"S, 54°28'34"W, altitude 200m. | 01.v.2008 |
| 26 | Paraná, Foz do Iguaçu, Parque Nacional do Iguaçu, riacho sem denominação. 25°37'20"S, 54°26'52"W, altitude 165m. | 01.v.2008 |
| 27 | Paraná, Foz do Iguaçu, Parque Nacional do Iguaçu, riacho sem denominação. 25°36'46"S, 54°25'49"W, altitude 274m. | 01.v.2008 |
| 28 | Paraná, Foz do Iguaçu, Parque Nacional do Iguaçu, riacho sem denominação. 25°36'13"S, 54°24'50"W, altitude 229m. | 01.v.2008 |
| 29 | Paraná, Foz do Iguaçu, Parque Nacional do Iguaçu, riacho sem denominação. 25°35'41"S, 54°23'30"W, altitude 181m. | 01.v.2008 |
| 30 | Paraná, Foz do Iguaçu, Parque Nacional do Iguaçu, rio Apepozinho. 25°32'01"S, 54°19'36"W, altitude 405m. | 30.iv.2008 |
| 31 | Paraná, Foz do Iguaçu, Parque Nacional do Iguaçu, junção do rio Apepó com Apepozinho. 25°32'03"S, 54°18'08"W, altitude 194m. | 30.iv.2008 |
| 32 | Paraná, Paranaguá, Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, riacho do Morro Inglês. 25°36'24"S, 48°37'66"W. | 3.vii.2005, 23.ii.2006 |
| 33 | Paraná, Paranaguá, Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, rio da Colônia Maria Luisa. 25°38'63"S, 48°36'05"W. | 3.vii.2005, 23.ii.2006 |
| 34 | Paraná, Paranaguá, Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, rio das Pombas. 25°39'18"S, 48°35'42"W. | 3.vii.2005, 23.ii.2006 |
| 35 | Paraná, Guaratuba, Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, rio Cubatãozinho. 25°40'25"S, 48°43'42"W. | 26.xi.2005 |
| 36 | Paraná, Guaratuba, Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, afluyente do rio do Henrique. 25°40'54"S, 48°42'15"W. | 26.xi.2005 |
| 37 | Paraná, Guaratuba, Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, rio do Henrique, próximo à foz, 25°40'55"S, 48°41'52"W. | 26.xi.2005 |
| 38 | Paraná, Guaratuba, Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, afluyente do rio do Henrique. 25°40'40"S, 48°41'51"W. | 26.xi.2005 |

Tabela 1. continuação

| | | |
|----|---|---------------------------|
| 39 | Paraná, Guaratuba, Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, afluente do rio do Henrique. 25°40'39''S, 48°41'10''W. | 26.xi.2005 |
| 40 | Paraná, Guaratuba, Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, rio do Henrique. 25°40'37''S, 48°41'03''W. | 26.xi.2005 |
| 41 | Paraná, Paranaguá, Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, rio da Colônia Pereira. 25°41'51''S, 48°35'14''W. | 2.vii.2005, 22.ii.2006 |
| 42 | Paraná, Paranaguá, Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, rio Cambará. 25°43'53''S, 48°35'86''W. | 2.vii.2005, 22.ii.2006 |
| 43 | Paraná, Matinhos, Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, cachoeira do Tigre, rio Cachoeira. 25°44'27''S, 48°36'66''W. | 2.vii.2005, 22.ii.2006 |
| 44 | Paraná, Matinhos, Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, riacho próximo ao Pesque-pague das Tilápias. 25°44'80''S, 48°35'92''W. | 2.vii.2005, 22.ii.2006 |
| 45 | Paraná, Matinhos, Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, rio Indaial. 25°47'79''S, 48°34'01''W. | 3.vii.2005, 23.ii.2006 |
| 46 | Santa Catarina, São Domingos, Parque Estadual das Araucárias, riacho sem denominação. 26°27'11''S, 52°35'49''W, altitude 748m. | 15.viii.2007 |
| 47 | Santa Catarina, São Domingos, Parque Estadual das Araucárias, riacho afluente do Rio Jacutinga. 26°27'21''S, 52°34'42''W, altitude 716m. | 15.viii.2007 |
| 48 | Santa Catarina, São Domingos, Parque Estadual das Araucárias, córrego afluente do rio Jacutinga. 26°27'02''S, 52°34'01''W, altitude 701m. | 14.viii.2007 |
| 49 | Santa Catarina, São Domingos, Parque Estadual das Araucárias, riacho afluente do rio Jacutinga. 26°27'03''S, 52°34'00''W, altitude 719m. | 14.viii.2007 |
| 50 | Santa Catarina, São Domingos, Parque Estadual das Araucárias, riacho afluente do rio Jacutinga. 26°27'24''S, 52°33'57''W, altitude 692m. | 14.viii.2007 |
| 51 | Santa Catarina, São Domingos, Parque Estadual das Araucárias, riacho sem denominação. 26°27'21''S, 52°33'41''W, altitude 687m. | 14.viii.2007 |

Tabela 1. continuação

| | | |
|----|--|--------------|
| 52 | Santa Catarina, São Domingos, Parque Estadual das Araucárias, riacho na divisa. 26°28'20''S, 52°35'26''W, altitude 712m. | 15.viii.2007 |
| 53 | Santa Catarina, São Domingos, Parque Estadual das Araucárias, riacho afluente do rio Jacutinga. 26°28'15''S, 52°34'20''W, altitude 717m. | 14.viii.2007 |
| 54 | Santa Catarina, São Domingos, Parque Estadual das Araucárias, rio Jacutinga. 26°28'08''S, 52°34'00''W, altitude 698m. | 14.viii.2007 |
| 55 | Santa Catarina, São Domingos, Parque Estadual das Araucárias, riacho sem denominação, fora dos limites do parque. 26°28'48''S, 52°34'32''W, altitude 700m. | 15.viii.2007 |
| 56 | Santa Catarina, São Domingos, Parque Estadual das Araucárias, riacho sem denominação, fora dos limites do parque. 26°29'25''S, 52°34'27''W, altitude 689m. | 15.viii.2007 |
| 57 | Santa Catarina, Indaial, Parque Nacional da Serra do Itajaí, rio Encano. 27°01'22''S, 49°09'39''W, altitude 330m. | 29.v.2008 |
| 58 | Santa Catarina, Indaial, Parque Nacional da Serra do Itajaí, ribeirão do Caçador; 27°01'22''S 49°09'39''W, altitude 330m. | 29.v.2008 |
| 59 | Santa Catarina, Blumenau, Parque Nacional da Serra do Itajaí, rio da Prata. 27°02'17''S, 49°05'57''W, altitude 237m. | 28.v.2008 |
| 60 | Santa Catarina, Blumenau, Parque Nacional da Serra do Itajaí, riacho sem denominação. 27°02'11''S, 49°04'53''W, altitude 235m. | 28.v.2008 |
| 61 | Santa Catarina, Blumenau, Parque Nacional da Serra do Itajaí, rio Garcia. 27°02'55''S, 49°05'32''W, altitude 222m. | 28.v.2008 |
| 62 | Santa Catarina, Blumenau, Parque Nacional da Serra do Itajaí, rio Garcia Pequeno. 27°03'27''S, 49°04'42''W, altitude 281m. | 29.v.2008 |
| 63 | Santa Catarina, Blumenau, Parque Nacional da Serra do Itajaí, riacho Garrafa. 27°03'52''S, 49°05'35''W, altitude 294m. | 29.v.2008 |
| 64 | Santa Catarina, Blumenau, Parque Nacional da Serra do Itajaí, riacho Chuveiro. 27°02'S, 49°05'W, altitude 230m. | 29.v.2008 |
| 65 | Santa Catarina, Blumenau, Parque Nacional da Serra do Itajaí, rio Abelha. 27°02'S, 49°05'W, altitude 230m. | 29.v.2008 |

Tabela 1. continuação

| | | |
|----|---|--------------|
| 66 | Santa Catarina, Blumenau, Parque Nacional da Serra do Itajaí, ribeirão Frio. 27°02'S, 49°05'W, altitude 230m. | 28.v.2008 |
| 67 | Rio Grande do Sul, Parque Estadual Florestal do Turvo, rio Portinho. 27°08'06"S, 53°52'53"W, altitude 260m. | 16.viii.2007 |
| 68 | Rio Grande do Sul, Parque Estadual Florestal do Turvo, salto Yucumã. 27°08'27"S, 53°52'57"W, altitude 260m. | 16.viii.2007 |
| 69 | Rio Grande do Sul, Parque Estadual Florestal do Turvo, riacho sem denominação. 27°11'57"S, 53°49'31"W, altitude 220m. | 18.viii.2007 |
| 70 | Rio Grande do Sul, Parque Estadual Florestal do Turvo, rio Tigre. 27°12'25"S, 53°50'02"W, altitude 227m. | 18.viii.2007 |
| 71 | Rio Grande do Sul, Parque Estadual Florestal do Turvo, rio Bonifácio. 27°12'24"S, 53°50'01"W, altitude 220m. | 18.viii.2007 |
| 72 | Rio Grande do Sul, Parque Estadual Florestal do Turvo, Rio Calisto. 27°13'49"S, 53°54'92"W, altitude 217m. | 17.viii.2007 |
| 73 | Rio Grande do Sul, Parque Estadual Florestal do Turvo riacho sem denominação. 27°13'49"S, 53°54'41"W, altitude 219m. | 17.viii.2007 |
| 74 | Rio Grande do Sul, Parque Estadual Florestal do Turvo, rio da Bandeira. 27°15'11"S, 53°57'19"W, altitude 387m. | 17.viii.2007 |
| 75 | Rio Grande do Sul, Parque Estadual Florestal do Turvo, rio Turvo. 27°16'13"S, 54°00'19"W, altitude 364m. | 17.viii.2007 |
| 76 | Rio Grande do Sul, Parque Estadual Florestal do Turvo, rio Fábio. 27°16'32"S, 54°00'56"W, altitude 387m. | 17.viii.2007 |
| 77 | Santa Catarina, Concórdia, Parque Estadual Fritz Plaumann, riacho sem denominação. 27°16'33"S, 52°06'42"W, altitude 374m. | 20.viii.2007 |
| 78 | Santa Catarina, Concórdia, Parque Estadual Fritz Plaumann, riacho sem denominação. 27°16'57"S, 52°07'18"W, altitude 411m. | 20.viii.2007 |
| 79 | Santa Catarina, Concórdia, Parque Estadual Fritz Plaumann, riacho sem denominação. 27°16'57"S, 52°07'18"W, altitude 412m. | 20.viii.2007 |
| 80 | Santa Catarina, Concórdia, Parque Estadual Fritz Plaumann, riacho sem denominação. 27°16'48"S, 52°06'25"W, altitude 401m. | 20.viii.2007 |

Tabela 1. continuação

| | | |
|----|---|--------------|
| 81 | Santa Catarina, Concórdia, Parque Estadual Fritz Plaumann, rio Cruzeiro. 27°17'20"S, 52°06'49"W, altitude 400m. | 19.viii.2007 |
| 82 | Santa Catarina, Concórdia, Parque Estadual Fritz Plaumann, riacho sem denominação. 27°17'28"S, 52°06'37"W, altitude 414m. | 19.viii.2007 |
| 83 | Santa Catarina, Concórdia, Parque Estadual Fritz Plaumann, riacho sem denominação. 27°17'31"S, 52°05'54"W, altitude 469m. | 19.viii.2007 |
| 84 | Santa Catarina, Concórdia, Parque Estadual Fritz Plaumann, riacho sem denominação. 27°17'46"S, 52°06'10"W, altitude 449m. | 19.viii.2007 |
| 85 | Santa Catarina, Concórdia, Parque Estadual Fritz Plaumann, rio Bugre. 27°18'22"S, 52°05'51"W, altitude 375m. | 19.viii.2007 |
| 86 | Rio Grande do Sul, Canela, Parque Estadual do Caracol, riacho sem denominação. 29°16'10"S, 50°51'25"W, altitude 687m. | 03.vi.2008 |
| 87 | Rio Grande do Sul, Canela, Parque Estadual do Caracol, riacho da trilha das pinguelas. 29°16'20"S, 50°50'54"W, altitude 701m. | 03.vi.2008 |
| 88 | Rio Grande do Sul, Canela, Parque Estadual do Caracol, riacho da guarita do Parque da Ferradura. 29°16'36"S, 50°50'55"W, altitude 698m. | 03.vi.2008 |
| 89 | Rio Grande do Sul, Canela, Parque Estadual do Caracol, riacho da entrada do Parque da Ferradura. 29°16'38"S, 50°50'55"W, altitude 719m. | 03.vi.2008 |
| 90 | Rio Grande do Sul, Canela, Parque Estadual do Caracol, afluyente do rio Graxaim. 29°16'43"S, 50°50'34"W, altitude 691m. | 03.vi.2008 |
| 91 | Rio Grande do Sul, Canela, Parque Estadual do Caracol, riacho da estrada para o Parque da Ferradura. 29°16'52"S, 50°50'52"W, altitude 742m. | 02.vi.2008 |
| 92 | Rio Grande do Sul, Canela, Parque Estadual do Caracol, riacho da estrada do teleférico. 29°18'33"S, 50°50'48"W, altitude 672m. | 02.vi.2008 |
| 93 | Rio Grande do Sul, Canela, Parque Estadual do Caracol, rio Caracol. 29°18'41"S, 50°51'23"W, altitude 666m. | 02.vi.2008 |
| 94 | Rio Grande do Sul, Canela, Parque Estadual do Caracol, rio Tiririca. 29°18'59"S, 50°51'01"W, altitude 678m. | 02.vi.2008 |

Tabela 1. continuação

| | | |
|-----|--|------------|
| 95 | Rio Grande do Sul, Canela, Parque Estadual do Caracol, riacho próximo ao castelo sem pregos. 29°16'52''S, 50°50'52''W, altitude 737m. | 03.vi.2008 |
| 96 | Rio Grande do Sul, Cambará do Sul, Parque Nacional de Aparados da Serra, rio Camarinhas. 29°06'25''S, 50°07'30''W, altitude 957m. | 01.vi.2008 |
| 97 | Rio Grande do Sul, Cambará do Sul, Parque Nacional da Serra Geral, riacho próximo a entrada principal do parque. 29°04'58''S, 49°59'41''W, altitude 1012m. | 01.vi.2008 |
| 98 | Rio Grande do Sul, Cambará do Sul, Parque Nacional da Serra Geral, rio do Segredo. 29°04'47''S, 49°59'17''W, altitude 1006m. | 01.vi.2008 |
| 99 | Rio Grande do Sul, Cambará do Sul, Parque Nacional da Serra Geral, riacho afluente do Segredo. 29°04'36''S, 49°59'05''W, altitude 994m. | 01.vi.2008 |
| 100 | Rio Grande do Sul, Cambará do Sul, Parque Nacional da Serra Geral, riacho do mirante do Cânion Fortaleza. 29°04'00''S, 49°57'44''W, altitude 1019m. | 01.vi.2008 |
| 101 | Rio Grande do Sul, Cambará do Sul, Parque Nacional da Serra Geral, riacho afluente do Perdizes. 29°08'23''S, 50°05'21''W, altitude 969m. | 01.vi.2008 |
| 102 | Rio Grande do Sul, Cambará do Sul, Parque Nacional de Aparados da Serra, rio Camisas. 29°10'43''S, 50°08'11''W, altitude 938m. | 31.v.2008 |
| 103 | Rio Grande do Sul, Cambará do Sul, Parque Nacional de Aparados da Serra, riacho próximo ao alojamento. 29°10'20''S, 50°06'42''W, altitude 938m. | 31.v.2008 |
| 104 | Rio Grande do Sul, Cambará do Sul, Parque Nacional de Aparados da Serra, rio Preá. 29°09'48''S, 50°05'49''W, altitude 927m. | 31.v.2008 |
| 105 | Rio Grande do Sul, Cambará do Sul, Parque Nacional de Aparados da Serra, rio Perdizes. 29°09'27''S, 50°04'09''W, altitude 913m. | 31.v.2008 |

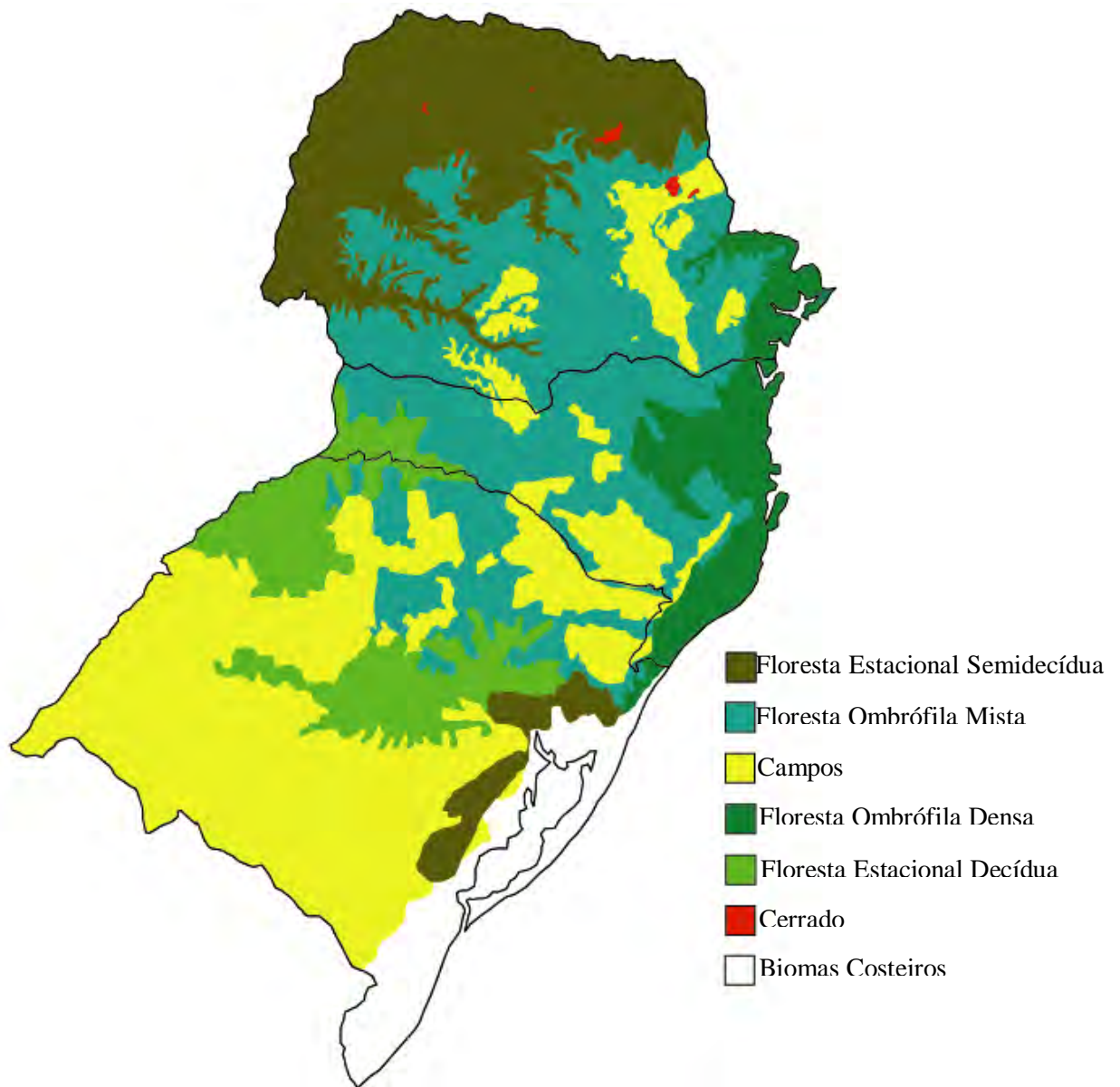


Figura 1. Mapa mostrando a área natural dos principais biomas da região Sul do Brasil. Desenhado a partir de Roderjan *et al.* (2002) e IBGE (2004).

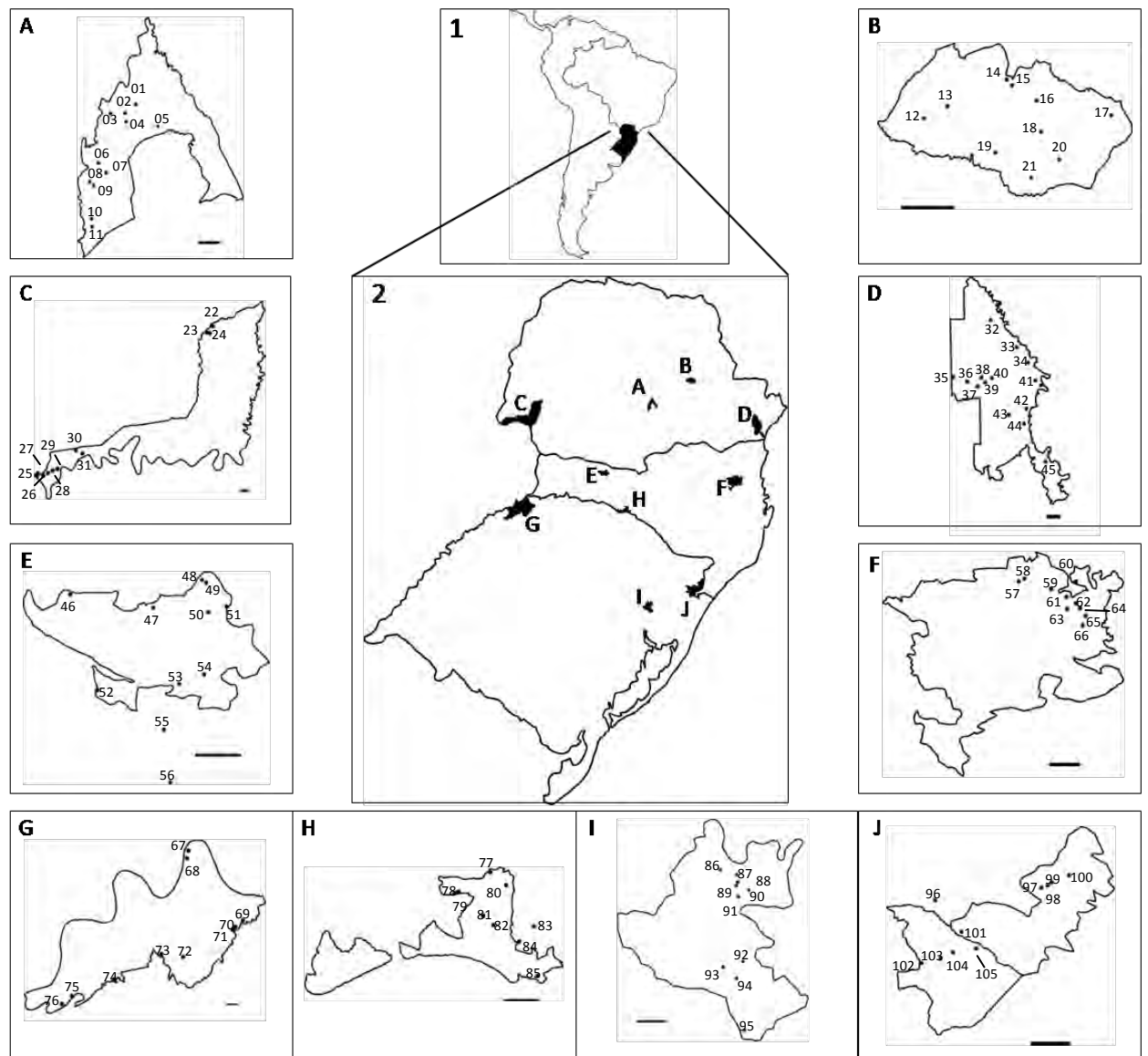


Figura 2. 1) América do Sul, destacando o Brasil e a região Sul e, 2) região Sul, destacando os três estados (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) e as unidades de conservação; A) Floresta Nacional de Irati; B) Parque Estadual de Vila Velha; C) Parque Nacional do Iguaçu; D) Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange; E) Parque Estadual das Araucárias; F) Parque Nacional Serra do Itajaí; G) Parque Florestal Estadual do Turvo; H) Parque Estadual Fritz Plaumann; I) Parque Estadual do Caracol; J) Parque Nacional de Aparados da Serra/ Parque Nacional da Serra Geral. [Barras de escalas: **0,5 Km** – A; **1 Km** – B, E, G, H e I; **5 Km** – C, D e J].

CAPÍTULO 1

**TAXONOMIA E DISTRIBUIÇÃO ECOLÓGICA DAS ORDENS
CLADOPHORALES E CHAETOPHORALES DE AMBIENTES LÓTICOS
EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO SUL DO BRASIL**

1.1 CLADOPHORALES

1.1.1 Introdução histórica, taxonomia e sistemática de Cladophorales

As Cladophorales (incluindo as Siphonocladales) são bem definidas e seus representantes exibem um distinto grupo de caracteres, sendo, portanto, considerado um grupo monofilético de algas verdes (van den Hoek *et al.* 1995).

As primeiras espécies de Cladophorales foram descritas no trabalho de Linnaeus (1753) e desde então, a sistemática do grupo tem passado por profundas modificações. Essa instabilidade na sistemática do grupo se deve principalmente pelo fato dos caracteres morfológicos diagnósticos serem escassos e geralmente indisponíveis para recuperar relações filogenéticas, devido a repetidas convergências e evolução paralela (Leliaert *et al.* 2003).

A ordem Cladophorales foi proposta por Haeckel (1894) para abrigar algas verdes cenocíticas septadas. Estas espécies de algas verdes já estiveram posicionadas na família Siphonocladaceae (Schmitz 1879) e na ordem Siphonocladales (ou Siphonales, Oltmanns 1904, Borgesen 1913). A maior reorganização taxonômica do grupo foi proposta por Fritsch (1948), na qual a ordem Cladophorales foi definitivamente aceita.

Desde essa proposta, a maior parte das controvérsias taxonômicas tem sido focalizada na discussão que avalia a separação das Siphonocladales das Cladophorales. Apesar da idéia de separação das ordens ser defendida pela sistemática tradicional (van den Hoek 1978, Lee 1980, Bold & Wynne 1985, Leliaert *et al.* 1998), ela é essencialmente baseada no tipo de divisão celular, denominado divisão celular segregativa que, no entanto, tem sido demonstrada somente em poucos gêneros. Diante da falta de ampla ocorrência desta característica, Bourrely (1972) fusionou essas duas ordens baseado nas similaridades no nível citológico, tipo de mitose e parede celular encontrados em ambas. van den Hoek (1981) adotou a proposição de Bourrely (1972), porém, enquanto Bourrely tratou o novo grupo como ordem Siphonocladales (Blackman & Tansley) Oltmanns, van den Hoek utilizou Cladophorales Haeckel, por ter prioridade de publicação.

Nos importantes trabalhos abordando ultraestrutura celular, morfologia do cloroplasto, ciclo de vida e estrutura da parede celular desenvolvidos por van den Hoek (1984) e O'Kelly & Floyd (1984), estes autores confirmaram a fusão e reconheceram apenas uma ordem (Cladophorales). Ainda, para estes autores os gêneros mais especializados dentro do grupo são derivados de tipos com arquitetura simples, como *Cladophora*.

A partir de análises das sequências nucleares do gene SSU rRNA alguns estudos filogenéticos foram conduzidos para testar a homogeneidade das duas ordens. Neste sentido, Bakker *et al.* (1994) demonstraram que nenhuma das duas ordens é monofilética não

existindo base para o reconhecimento independente de ambas. Este estudo filogenético também revelou a formação de dois grandes clados dentro do grupo, um constituído basicamente por membros tropicais (composto por siphonocladáceas e espécies de *Cladophora*) e outro composto por espécies de *Cladophora* de clima temperado. Adicionalmente, Hanyuda *et al.* (2002) mostraram resultados semelhantes aos de Bakker *et al.* (1994), porém, revelaram a presença de mais um clado dentro do grupo, formado por gêneros marinhos e de água doce com arquitetura simples (como *Cladophora* e *Pithophora* por exemplo).

Os problemas encontrados na sistemática da ordem Cladophorales são ainda maiores quando se trata da classificação em famílias. Dependendo do autor que seja considerado, a ordem contém um número variado de famílias. Em geral, todos os gêneros de Cladophorales de água doce são classificados dentro da família Cladophoraceae (Bourrelly 1972, Starmach 1972, Silva 1982). Entretanto, Fritsch (1948) propôs uma família a parte para abrigar *Arnoldiella conchophila* Miller, uma espécie com construção do talo heterotríqueo. Na família Arnoldiellaceae também foram inseridos outros gêneros com a mesma construção do talo, como *Dermatophyton* e *Basicladia*.

Embora dados ultraestruturais tenham demonstrado ser úteis nos níveis acima de ordem, eles não tem sido suficientes para resolver diferenças entre táxons de níveis inferiores. Isto se deve, pelo fato de que, virtualmente, todos os menores níveis de classificação destas algas são baseados nas similaridades morfológicas com poucas considerações dadas a convergência e ao paralelismo (Olsen-Stojkovich *et al.* 1986). Os maiores problemas taxonômicos de baixos níveis dentro da ordem Cladophorales estão relacionados ao gênero *Cladophora*, o qual não cumpre o requerimento que todas as espécies do mesmo gênero deveriam ser mais intimamente relacionadas entre si do que com qualquer outra espécie de outro gênero. Segundo van den Hoek (1984), as duas possíveis soluções para o problema da má delimitação de *Cladophora* seria fundir todas as espécies de Cladophorales em um único gênero ou elevar todas as seções à gênero. Porém, ambas as soluções são insatisfatórias. A primeira porque um número distinto de gêneros seria submerso em uma matriz amorfa e a segunda porque as seções de *Cladophora* não são bem delimitadas, formando um contínuo morfológico. Assim, a proposta do autor foi manter a organização tradicional, o que foi aceito pelos trabalhos taxonômicos posteriores.

Ainda no contexto de níveis inferiores, surgiram propostas de algumas ferramentas complementares para auxiliar a sistemática. Dados moleculares poderiam estabelecer uma linha complementar de evidência que permitiria uma melhor avaliação das hipóteses de

relações filogenéticas construídas a partir, unicamente, de estudos morfológicos, além de possibilitar a formulação de novas hipóteses fora do pensamento corrente (Olsen-Stojkovich *et al.* 1986). Um exemplo da relevância desta ferramenta é o trabalho de Bakker *et al.* (1994), que utilizaram o marcador molecular 18S rRNA na tentativa de entender as relações dentro do complexo-*Cladophora*. Dentro desta perspectiva, a sistemática molecular aparece como uma linha complementar de evidência, permitindo que melhores escolhas sejam feitas a partir de dados morfológicos.

Outras importantes contribuições podem ser relacionadas utilizando diferentes ferramentas na tentativa de buscar discernimento acerca da sistemática de níveis inferiores, como é o caso do trabalho de Olsen-Stojkovich *et al.* (1986), que utilizaram dados de distância imunológica e, Leliaert & Coppejans (2004) que investigaram a utilização de inclusões cristalinas, as quais são comumente encontradas em representantes desta ordem.

Estudos com Cladophorales de águas continentais são escassos, sendo que a maioria deles foi realizado na Europa, com o gênero *Cladophora*. Entre os estudos taxonômicos mais importantes destacam-se: Rabenhorst (1868), incluindo espécies marinhas e de água doce de *Chaetomorpha*, *Cladophora* e *Rhizoclonium* da Europa; Brand (1899, 1902, 1906, 1909, 1913), com somente espécies de água doce de *Cladophora* e *Rhizoclonium* da Alemanha e Collins (1909), com Cladophorales marinhas e continentais da América do Norte. No entanto, a maior contribuição taxonômica para o gênero *Cladophora* foi produzida por van den Hoek (1963). Neste trabalho o autor revisou as espécies marinhas e de água doce da Europa e suas considerações revolucionaram a taxonomia do gênero, de modo que, muitas delas são válidas até hoje, apesar de algumas controvérsias (Parodi & Cáceres 1991).

1.1.2 Características morfológicas vegetativas e reprodutivas

Segundo van den Hoek (1984) e van den Hoek *et al.* (1995, como Cladophorophyceae), entre as características que definem as Cladophorales destacam-se: a) nível organizacional sifonocladoso, ou seja, filamentos unisseriados, ramificados ou não, compostos de células multinucleadas; b) células contendo numerosos cloroplastos discóides angulares, unidos em um retículo parietal, podendo estender dentro de uma malha interna, os quais possuem tilacóides firmemente comprimidos; c) muitos cloroplastos contêm um pirenóide bilenticular que é dividido em dois hemisférios por um tilacóide simples, sendo que cada hemisfério é coberto por grão de amido em forma de vaso; d) celulose do tipo I altamente cristalina, formando numerosas lamelas de microfibrilas em um padrão fibrilar cruzado, como o principal polissacarídeo de parede; e) ciclo de vida das espécies com reprodução sexual

isomórfico diplohaplôntico com gametófitos produzindo isogametas biflagelados (ou anisogametas levemente diferenciados) e esporófitos produzindo meiosporos quadriflagelados; f) células reprodutivas tendo corpos basais com a configuração 11 horas-5 horas exibindo uma distinta sobreposição e; g) mitose fechada enquanto o núcleo na telófase tem uma característica forma de alteres.

1.1.3 Caracteres de importância taxonômica

Nas Cladophorales não são encontradas estruturas complexas de reprodução e não há diferenciação entre estruturas de reprodução masculinas e femininas. Por esta razão, os marcadores taxonômicos específicos mais amplamente utilizados são relacionados à forma das estruturas vegetativas, tais como os cenócitos (basais, do eixo e apicais) e os diversos caracteres relacionados às ramificações. Neste contexto, os zoodângios e acinetos representam as únicas estruturas reprodutivas de importância taxonômica.

A descrição dos principais caracteres utilizados na taxonomia genérica e específica de Cladophorales de água doce é apresentada a seguir, com base no estudo de Castillo (1997).

A maioria das Cladophorales apresenta um talo filamentosso ereto, o qual pode ser simples ou ramificado, geralmente com arquitetura monopodial, ou seja, com eixo principal, mas podendo ter uma arquitetura simpodial, com vários eixos. Em alguns casos o eixo pode ocorrer sobre o substrato como um estolão e sobre o qual surgem eixos eretos. Nos membros da família Arnordelliaceae, a construção do talo é heterotríquea com uma parte prostrada pseudofilamentosa bem desenvolvida e outra ereta.

A ramificação é a principal característica diagnóstica para diferenciar os gêneros de Cladophorales, apesar de ser uma característica muito variável dentro do grupo. Nas espécies com talo heterotrico, a ramificação pode ser restrita a porção prostrada do talo ou somente no cenócito basal. Em alguns gêneros como *Chaetomorpha*, os ramos são ausentes, enquanto em outros como *Rhizoclonium*, somente há a presença de ramificação na formação de estruturas de fixação. Nas espécies ramificadas a disposição dos ramos pode ocorrer como alterna, oposta, seriada ou verticilada. Uma análise mais detalhada das ramificações permite observar a existência de vários tipos de caracteres taxonômicos derivados, como o local e ângulo de inserção dos ramos e a posição dos septos que dividem o eixo do ramo. A inserção dos ramos ocorre, freqüentemente, em posição apical, mas podem também ocorrer subterminal e até basal, no caso de inversão de polaridade. Dependendo do ângulo de inserção do ramo em relação ao eixo, este pode ser lateral ou apical. Quando apical podem formar pseudodicotomias que são conhecidas como evecções. A posição das evecções na planta e as

eventuais fusões destas com os cenócitos do eixo possuem também um grande valor taxonômico. Em relação ao septo transversal que separa o ramo do eixo, eles podem, além da posição normal, ocorrer deslocados e até ausentes em alguns casos.

Outra estrutura de grande importância taxonômica nas Cladophorales é o órgão de fixação, o qual apresenta uma grande diversidade dentro da ordem. Estes órgãos são classificados em dois grandes grupos, sendo, os primários aqueles que se originam do pólo anterior do esporo germinado e fixo ao substrato e, os secundários aqueles que provêm de qualquer outra célula do eixo acima da basal. O tipo de órgão de fixação primário mais típico é o discoidal que, quando espessado pode ser denominado dermóide. Um conjunto de dermóides pode formar uma estrutura denominada sola membranosa. Também podem ocorrer tipos simples de órgãos de fixação denominados rizóides cenocíticos simples, ou mais complexos como os hápteros e os filamentosos ramificados. Entre os tipos de órgãos de fixação secundários o mais comum é do tipo filamentoso, porém podem ocorrer outros tipos como os discos hapteróides formados no ápice através da inversão de polaridade. Em *Rhizoclonium* esses rizóides são rudimentares e são conhecidos como merocíticos.

As Cladophorales exibem células (ou cenócitos) com formas distintas entre as suas partes basal e a apical, além dos zoodângios e acinetos. Os cenócitos do eixo podem ser esféricos, quadrados, moniliformes, cilíndricos alongados e em forma de bastão. Nas espécies com construção heterotrica, as células do estrato basal podem ter forma distinta da porção ereta sendo em geral globosas ou poliédricas e às vezes sem forma definida. Os cenócitos apicais podem ser alongados com extremidades arredondadas, alongadas acuminadas, em forma de bastão, e até mesmo lanceoladas.

Os zoodângios freqüentemente são mais inchados que as células vegetativas e com paredes mais arredondadas sendo em geral moniliformes ou em forma de bastão, enquanto os gametas e zoósporos, por sua vez, são sempre mais ou menos elípticos. Os acinetos podem ser esféricos, elípticos, em forma de bastão, cilíndricos, subcilíndricos, cônicos, ovóides e obovóides.

1.1.4 Distribuição geográfica e ecologia

As Cladophorales (incluindo as Siphonocladales) compreendem 20 gêneros, muitos dos quais são confinados a latitudes tropicais e subtropicais e formam um grupo muito importante principalmente em habitats marinhos. É uma das poucas ordens de macroalgas que crescem em habitats marinhos e continentais, e seus membros tem características estruturais e fenológicas as quais se adaptam em ambos os ambientes (Skinner & Entwisle 2004).

A grande maioria das Cladophorales crescem aderidas a algum substrato (pelo menos no seu estado juvenil) que pode ser rocha, madeira, vegetação submersa ou diversos tipos de substratos artificiais. Podem ainda ser encontrados aderidos a cascos de tartarugas (substrato tratado como típico das *Basycladia*), conchas de caracóis e exoesqueletos de camarões.

Cladophorales, e *Cladophora* em especial, são extremamente abundantes em ambientes de água doce do continente da Europa, mas também são encontradas em habitats aquáticos de todos os outros continentes do planeta. Em habitats aquáticos continentais tendem a preferir águas ricas em minerais com pH maiores que 7, mas também podem ser encontrados em águas neutras a levemente ácidas, especialmente onde existem elevados níveis de sais dissolvidos (Skinner & Entwisle 2004). É provável que o aumento da eutrofização ocorrente no último século tenha favorecido uma maior distribuição do grupo.

Muitos representantes da ordem, em especial *Cladophora*, e mais raramente *Rhizoclonium* e *Pithophora* são considerados “pragas” ou “daninhas” principalmente em lagos artificiais e canais de irrigação (Graham & Wilcox 2000, Skinner & Entwisle 2004).

Os estudos ecológicos e/ou biogeográficos com Cladophorales de água doce são quase que invariavelmente dedicados ao gênero *Cladophora*. Este gênero recebe muita atenção por ter grande potencial de crescimento massivo. Neste caso, as espécies do gênero contribuem fortemente para a estrutura das comunidades bentônicas e, juntamente com suas epífitas, respondem por grande parte da produção primária, além de representarem alimentação e abrigo para muitas espécies de invertebrados e peixes (Graham & Wilcox 2000). Alguns exemplos de estudos ecológicos com *Cladophora* são apresentados a seguir: Dudley & D`Antonio (1991), avaliaram experimentalmente o efeito da textura do substrato, herbivoria e distúrbio sobre o estabelecimento destas algas. Parodi & Cáceres (1991), verificaram a relação do número de ramos com a velocidade da correnteza. Wilson *et al.* (1999), avaliaram o efeito de sedimentos suspensos sobre a biomassa e morfologia celular deste gênero. Ensminger *et al.* (2000), avaliaram o papel dos fatores ambientais nas estratégias ecológicas. Bergey *et al.* (1995), investigaram o efeito da velocidade da correnteza na arquitetura e em epífitas. Choo *et al.* (2004) avaliaram a tolerância de stress oxidativo e Agrawal & Singh (1999), analisaram a viabilidade de células vegetativas secas e a formação e germinação de estruturas reprodutivas em algas selecionadas sob estresse hídrico.

Entretanto, o estudo mais completo a respeito da ecologia de *Cladophora* foi o desenvolvido por Dodds & Gudder (1992). Este trabalho consiste de uma grande revisão de tudo que havia, até então, sido produzido sobre o gênero. Quanto aos fatores relacionados à distribuição e abundância destas algas os autores enfatizaram: 1) a preferência do gênero por

substratos duros e estáveis; 2) a habilidade para resistir a abrasão causada pela hidrodinâmica, determinada por um talo resistente e flexível e as adaptações estruturais que essas algas podem ter quando submetidas a diferentes fluxos; 3) a tolerância das espécies do gênero com relação à intensidade de luz; 4) a ligação da distribuição geográfica do gênero com zonações de temperatura e; 5) os fatores responsáveis pelo estabelecimento, os quais estão ligados a eventos de eutrofização e enriquecimento de nutrientes, principalmente de fósforo. Também foram discutidos fatores relacionados à ecologia da reprodução e propagação destas algas, os quais apesar de serem pouco conhecidos, segundo os autores, estão relacionados com temperatura, luz e limitação de nutrientes. Os mesmos autores ainda discutiram sobre a interação de espécies estabelecendo que as espécies de *Cladophora*: 1) podem ser consideradas medianas ou tardias na sucessão em águas continentais; 2) são muito epifitadas, devendo existir uma competição muito grande principalmente por luz e nutrientes com tais epífitas; 3) possuem uma relação forte com doenças (em especial fúngicas), as quais podem controlar o seu crescimento; 4) não são uma fonte de alimento preferida para herbívoros e; 5) são recorrentemente encontradas associadas com organismos fixadores de nitrogênio. Além disso, os autores ressaltaram que uma importante e complexa interação na comunidade envolvendo herbívoros, *Cladophora* e suas epífitas ocorre em ambientes lóticos. Isso sugere que estudos ecológicos seriam importantes para uma melhor compreensão da distribuição destes organismos.

Um aspecto biogeográfico interessante a respeito das Cladophoraceae, comentado por Olsen-Stojkovich *et al.* (1986), é que a preponderância de traços morfológicos simples e conservativos no grupo, a diversidade taxonômica baixa e a distribuição biogeográfica em relictos (exceto *Cladophora*) faz com que as algas pertencentes a essa família possam ser considerados como fósseis vivos.

1.1.5 O estudo de Cladophorales no Brasil

O estudo com Cladophorales no Brasil ainda é escasso. Joly (1963) descrevendo os gêneros de algas de água doce da cidade de São Paulo e arredores citou apenas o gênero *Cladophora*, afirmando que o gênero é muito escasso na flora regional.

O gênero *Basycladia* foi citado pela primeira vez no sudeste do Brasil por Semir *et al.* (1988), os quais descreveram e ilustraram a espécie *B. chelonum* vivendo em cascos de tartarugas. No trabalho de Bicudo & Menezes (2006), sobre gêneros de algas de águas continentais do Brasil, além *Cladophora* outros dois gêneros de Cladophorales foram descritos: *Pithophora* e *Rhizoclonium*. Os mesmos autores mencionaram que cinco espécies

do gênero *Cladophora* já foram encontradas no Brasil (*C. brasiliana*, *C. cornea*, *C. fracta*, *C. glomerata* e *C. mollis*). Neste mesmo trabalho, os autores comentaram que oito espécies do gênero *Rhizoclonium* já foram identificadas a partir de material brasileiro (*R. africanum*, *R. antillarum*, *R. hieroglyphicum*, *R. hookeri*, *R. keneri*, *R. riparium*, *R. spongiosum* e *R. tortuosum*), porém, apenas as espécies encontradas no Rio de Janeiro podem ser identificadas, a partir do trabalho de Pedrini *et al.* (1997). O gênero *Pithophora* só foi registrado uma vez no Brasil no trabalho de Schmidle (1901), a partir de material proveniente de Cuiabá (MT), mas não há ilustração ou descrição das plantas.

1.1.6 Cladophorales no Sul do Brasil

Basicladia

Descrição do gênero *Basicladia* Hoffman *et* Tilden

Talo com construção heterotrica, geralmente de cor verde escura. Estrato basal do tipo sola celular, formado por um conjunto de filamentos rasteiros, ramificados, constituídos por células poliédricas, globosas ou irregulares, com paredes grossas que freqüentemente se aderem entre si formando um estrato pseudo-parenquimatoso a partir do qual surgem numerosos eixos eretos e rígidos. Os filamentos eretos em geral possuem ramificações somente no cenócito basal, mas podem ser abundantemente ramificados em todo o eixo, ou ainda, não possuir ramos. Os ramos são inseridos lateralmente no pólo apical do cenócito, porém devido a ocorrência de fusões basais podem sofrer transvecções ou semitransvecções. Em algumas espécies ocorre a inversão de polaridade com a célula apical do eixo ou os ramos transformados em rizóides. O cenócito basal é em geral muito diferenciado dos cenócitos do eixo, na maioria dos casos sendo maior e em forma de bastão, com projeções lobadas na base. Cada cenócito contém numerosos núcleos, um cloroplasto parietal reticulado e uma parede grossa e estratificada. As partes apicais do talo se transformam em cadeias de zoodângios moniliformes. Os zoodângios possuem um ou mais poros, localizados na região mediana, por onde liberam as células reprodutivas.

Comentários taxonômicos:

O gênero *Basicladia* foi descrito por Hoffman & Tilden (1930) a partir da recombinação de *Chaetomorpha chelonum* Collins, e da descrição de *B. crassa* (espécie tipo), ambas ocorrendo na América do Norte. Duas décadas depois, Smith (1950) recombinau

Chaetomorpha sinensis Gardner para o gênero *Basicladia* e, alguns anos depois Ducker (1958) descreveu *B. ramulosa* para a Austrália, enquanto Normandin & Taft (1959) descreveram *B. vivipara* para a América do Norte. Exceto por *B. vivipara*, a qual foi descrita a partir de material coletado em conchas de caramujo, todas as espécies dessas espécies tinham sido descritas ocorrendo em cascos de tartaruga, um hábito peculiar que foi extensamente utilizado na caracterização do gênero.

Mais tarde, van den Hoek (1963) descreveu duas espécies litofíticas de Cladophorales que tinham morfologia semelhante a *Basicladia*. Entretanto, o autor não reconheceu o estrato basal como marcador suficiente na delimitação do gênero *Basicladia* e optou por incluir ambas as espécies no gênero *Cladophora*, *C. okamurai* (Üeda) Hoek e *C. kosterae* Hoek. Com ponto de vista contrário ao de van den Hoek (1963), Ducker (1958), Bourrely (1972), Dillard (1989) e Castillo (1997) continuaram afirmando o valor taxonômico do estrato basal e, consequentemente, reconhecendo *Basicladia* como um gênero distinto e válido.

No capítulo mais recente desta história, Garbary (2010) se propôs a resolver esse problema e, com base na morfologia e em evidências moleculares apresentadas por Yoshii *et al.* (2004), recombinau as duas espécies propostas por van den Hoek (1963) para o gênero *Basicladia*, designando-as, *B. okamurae* (S. Ueda) Garbary e *B. kosterae* (C. Hoek) Garbary. No mesmo trabalho, o autor reafirmou *Basicladia* como um gênero válido, indicando como determinante para o seu posicionamento a condição heterotrica do talo, onde a porção basal cria uma condição específica para a associação primária com o casco de tartarugas, apesar da ocorrência em outros tipos de substrato. Os dados ultraestruturais de *B. chelonum* avaliados por Mrozinska *et al.* (2009) sustentam a proposta de Garbary (2010). Neste trabalho, os autores mencionam que a estrutura dos pirenóides de *Basicladia* difere substancialmente da encontrada em *Cladophora*.

Atualmente são reconhecidas sete espécies no gênero. Castillo (1997) propôs uma espécie nova para o México, *B. huichihuayana*, porém, a descrição da espécie ainda não foi formalmente publicada (Castillo *com. pess.*) e, portanto, ainda não se trata de uma espécie válida de acordo com o Código Internacional de Nomenclatura Botânica e, por isso, não foi considerada no presente trabalho.

***Basicladia* sp. nov.** Figuras 1-14

Talo com construção heterotrica, geralmente de cor verde escura, estrato prostrado evidente e estrato ereto denso ou escasso com evidente epifitismo de cianobactérias e diatomáceas. Estrato basal do tipo sola celular, formado por um conjunto de filamentos

rasteiros, ramificados, constituídos por células globosas, irregulares e com paredes grossas, que frequentemente se aderem entre si, formando um estrato pseudoparenquimatoso ou às vezes estolões, compr. (16-) 22,1-88,6 μm ($\bar{x} = 49,0 \pm 12,5$), larg. (14,1-) 16,5-63,2 (-68,7) μm ($\bar{x} = 37,9 \pm 9,3$), RC/L 0,6-2,6 ($\bar{x} = 1,3 \pm 0,3$), em alguns casos as células apresentam projeções formando rizóides para fixação. Filamentos eretos curtos com 13-49 (-94) células, 730-3386 μm ($\bar{x} = 1743 \pm 747$). Cenócito basal diferenciado com forma cilíndrica ou em bastão, compr. 45,9-121,8 (-198,5) μm ($\bar{x} = 75,0 \pm 22,1$), larg. 18,9-46,2 μm ($\bar{x} = 29,9 \pm 5,5$), RC/L 1,5-5,0 ($\bar{x} = 2,6 \pm 0,7$). Diâmetro da parede do cenócito basal com 2,0-6,6 μm ($\bar{x} = 3,7 \pm 1,0$). Cenócitos do eixo, compr. (30,4-) 34,6-131,5 μm ($\bar{x} = 64,0 \pm 16,3$), larg. 56,8-176,0 μm ($\bar{x} = 105,1 \pm 25,1$), RC/L 0,3-1,3 (0,6 \pm 0,2), constrictos nos septos (1,7-) 3,2-24,6 % ($\bar{x} = 11,6 \pm 4,8$). Cenócitos apicais cilíndricas ou acuminadas compr. 35,7-102,5 (-124,3) μm ($\bar{x} = 75,0 \pm 15,9$), larg. (34,8-) 40,4-81,8 (-98,0) μm ($\bar{x} = 61,1 \pm 13,9$), RC/L (0,7-) 0,8-2,2 ($\bar{x} = 1,3 \pm 0,3$). Ramos presentes na maioria das plantas e em quase todas as populações, ocorrendo geralmente no cenócito basal e comum até a terceira, podendo ocorrer até a quinta ou sexta em raros casos, inserção no cenócito subterminal ao mediano, saindo lateralmente em somente um dos lados e raramente dicotomicamente. Zoodângios em cadeias e não diferenciados das outras células do eixo, compr. 32,4-106,9 μm ($\bar{x} = 62,4 \pm 15,2$), larg. 46,6-157,7 μm ($\bar{x} = 104,2 \pm 25,5$), RC/L 0,4-1,1 (-1,5) ($\bar{x} = 0,6 \pm 0,2$), grande maioria vazios, poro único localizado na porção mediana do cenócito, 10-20 μm . Zoósporos observados em poucas populações, diâm. 5,6-11,0 μm ($\bar{x} = 10,5 \pm 3,2$).

Comentários taxonômicos:

A Tabela 01 apresenta as características diagnósticas das espécies válidas de *Basycladia* no mundo comparando com as encontradas em *B. sp. nov.*

A amplitude dos caracteres taxonômicos manteve-se relativamente estável nas diferentes populações desta espécie, mesmo sendo as amostras originadas de regiões muito distintas (Rio Grande do Sul e Paraná) e ocorrendo em diferentes condições ambientais. Na descrição original do gênero *Basycladia* feita por Hoffmann & Tilden (1930), os autores enfatizaram que as células basais são muito longas e os cenócitos gradualmente se tornam mais curtos e mais largos no sentido base-ápice com formação de zoodângios na região apical. As características de *B. sp. nov.* concordam com esta descrição, porém o comprimento do cenócito basal não diferiu substancialmente dos cenócitos do eixo.

Os espécimes encontrados no presente estudo diferem das espécies *B. chelonum* e de *B. vivipara* por possuírem larguras dos cenócitos do eixo muito superiores. Diferem também das outras espécies do gênero por possuírem tamanho total das plantas invariavelmente menores (no máximo 3,5 mm). Além disso, *B. sp. nov.* possui poucos ramos simples enquanto *B. ramulosa* e *B. kosterae* têm muitos ramos, podendo ser até bi ou trifurcados. Além disso, o cenócito basal é sempre curto (menor que 200 µm) enquanto em *B. crassa*, *B. okamurae* e *B. kosterae* os mesmos apresentam valores muito superiores (maiores que 500 µm). Portanto, esses conjuntos de caracteres sustentam o material como um novo registro para a ciência.

Um estudo filogenético baseado em dados moleculares é fortemente recomendado para o conhecimento do gênero *Basicladia* e suas relações com outras Cladophorales.

Distribuição no mundo e no Brasil:

Novo registro para a ciência.

Ocorrência no Sul do Brasil:

Pontos de amostragem: 24, 31, 70, 71, 72, 69. PARANÁ: Foz do Iguaçu, Parque Nacional do Iguaçu, junção do rio Apepó com Apepozinho, 25°32'03"S, 54°18'08"W, alt. 194m, 30.iv.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29754; *idem*, riacho sem denominação, 25°09'38"S, 53°49'44"W, alt. 476m, 02.v.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29760; RIO GRANDE DO SUL: Derrubadas, Parque Estadual Florestal do Turvo, Rio Calisto, 27°13'49"S, 53°54'92"W, alt. 217m, 17.viii.2007, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29739; *idem*, rio Bonifácio, 27°12'24"S, 53°50'01"W, alt. 220m, 18.viii.2007, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29740; *idem*, rio Tigre, 27°12'25"S, 53°50'02"W, alt. 227m, 18.viii.2007, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29741; *idem*, riacho sem denominação, 27°11'57"S, 53°49'31"W, alt. 220m, 18.viii.2007, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29742.

Cladophora

Descrição do gênero *Cladophora* Kützing

Talo filamentoso unisseriado, muito ou escassamente ramificado, aderidas ao substrato, pelo menos na fase juvenil, por meio de órgãos de fixação primários e/ou secundários de tipos variados. Os primários geralmente são rizóides filamentosos, septados e ramificados, porém algumas espécies apresentam um disco aderente, ou então um dermóide que quando agregado pode coalescer formando uma sola membranosa. O crescimento do talo

pode ocorrer tanto por divisão apical quanto intercalar e a sua organização pode ser acropetálica, acrópeta modificada ou irregular, ocorrendo formas de crescimento semelhante a arbustos, longos talos filamentosos assemelhando-se a cordas, crescimentos gregários em céspedes ou aegagropilas ou ainda emaranhados de filamentos livre flutuantes ou sobre o solo úmido. Os ramos surgem geralmente no pólo apical de uma célula, mais raramente de maneira subterminal, podendo chegar a surgir até cinco ramos no pólo apical de uma mesma célula. Os ramos se dispõem de maneira alterna (ou serial), oposta ou unilateral. A inserção dos mesmos pode ser lateral ou apical dependendo das espécies e, freqüentemente, ocorre o fenômeno de evecção produzindo pseudodicotomias e, às vezes também fusões basais. Em algumas espécies ocorre a evecção dislocativa, que provoca a formação de filamentos com ramificação bostricóide. Os cenócitos do eixo apresentam formas variadas, geralmente cilíndricas alongadas, às vezes em forma de bastão, onde o pólo apical é muito mais dilatado. Em algumas espécies, os cenócitos do eixo e ramos são bem mais curtos, quadrados ou moniliformes. Sob condições desfavoráveis é comum que os cenócitos de qualquer parte do talo se transformem em acinetos ou células latentes. Freqüentemente, se reproduzem vegetativamente mediante a fragmentação do talo. A reprodução sexual ocorre por alternância de gerações, com zoóides geralmente piriformes, meiosporos tetraflagelados e isogametas biflagelados. Os zoodângios se apresentam formando cadeias nas partes terminais do talo e geralmente são precedidos por um intenso crescimento intercalar nos ápices, freqüentemente são mais largos que as células vegetativas e chegam a apresentar forma de bastão com um poro apical. Algumas espécies têm zoodângios moniliformes com um a três poros situados próximo da região mediana.

Comentários taxonômicos:

O gênero *Cladophora* tem sido tradicionalmente reconhecido como um conjunto heterogêneo de espécies, sendo a ramificação a única característica diagnóstica que compartilham entre si. Por esta razão, o gênero tem sido, há muito tempo, subdividido em seções, classificadas a partir dos seguintes caracteres: construção do talo, tipos dos órgãos de fixação, grau de ramificação, forma de inserção dos ramos, forma e proporção das células vegetativas e tipos de zoodângios. Dentro de cada seção as espécies são diferenciadas pelas suas dimensões celulares, tipo de reprodução e ambiente no qual ocorrem.

Cladophora sterrocladia Skuja, Figuras 15-21

Nova Acta R. Soc. Sc. Upsal., Ser. 4, 14 (15): 94. pl. XXXVI: figs. 1-7, 1949.

Sinônimos: nenhum encontrado

Talo de cor verde escuro, formando céspides estendidos sobre o substrato formados por filamentos rígidos de tamanho homogêneo, com organização acrópeta pouco ou muito modificada e com ramos de distintas idades entremeadas ao longo do eixo. A fixação ocorre tanto por rizóides primários como adventícios surgindo, inclusive, na porção distal do talo, que geralmente coalescem formando uma sola membranosa comum. Talos escassamente ramificados com somente ramos primários, unicelulares, alongados e comumente unilaterais. Ramos laterais inseridos no pólo apical ou ligeiramente subterminais, ocorrendo às vezes, na região média ou na base, quando ocorre a inversão de polaridade. Septo de separação dos ramos em posição vertical ou muito inclinado, podendo ocorrer evicção em alguns casos. Cenócito basal geralmente diferenciado, mais curto que as demais células e em forma de bastão, compr. (95,4-) 126,1-432,3 (-861,4) μm ($\bar{x} = 255,6 \pm 196,4$), larg. (30,3-) 40,5-71,3 (-88,0) μm ($\bar{x} = 57,5 \pm 14,3$), RC/L (1,6-) 2,3-7,5 (-13,5) μm ($\bar{x} = 4,4 \pm 3,0$), diâm parede 5,3-9,6 (-15,2) μm ($\bar{x} = 7,9 \pm 3,0$). Cenócitos do eixo cilíndricos, raramente com a parte mediana ligeiramente inchada, compr. 284,4-1263,3 μm ($\bar{x} = 576,0 \pm 171,1$), larg. 61,0-137,7 μm ($\bar{x} = 89,9 \pm 13,9$), RC/L 2,8-13,5 μm ($\bar{x} = 6,5 \pm 1,8$), diâm. parede 7,0-18,5 μm ($\bar{x} = 11,1 \pm 2,6$). Cenócitos apicais geralmente bem mais compridos que os do eixo, compr. 778,0-2045,3 (-2413,0) μm ($\bar{x} = 1417,4 \pm 304,3$), larg. 62,6-109,9 μm ($\bar{x} = 87,5 \pm 10,7$), RC/L 7,9-23,8 (-28,9) μm ($\bar{x} = 16,4 \pm 3,8$), diâm. parede 6,4-14,8 μm ($\bar{x} = 9,4 \pm 3,0$). Zoodângios não observados em nenhuma das populações.

Comentários taxonômicos:

As características qualitativas do talo, principalmente o padrão de ramificação e os rizóides adventícios formando hápteros correspondem perfeitamente à descrição de *C. sterrocladia*. Pequenas diferenças entre o material estudado e a descrição original nas dimensões dos cenócitos podem ser reconhecidas, mas não são suficientes para alterar a identificação taxonômica da mesma. De acordo com Castillo (1997), *C. sterrocladia* se assemelha muito a *C. aegagropila*, sendo inclusive sugerido por van den Hoek serem tratadas como sinônimos. Porém, segundo Castillo (1997) em *C. aegagropila* os talos se aderem praticamente só por rizóides adventícios, de forma que rizóides primários são reduzidos ou até ausentes, enquanto que em *C. sterrocladia* o rizóide primário tem um papel essencial na fixação da alga. Desta forma, a espécie é também reconhecida no presente trabalho.

Distribuição no mundo:

Europa e América do Norte.

Distribuição no Brasil:

Primeiro registro da espécie no Brasil.

Ocorrência no Sul do Brasil:

Pontos de amostragem: 68, 76, 77, 78. SANTA CATARINA: Concórdia, Parque Estadual Fritz Plaumann, riacho sem denominação, 27°16'33"S, 52°06'42"W, alt. 374m, 20.viii.2007, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29721; *idem*, riacho sem denominação, 27°16'57"S, 52°07'18"W, alt. 411m, 20.viii.2007, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29722; RIO GRANDE DO SUL: Derrubadas, Parque Estadual Florestal do Turvo, salto Yucumã, 27°08'27"S, 53°52'57"W, alt. 260m, 16.viii.2007, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29733; *idem*, rio Fábio, 27°16'32"S, 54°00'56"W, alt. 387m, 17.viii.2007, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29735.

1.1.7 Distribuição ambiental e considerações biogeográficas das Cladophorales no Sul do Brasil

As duas espécies de Cladophorales registradas no presente estudo foram encontradas em condições ambientais muito semelhantes entre si e também àquelas registradas para os riachos da região Sul do Brasil como um todo (Figura 22). Entretanto, *Cladophora sterrocladia* caracterizou-se por ocorrer em ambientes com maiores valores de condutividade específica e oxigênio dissolvido do que *Basicladia* sp.

Castillo (1997) apresentou um resumo das condições ambientais de ocorrência típica de *Cladophora sterrocladia* no México, incluindo: temperatura entre 20,8 a 29,5 °C; pH entre 6,5 a 7,8; velocidade da correnteza de nula a alta e luminosidade categorizada como baixa a média intensidades. No presente estudo esta espécie foi encontrada em valores de pH semelhantes aos referidos por Castillo (1997) (entre 6,2 a 7,0), a velocidade também variou de muito baixa a alta (entre 5 a 98 cm.s⁻¹) e o grau de cobertura do dossel, uma medida indireta da quantidade de luminosidade disponível no ambiente, variou de parcialmente sombreado a sombreado, sem nunca ter ocorrido em pontos de amostragem totalmente expostos à luz. Porém, as populações do presente estudo foram encontradas em temperaturas inferiores (entre 14,5 a 19,8 °C) àquelas apresentadas como típicas por Castillo (1997), demonstrando que a espécie pode ter uma distribuição geográfica mais ampla do que a reportada pela autora.

A espécie de *Basicladia* se trata de uma espécie nova, o que impossibilita uma análise comparativa com outros registros. Um aspecto relevante da ecologia do gênero é o de todas as espécies terem sido descritas a partir de plantas epizoárias sobre cascos de tartarugas ou caramujos. Diante disso, Proctor (1958) demonstrou que certas características destas algas são estreitamente relacionadas à estrutura do casco das tartarugas, de modo que as espécies de *Basicladia* parecem ser incapazes de competir por outro substrato com outras algas litofíticas. Dentro dessa mesma perspectiva, Normandin & Taft (1959) comentaram que as espécies cultivadas fora do seu habitat específico não se desenvolviam bem e poderiam perder algumas das suas características originais.

No presente estudo, onde apenas substratos fixos foram analisados, a espécie de *Basicladia* foi coletada invariavelmente em substratos rochosos. Entretanto, um fato curioso foi a presença da alga somente em riachos com baixas profundidades e a sua localização principalmente nas margens dos riachos. Provavelmente, a oscilação do nível da água nas margens destes ambientes, propicia o estabelecimento de uma condição anfíbia, semelhante aquela possibilitada pela condição epizoária. Assim, embora os substratos registrados para *B.* sp. nov. sejam completamente diferentes daqueles reportados para as demais espécies do gênero, a condição anfíbia em que ela foi encontrada é absolutamente a mesma. Tal condição, independentemente do tipo de substrato, é que pode ser o fator principal da ocorrência das espécies do gênero e não o seu caráter epizoário.

1.2 CHAETOPHORALES

1.2.1 Introdução histórica, taxonomia e sistemática de Chaetophorales

As algas hoje pertencentes às Chaetophorales, assim como outras algas filamentosas, foram inicialmente classificadas sob a denominação de *Conferva* L. As primeiras citações de representantes de algas quetoforáceas foram descritas por Agardh (1824) e Kützing (1843, 1849) para caracterizar clorófitas filamentosas, ramificadas ou não, em geral com um cloroplasto parietal em cada célula.

Com relação ao posicionamento ordinal, Agardh (1824) agrupava essas algas nas ordens em Nostochinae e Confervoideae, enquanto Kützing (1843) as colocava nas ordens Eremospermeae e Cryptospermeae. De Toni (1888, 1889) distribuiu as algas que atualmente se encontram nesta família em seis e cinco famílias, respectivamente, sob a ordem Confervoideae. Praticamente na mesma época, Borzi (1895) criou a ordem Ulotrichales (denominando Ulothrichiales) para agrupar algas verdes, isogâmicas, multicelulares, com

cloroplastos geralmente parietais e pirenóides amilíferos centrais e, dentro deste grupo, incluiu a família Chaetophoraceae com as tribos Chaetopelteae, Acrochaeteeae e Chaetophorae. Somente alguns anos mais tarde, Wille (1901) fundou a ordem Chaetophorales para agrupar as algas verdes filamentosas ou parenquimatosas, ramificadas ou não, que possuíam geralmente um único cloroplasto em cada uma das suas células frequentemente uninucleadas.

Como demonstrado por Sarma (1986), no século XX três tendências distintas podem ser reportadas considerando a disposição dos membros das algas quetoforáceas: 1) a junção da ordem Chaetophorales com Ulotrichales (Bohlin 1901, Blackman & Tansley 1902, Oltmanns 1904, Heering 1914, West 1916, Papenfuss 1955, Smith 1950, Forest 1956, Christensen 1962, Silva 1963, Khan 1970); 2) o tratamento de Chaetophorales como uma ordem autônoma (Printz 1927, 1964, West & Fritsch 1927, Fritsch 1948, Iyengar 1951, Prescott 1951, Desikachary 1958, Chapman 1962, Round 1963, Chapman & Chapman 1973) e; 3) a fragmentação da ordem Chaetophorales, com a segregação das ordens Coleochaetales, Trentepohliales, Pleurococcales e Ulotrichales (incluindo as Chaetophorales) como proposto por Chadeaud (1960), ou com a segregação de Chlorosarcinales como sugerido por Bourrelly (1966, 1972), ou ainda a proposta de inclusão das Coleochaetales dentro da classe Charophyceae como apresentado por Stewart & Mattox (1975).

Sarma (1986) ofereceu um ponto de vista muito interessante acerca desta discussão sistemática, comentando que não existiam, até aquela data, dois trabalhos sobre o grupo que usassem o mesmo sistema de classificação. Diante disso, ele não propôs nenhum sistema novo, optando por utilizar Chaetophorales *sensu* Fritsch (1948) e a disposição das famílias e gêneros de acordo com Bourrelly (1966).

A monografia das Chaetophorales da Nova Zelândia apresentada por Sarma (1986) se trata de um dos mais importantes trabalhos envolvendo a ordem até o presente momento. No referido trabalho, foram estudadas 1600 populações perfazendo um total de 83 táxons infragenéricos (72 espécies e 11 variedades/formas), pertencendo a 26 gêneros e, entre eles, 13 novos registros para a ciência. Ainda com respeito ao conhecimento do grupo, destacam-se as monografias de Hazen (1902) para os Estados Unidos e Heering (1914) para a Europa, além dos trabalhos de Printz (1964) e Tupa (1974) e, um estudo florístico desenvolvido por Starmach (1972).

Os sistemas de classificação atuais tendem a aceitar a ordem Chaetophorales como válida (Melkonian 1990, Reviers 2006, Guiry & Guiry 2010), com algumas mudanças em comparação com os sistemas mais antigos. As principais mudanças são referentes a

transferência de alguns grupos para as estreptoficófitas ou para as Microthamniales (Trebouxiophyceae). Reviere (2006) enfatizou que, dentre as Chlorophyceae *sensu stricto*, as Chaetophorales representam o grupo com o mais alto nível de organização do talo.

1.2.2 Características morfológicas vegetativas e reprodutivas

De acordo com Silva (1982), as características para reconhecer a ordem Chaetophorales são: a) fuso interzonal que colapsa na telófase resultando em um núcleo remanescente em íntima justaposição; b) a citocinese na divisão da célula vegetativa é realizada por uma placa celular na presença de um ficoplasto; c) centríolos permanecem no lado do núcleo no plano oposto da citocinese; d) plasmodesmas presentes; e) células móveis com corpos basais associados com uma ou mais faixas relativamente estreitas de microtúbulos, com dois a vários flagelos apicalmente inseridos; f) talo filamentosos, unisseriado ou mais raramente parenquimatoso, ocasionalmente formado por pacotes sarcinóides de pequenas células; g) células uninucleadas, com um único cloroplasto laminado parietal e pirenóides inteiros ou perfurados por tilacóides; h) pêlos presentes ou ausentes, uni ou multicelulares; i) zoósporos com 2 ou 4 flagelos inseridos anteriormente e; j) reprodução sexual por iso, aniso ou heterogametas os quais são bi ou quadriflagelados.

1.2.3 Caracteres de importância taxonômica

A distribuição dos gêneros dentro da família Chaetophoraceae segue, ainda hoje, um tratamento taxonômico quase totalmente fundamentado nas características morfológicas das plantas (Branco 1999). John (1984) comentou que nas Chaetophorales, diferente dos demais grupos de algas verdes, a delimitação das famílias, gêneros e espécies baseia-se mais nas características vegetativas do que nas reprodutivas, uma vez que, neste grupo os processos reprodutivos são relativamente pouco especializados e tem exibido pequena variação nos táxons que foram investigados. O mesmo autor ainda reconhece que estes critérios morfológicos utilizados na classificação são muito variáveis. Entre os caracteres considerados relevantes por John (1984) pode-se destacar: o tipo de organização do talo, incluindo as diferenças observadas na condição heterotrica; a presença ou ausência de pêlos e setas; informações citológicas (tipo de cloroplastos, presença de pirenóides e número e morfologia dos cromossomos); características da bainha mucilaginosa extracelular; zoosporogênese e mecanismo de liberação dos zoósporos; características dos zoósporos; presença de acinetos, número de flagelos dos gametas e zoósporos; características ecológicas como o tipo de habitat e substrato e; características morfológicas observadas em meios de cultura.

1.2.4 Distribuição geográfica e ecologia

A ordem Chaetophorales é cosmopolita ocorrendo inclusive no Ártico e no continente Antártico (Sarma 1986). A grande diversidade de formas de crescimento ocorrentes nesta ordem proporciona a ocorrência de seus representantes em uma grande diversidade de habitats (John 1984). São principalmente aquáticas de água doce, mas alguns representantes são marinhos e outros ainda podem ocorrer em habitats subaéreos, sendo que nestes ambientes aparecem como epilíticas, epizóicas, endofíticas e endozóicas (John 1984).

Os trabalhos de Francke & Ten Cate (1980), Francke (1982) e Francke & Rheborgen (1982) testando a plasticidade morfológica de espécies de *Stigeoclonium* sob diferentes níveis nutricionais sugeriram que a amplitude das variáveis ecológicas é acompanhada por uma ampla diversidade de ecótipos ou populações ecologicamente diferentes, cada uma adaptada a certas condições nutricionais da água. Rosemond & Brawley (1996) avaliaram as características ambientais explicando a persistência de *Stigeoclonium tenue* (C. Agardh) Kützing em um riacho na América do Norte e concluíram que esta espécie pode ser considerada bem adaptada a condições de intensa herbivoria e moderados valores de nutrientes e luz. Por sua vez, Gibson & Whitton (1987) testaram a influência do fósforo na morfologia e fisiologia de *Chaetophora*, *Draparnaldia* e *Stigeoclonium*, concluindo que muito cuidado deve ser tomado quando utilizados caracteres de populações cultivadas em meios de cultura na identificação de espécimes deste grupo.

1.2.5 O estudo de Chaetophorales no Brasil

Sarma (1986) considerou que as Chaetophorales do continente sul americano são pobremente conhecidas, superando, em termos de estudo, apenas o continente australiano. No Brasil, a maioria dos estudos abordando representantes das Chaetophorales foi realizada por pesquisadores estrangeiros correspondendo a levantamentos de algas em geral (Dickie 1881, Möbius 1892, Edwall 1896, Schmidle 1901, Borge 1918, 1925, Kleerekoper 1955, Prescott 1957).

Entre os estudos mais recentes realizados com o grupo no Brasil, pode-se citar Dias (1997) que investigou as algas verdes filamentosas de ambientes lênticos e lóticos da Reserva Biológica Poço das Antas, estado do Rio de Janeiro. Neste estudo, a autora registrou quatro espécies de Chaetophoraceae: *Chaetophora elegans* (Roth) C.A. Agardh, *Draparnaldia mutabilis* (Roth) Bory, *Stigeoclonium* aff. *farctum* Berthold e *Uronema gigas* Vischer. Outro

trabalho importante para o conhecimento das Chaetophorales do Brasil é o de Pereira (2004) avaliando aspectos taxonômicos e ecológicos da espécie *Schizomeris leibleinii*.

Além disso, alguns representantes das Chaetophorales, em particular as espécies dos gêneros *Chaetophora*, *Draparnaldia* e *Stigeoclonium*, são listados em vários estudos que abordaram aspectos florísticos e/ou ecológicos de comunidades de macroalgas de riachos brasileiros (Necchi & Pascoaloto 1993, Necchi *et al.* 1994, 1995, 1997, 2000, 2008, Branco & Necchi 1996a, 1996b, 1997, 1998b, Branco *et al.* 2008a, 2009b, Krupek *et al.* 2008).

Entretanto, até o presente momento a contribuição mais significativa para o conhecimento das Chaetophorales na América do Sul foi o estudo desenvolvido por Branco *et al.* (2002), que abordaram a taxonomia e aspectos ecológicos das Chaetophoraceae ocorrentes em ecossistemas lóticos do estado de São Paulo. Este estudo identificou e estudou dez espécies relacionadas aos gêneros *Chaetophora*, *Draparnaldia* e *Stigeoclonium*, sendo duas delas registradas pela primeira vez no território brasileiro (*C. tenuata* e *S. subsecundum*). Ainda, os critérios taxonômicos correntemente adotados na separação das espécies dos gêneros *Chaetophora* e *Stigeoclonium* foram revistos e novos critérios de classificação foram propostos. Dois outros trabalhos publicados pelo mesmo grupo de pesquisadores trataram outros aspectos ecológicos destas algas. O primeiro abordou a dinâmica espacial, avaliando aspectos de microhabitat e a variação morfométrica de *Stigeoclonium helveticum* e *Chaetophora elegans* (Branco & Necchi 1998a). O segundo investigou a sazonalidade das mesmas espécies e buscou compreender as variáveis envolvidas nesta dinâmica (Branco & Necchi 2003).

Na região Sul do Brasil ainda não existe nenhum trabalho enfocando a taxonomia e/ou ecologia das Chaetophorales, sendo as únicas contribuições para o grupo, os trabalhos florísticos e/ou ecológicos que descreveram algumas espécies presentes na região (Krupek *et al.* 2007, 2008, Branco *et al.* 2008a, 2008b, 2009a, 2009b, Peres *et al.* 2010).

1.2.6 Chaetophorales no Sul do Brasil

Gênero *Chaetophora*

Descrição do gênero *Chaetophora* Schrank

Filamentos densamente ramificados, partindo de uma massa de células palmelóides. Envolvido por uma matriz mucilagínosa conspícua, globosa, tuberculosa ou arbuscular, algumas vezes cartilaginosa. Ramificações mais profundas nas regiões distais da colônia,

terminando em ápice rombudo ou em um longo pêlo hialino multicelular. Cloroplastos formando uma banda parietal que, nas células mais próximas do ápice, recobre quase que completamente a parede celular, normalmente com poucos pirenóides. Zoósporos e gametas produzidos em células periféricas dos ramos laterais.

Comentários taxonômicos:

O gênero *Chaetophora* foi criado por Schrank em 1783, o qual não denominou nenhuma espécie-tipo (Hazen 1902). Somente em 1812, quanto Agardh em seu “*Dispositio Algarum Sueciae*” denominou *C. elegans* como espécie-tipo, a utilização deste gênero pode ser retomada e foi possível incluir as primeiras espécies, que até então posicionavam-se no gênero *Rivularia* Roth (Hazen 1902).

Considerando a morfologia dos filamentos, este gênero é muito semelhante ao gênero *Stigeoclonium*, sendo que a única diferença é dada pela presença invariável de uma matriz mucilaginosa bastante evidente que envolve os filamentos das espécies de *Chaetophora*. Ainda, é notável nos sistemas de classificação que atributos dessa matriz de mucilagem são muito utilizados na taxonomia infragenérica (Hazen 1902, Sarma 1986). Além da utilização das características da matriz de mucilagem, são utilizados caracteres relacionados ao sistema ereto (Hazen 1902, Printz 1964, Starmach 1972). Entretanto, ambas as características são reconhecidas por apresentarem forte resposta às condições ambientais determinando um alto grau de plasticidade e polimorfismo (Branco *et al.* 2002). Sarma (1986) constitui um dos poucos trabalhos que inclui algumas características do sistema prostrado em adição aos caracteres tradicionalmente utilizados.

No presente estudo foi levada em consideração a proposta de Branco *et al.* (2002), que sugeriu a utilização em conjunto das características das porções ereta e prostrada do talo, sendo que para a última foi levada em consideração a presença de rizóides ou células palmelóides, além da ocorrência de filamentos prostrados com ou sem ramificações. Em adição, ainda considerando Branco *et al.* (2002), foi utilizado o padrão de ramificação dos filamentos em detrimento das características da matriz mucilaginosa.

Chave artificial para identificação das espécies de *Chaetophora* de ambientes lóticos da região Sul do Brasil

1. Sistema basal composto de filamentos prostrados ramificados; filamentos eretos fasciculados no ápice *Chaetophora elegans*

1`. Sistema basal sem filamentos prostrados ramificados; filamentos eretos não fasciculados no ápice:

2. Sistema basal formado por células palmelóides; filamentos eretos frouxamente ramificados e atenuados no ápice *Chaetophora attenuata*

2`. Sistema basal formado apenas por rizóides; filamentos eretos densamente ramificados, não atenuados no ápice *Chaetophora pisiformis*

Chaetophora attenuata Hazen, Figuras 23-24

Mem. Torrey Bot. Club. 11(2): 1902.

Sinônimo: nenhum encontrado

Matriz gelatinosa globosa ou tuberculosa, coloração verde-clara, consistência firme, 0,2-1,0 cm de diâm. Filamentos eretos di ou tricotomicamente ramificados, frouxamente ramificados, não fasciculados no ápice. Ramos terminais com ápices fortemente atenuados, frequentemente setíferos. Células do sistema ereto cilíndricas, 23,5-46,9 µm de compr., 5,4-8,2 µm diâm., relação compr./diâm. 4,1-8,6. Cloroplastos formando uma banda parietal mediana nas células da região central e laminar nas células das regiões periféricas da planta, recobrando quase que totalmente a parede celular. Sistema basal formado por uma massa de células palmelóides, aproximadamente isodiamétricas, das quais partem os filamentos eretos. Rizóides presentes, surgindo das células basais ou dos ramos eretos.

Comentários taxonômicos:

O material encontrado no presente estudo está de acordo com a descrição apresentada por Branco *et al.* (2002). O material também corresponde com a descrição original (Hazen 1902), no que diz respeito a atenuação dos filamentos e a ocorrência de abundantes rizóides que se desenvolvem a partir de uma massa de células palmelóides. Assim como Branco *et al.* (2002), também não foi encontrada no material analisado uma diferença métrica nas células dessa espécie em relação as demais espécies do gênero como inicialmente proposto por Hazen (1902). De acordo com este autor, as células de *C. attenuata* seriam menores do que as de outras espécies de *Chaetophora*.

Distribuição no mundo:

América do Sul, Ásia, Austrália/Nova Zelândia.

Distribuição no Brasil:

São Paulo (Branco *et al.* 2002), Paraná (Branco *et al.* 2008a).

Ocorrência no Sul do Brasil:

Ponto de amostragem 07. PARANÁ: Teixeira Soares, Floresta Nacional de Irati, riacho localizado próximo a linha da Copel 2, 25°22'47''S, 50°35'03''W, alt. 814m, 04.ii.2006, alt. 476m, 02.v.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 28242.

Chaetophora elegans (Roth) C.A. Agardh, Figuras 25-26

Disp. Alg. Suec. 4: 42. 1812.

Basiônimo: *Rivularia elegans* Roth

Sinônimo: nenhum encontrado

Matriz gelatinosa globosa ou tuberculosa, coloração verde-clara, consistência macia, 0,1-0,5 cm de diâm. Filamentos eretos di ou tricotomicamente ramificados, frouxamente ramificados, fasciculados nas regiões próximas à periferia. Ramos terminais com ápices arredondados a pontiagudos, raramente terminando em pêlos multicelulares. Células do sistema ereto cilíndricas, raramente infladas, 39,7-116,5 µm de compr. (\bar{x} = 65,3±18,5), 6,2-10,1 µm diâm. (\bar{x} = 7,8±1,0), relação compr./diâm. 4,5-13,9 (\bar{x} = 8,5±2,3). Cloroplastos em forma de banda parietal mediana nas células da região central e laminar nas células das regiões periféricas da planta, recobrimdo quase que totalmente a parede celular. Sistema basal formado por filamentos prostrados ramificados, compostos por células cilíndricas, dos quais partem rizóides e ramos eretos. Filamentos reptantes raramente presentes.

Comentários taxonômicos:

O material encontrado no presente estudo está de acordo com a descrição apresentada por Branco *et al.* (2002). Esta espécie tem uma reconhecida plasticidade morfológica (Hazen 1902, Sarma 1986). Dias (1997) reconheceu essa plasticidade e sugeriu estudos mais aprofundados buscando avaliar a possibilidade da espécie ser um complexo de organismos. O material analisado proveniente do Sul do Brasil foi tratado segundo o conceito de Branco *et al.* (2002) que utilizou, além das informações tradicionalmente levadas em consideração, a presença de filamentos prostrados sustentando os ramos eretos.

Distribuição no mundo:

Europa, América Central, América do Sul, Ásia, Austrália/Nova Zelândia e Ilhas do Pacífico.

Distribuição no Brasil:

Goiás (Prescott 1957), Rio de Janeiro (Dias 1997), São Paulo (Necchi *et al.* 1991, 1994, 1995, 1997, Necchi & Pascoaloto 1993, Necchi & Moreira 1995, Branco & Necchi 1996a, 1997, Branco *et al.* 2002), Paraná (Krupek *et al.* 2007, Branco *et al.* 2008b, Krupek *et al.* 2008).

Ocorrência no Sul do Brasil:

Ponto amostragem 102. RIO GRANDE DO SUL: Rio Grande do Sul, Cambará do Sul, Parque Nacional de Aparados da Serra, rio Camisas, 29°10'43"S, 50°08'11"W, alt. 938m, 31.v.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29785.

Chaetophora pisiformis (Roth) Agardh, Figuras 27-29

Disp. Alg. Suec. 4: 43. 1812.

Basiônimo: *Rivularia pisiformis* Roth

Sinônimo: nenhum encontrado

Matriz gelatinosa globosa ou tuberculosa, coloração verde-clara, consistência macia, frequentemente firme, 0,2-1,0 cm de diâm. Filamentos eretos di ou tricotomicamente ramificados, frouxa a densamente ramificados, não fasciculados nas regiões próximas à periferia. Ramos terminais com ápices arredondados, raramente terminando em pêlos multicelulares. Células do sistema ereto cilíndricas, raramente infladas, 13,8-49,0 µm de compr. (\bar{x} = 25,8 ± 7,0), 7,6-17,0 µm diâm. (\bar{x} = 12,9 ± 2,3), relação compr./diâm. 1,1-3,4 (\bar{x} = 2,0 ± 0,5). Cloroplastos em forma de banda parietal mediana nas células da região central e laminar nas células das regiões periféricas da planta recobrimo quase que totalmente a parede celular. Sistema basal formado exclusivamente por rizóides que partem das células basais dos filamentos eretos e menos frequentemente de células da região mediana dos filamentos.

Comentários taxonômicos:

O material encontrado no presente estudo está de acordo com a descrição apresentada por Branco *et al.* (2002), com exceção das características morfométricas da células, as quais se mostraram mais curtas e mais largas conferindo uma relação compr./diâm. substancialmente menor (1,1-3,4 *versus* 5,4-9,2 em Branco *et al.* 2002). Porém, como

reportado por Branco (1999) as características do sistema ereto dos representantes deste gênero são muito variáveis e podem representar uma resposta às condições ambientais dos locais onde foram encontradas.

Distribuição no mundo:

Europa, América do Sul e Ásia.

Distribuição no Brasil:

Goiás (Prescott 1957), São Paulo (Branco *et al.* 2002), Paraná (Branco *et al.* 2009a, Branco *et al.* 2009b).

Ocorrência no Sul do Brasil:

Pontos de amostragem 87 e 99. RIO GRANDE DO SUL: Rio Grande do Sul, Canela, Parque Estadual do Caracol, riacho da trilha das pinguelas, 29°16'20''S, 50°50'54''W, alt. 701m, 03.vi.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29732; *idem*, Cambará do Sul, Parque Nacional da Serra Geral, riacho afluente do Segredo, 29°04'36''S, 49°59'05''W, alt. 994m, 01.vi.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29792.

Gênero *Draparnaldia*

Descrição do gênero *Draparnaldia* Bory

Talo filamentosos, coberto por uma camada de mucilagem muito macia quase fluida. Fixa ao substrato por rizóides desenvolvidos a partir das células basais. Sistema ereto consistindo de um eixo principal evidente, diferenciado dos ramos secundários, composto por grandes células doliformes, cilíndricas ou retangulares e do qual partem as ramificações. Ramos laterais de dois tipos, podendo ser iguais ao eixo principal ou formar fascículos. Células apicais rombudas ou terminadas em longos pêlos hialinos multicelulares. Cloroplasto das células do eixo principal e ramos primários formando uma banda parietal, inteira, perfurada ou reticulada, contendo muitos pirenóides. Cloroplastos das células dos ramos fasciculados formando uma camada parietal cobrindo quase que inteiramente a superfície interna da parede celular, contendo muitos pirenóides. Reprodução assexuada por meio de zoósporos quadriflagelados formados nas células dos fascículos.

Comentários taxonômicos:

O gênero *Draparnaldia* foi criado por Bory (1808) a partir de algas verdes filamentosas até então identificadas como *Conferva*. Em trabalhos posteriores o gênero sofreu muitas mudanças, incluindo a transferência de vários representantes para outros gêneros (Dias 1997).

Como afirmado por Branco (1999), a taxonomia de *Draparnaldia* tem sido muito complicada e confusa com autores divergindo profundamente nos caracteres que devem ser utilizados para separar as espécies. Se por um lado temos as propostas de Prescott (1962), Printz (1964) e Starmach (1972) propondo a separação das espécies baseando-se em atributos relacionados com as características dos fascículos, de outro temos o trabalho de Forest (1956) discordando completamente de todos eles e afirmando que esses caracteres são altamente variáveis. Forest (1956) comentou ainda que todas as espécies por ele analisadas pertenciam a uma única espécie *D. mutabilis*, a qual é extremamente variável. van Beem & Simons (1988) estudando o crescimento e a morfologia de *D. mutabilis* em meio de cultura chegaram a uma conclusão semelhante a de Forest, onde o limite entre uma espécie e outra foi frequentemente indistinto, concluindo que no máximo cinco espécies devam ser reconhecidas para o gênero.

No presente estudo foi utilizado o sistema adotado por Branco *et al.* (2002) que revisou a família Chaetophoraceae no estado de São Paulo. Os referidos autores utilizaram um sistema baseado fundamentalmente nos trabalhos de Forest (1956) e van Beem & Simons (1988).

***Draparnaldia mutabilis* (Roth) Bory, Figuras 30-31**

Ann. of Mus. d'Hist. Natur., 12, 405, 1808.

Basiônimo: *Conferva mutabilis* Roth

Sinônimos: *Batrachospermum glomeratum* Vaucher, *Draparnaldia plumosa* (Vaucher)

C.Agardh

Talo envolvido por mucilagem macia, quase fluida, consistindo de filamentos ramificados. Eixo principal distinto, formado por células cilíndricas a doliformes, 25,9-324,2 µm de compr. (\bar{x} = 91,7 ± 55,7), 36,3-121,6 µm diâm. (\bar{x} = 68,4 ± 19,6), relação compr./diâm. 0,5-2,8 (\bar{x} = 1,3 ± 0,4). Fascículos laterais quase sempre sem raque distinta, ovalados, di ou tricotomicamente ramificados, alternados ou opostos. Células dos fascículos cilíndricas, 10,0-41,5 µm de compr. (\bar{x} = 21,2 ± 5,7), 5,7-22,5 µm diâm. (\bar{x} = 9,9 ± 3,0), relação compr./diâm. 0,8-5,1 (\bar{x} = 2,3 ± 0,9). Cloroplastos fimbriados, tipicamente formando uma banda mediana nas células do eixo principal e laminar nas células dos fascículos acuminadas ou rombudas, pêlos

multicelulares ausentes. Sistema basal formado por uma massa profusa de rizóides ramificados.

Comentários taxonômicos:

O material encontrado na região Sul do Brasil concorda com a descrição apresentada por Branco *et al.* (2002). Porém, algumas diferenças morfométricas foram registradas, em especial referentes ao comprimento das células do eixo principal. Entretanto, considerando a proposta de Forest (1956) e as observações de Branco *et al.* (2002), pode-se afirmar que tais diferenças representem a esperada plasticidade morfométrica da espécie.

Distribuição no mundo:

Europa, América do Sul, Ásia, Austrália/Nova Zelândia e Ilhas do Pacífico.

Distribuição no Brasil:

Goiás (Prescott 1957 - como *D. glomerata*), Rio de Janeiro (Dias 1985 - como *D. glomerata*, Dias 1997), São Paulo (Branco & Necchi 1996a - como *D. glomerata*, Branco *et al.* 2002), Paraná (Krupek *et al.* 2007, Branco *et al.* 2008a, 2008b, 2009a, 2009b, Krupek *et al.* 2008).

Ocorrência no Sul do Brasil:

Pontos de amostragem 11, 97, 102. PARANÁ: Teixeira Soares, Floresta Nacional de Irati, riacho no talhão 80 nas imediações do viveiro, 25°24'16''S, 50°35'28''W, alt. 727m, 02.ii.2006, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 28239. RIO GRANDE DO SUL: Cambará do Sul, Parque Nacional de Aparados da Serra, rio Camisas, 29°10'43''S, 50°08'11''W, alt. 938m, 31.v.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29785; *idem*, Parque Nacional da Serra Geral, riacho próximo a entrada principal do parque, 29°04'58''S, 49°59'41''W, alt. 1012m, 01.vi.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29790;

Gênero *Epibolium*

Descrição do gênero *Epibolium* Printz

Talo epifítico, verde, sem mucilagem, geralmente crescendo sobre macrófitas aquáticas. Formado por filamentos reptantes muito ramificados, espalhados irregularmente, e algumas vezes formando sistemas anastomosados ou discos irregulares. Ápices dos ramos

truncados, sem pêlos. Células geralmente cilíndricas, às vezes irregulares. Cloroplastos formando uma placa parietal com um a dois pirenóides. Zoósporos com dois flagelos. Sempre aquático, de água doce ou salobra.

Comentários taxonômicos:

O gênero *Epibolium* foi proposto por Printz (1915) a partir de material encontrado na Sibéria como *E. dermaticola*. Depois disso, o único registro conhecido desta espécie é o de Sarma (1986) na sua monografia das Chaetophorales da Nova Zelândia. Além desta espécie, *Epibolium polysporum* proposto por Düringer (1958) completa o número total de espécies aceitas do gênero. Esta segunda espécie foi registrada recentemente na China por Hu & Wei (2006).

O mesmo material citado no presente estudo já foi citado por Branco *et al.* (2008a), entretanto, na ocasião foi tratado como pertencendo a família Trentepohliaceae.

***Epibolium* sp.**, Figura 32

Talo consistindo de filamentos reptantes irregularmente espalhados, formando uma estrutura semelhante a uma malha. Células cilíndricas, às vezes irregulares ou infladas, 16,7-59,2 µm de compr. (\bar{x} = 31,5 ± 10,5), 5,7-18,8 µm de diâm. (\bar{x} = 9,6 ± 2,4), RC/L 1,4-9,6 (\bar{x} = 3,5 ± 1,6). Espessamento de parede bastante irregular, variando em espessura em diferentes pontos da célula. Cloroplastos formando uma placa parietal, não circundando toda a face interna das paredes, tendo aspecto semi-lunado, 11,0-41,0 µm. Zoosporângios globulares a elípticos, 15,0-25,0 µm de diâmetro.

Comentários taxonômicos:

O material concorda parcialmente com a descrição de Sarma (1986) para *E. dermaticola* Printz, tanto nas características do talo quanto no habitat, o qual cresce sobre folhas depositadas no leito do rio. No entanto, as dimensões celulares do material encontrado no presente estudo são substancialmente maiores do que aquelas apresentadas por Sarma (1986). Como se trata de apenas uma população e o material é relativamente escasso, o mesmo não pode ser descrito como espécie nova e nem identificado como alguma já descrita, permanecendo como *E. sp.* até que novas populações sejam encontradas para enquadrá-lo em nível de espécie.

Distribuição no mundo e no Brasil:

Primeiro registro.

Ocorrência no Sul do Brasil:

Ponto de amostragem 04. PARANÁ: Teixeira Soares, Floresta Nacional de Irati, riacho localizado nas imediações da antiga caixa d'água. 25°21'23''S, 50°34'27''W, alt. 781m, 03.ii.2006, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 28239.

Gênero *Stigeoclonium*

Descrição do gênero *Stigeoclonium* Kützing

Talo filamentosso, coberto por uma fina camada de mucilagem, muito ramificado, heterotríqueo, consistindo de sistema prostrado e ereto com diferentes graus de desenvolvimento. Filamentos eretos podem apresentar eixo principal e ramos laterais semelhantes ou diferentes. Ramos laterais alternados, opostos, dicotômicos ou fasciculados. Ápice dos ramos laterais afilados, setíferos ou levemente obtusos ou podem ainda portar pêlos hialinos multicelulares. Porção prostrada pode ser formada por disco pseudoparenquimatosso, filamento reptante ramificado ou sistema rizoidal. Células dos filamentos eretos cilíndricas, infladas ou globosas. Cloroplasto único, parietal, lobado, lancinado ou com margens fimbriadas, com um a muitos pirenóides. Rizóides desenvolvendo-se das células basais ou dos ramos eretos, ramificados ou não. Gametas e zoósporos normalmente formados nos ramos laterais.

Comentários taxonômicos:

O gênero *Stigeoclonium* foi criado por Kützing (1843) a partir de algas designadas por Agardh (1824) como *Draparnaldia* e *Conferva*. Neste gênero, o grau de desenvolvimento relativo entre os sistemas prostrado e ereto pode variar nas diferentes espécies (Cox & Bold 1966, Dias 1997) e estas diferenças são reconhecidamente influenciadas por vários fatores ambientais (Islam 1963).

No trabalho de Branco (1999) pode ser encontrada uma profunda análise sobre as diferentes posições dos taxonomistas em relação ao gênero *Stigeoclonium*. Em resumo, existiram duas correntes principais com pensamentos opostos. A primeira corrente se baseou nas características da porção ereta do talo, considerando que esta porção representa a expressão mais conspícua no ciclo de vida, sendo que a porção prostrada apresenta-se, segundo os autores, variável, podendo ser dependente do tipo de substrato (Hazen 1902,

Heering 1914, Collins 1928, Islam 1963, Printz 1964, Starmarch 1972, Sarma 1986). A segunda corrente se baseava nas características do sistema prostrado, argumentando que em material de cultivo foi visível uma maior estabilidade deste sistema em relação do sistema ereto (Cox & Bold 1966, Francke & Simons 1984).

Como comentado por Branco (1999), é perceptível que as linhas taxonômicas propostas para a separação das espécies representam extremos, onde apenas uma das partes do talo heterotríqueo é considerada em detrimento da outra. Neste sentido, Simons *et al.* (1986) utilizou, além do sistema prostrado, informações taxonômicas obtidas a partir da análise das plantas como um todo, considerando as características mais conservativas de cada uma das regiões do talo.

No presente estudo foi utilizado o sistema proposto por Branco (1999), que é baseado no trabalho de Simons *et al.* (1986).

Chave artificial para identificação das espécies de *Stigeoclonium* de ambientes lóticos da região Sul do Brasil

1. Sistema basal bem desenvolvido, formado por filamentos prostrados
..... *Stigeoclonium lubricum*
- 1`. Sistema basal pouco desenvolvido, formado exclusivamente por rizóides:
 2. Sistema ereto com eixo principal diferenciado em dois tipos distintos de células, curtas e longas, ramos laterais não fasciculados *Stigeoclonium amoenum*
 - 2`. Sistema ereto com eixo principal composto por células iguais em forma e tamanho, ramos laterais fasciculados nas regiões próximas ao ápice ... *Stigeoclonium fasciculare*

Stigeoclonium amoenum Kützing, Figuras 33-34

Phyc. Gen., 198, 1845.

Sinônimos: nenhum encontrado

Plantas de coloração verde brilhante. Sistema prostrado composto exclusivamente por massa profusa de rizóides. Sistema ereto bem desenvolvido, células do eixo principal diferenciadas em dois tipos distintos, longas e curtas, as últimas normalmente produtoras de ramos laterais primários, 8,5-67,5 µm de compr. (\bar{x} = 26,0 ± 10,4), 6,3-25,3 µm diâm. (\bar{x} = 11,7 ± 2,6), relação compr./diâm. 0,8-5,2 (\bar{x} = 2,3 ± 1,0). Células curtas cilíndricas a quadráticas, às vezes levemente infladas, 8,5-24,5 µm de compr. (\bar{x} = 15,7 ± 4,0), 6,9-14,8 µm diâm. (\bar{x} = 11,1 ± 1,6), relação compr./diâm. 0,8-2,6 (\bar{x} = 1,4 ± 0,4). Células longas adjacentes as

células curtas cilíndricas, 11,4-52,8 μm de compr. ($\bar{x}=27,3\pm 8,5$), 6,3-17,4 μm diâm. ($\bar{x}=10,5\pm 2,2$), relação compr./diâm. 1,2-5,2 ($\bar{x}=2,6\pm 0,8$). Regiões de ramificação formadas por 2-3 células curtas em sequência. Ramificações alternas ou opostas, frequentemente com duas ramificações a partir de uma mesma célula curta, ramos laterais formados por células cilíndricas, 6,8-53,8 μm de compr. ($\bar{x}=17,1\pm 7,0$), 3,9-14,0 μm diâm. ($\bar{x}=8,2\pm 1,8$), relação compr./diâm. 0,8-6,2 ($\bar{x}=2,1\pm 0,8$). Ápices dos ramos principais acuminados, pêlos ocasionais. Cloroplastos parietais em forma de banda mediana nas células da região central e laminar nas células da região periférica da planta, recobrando quase que totalmente a parede celular. Células do eixo principal formam filamentos multisseriados na formação dos zoósporos.

Comentários taxonômicos:

O material encontrado no presente estudo está de acordo com aquele reportado por Branco *et al.* (2002), exceto pelas dimensões celulares, as quais, em geral, foram menores do que o encontrado por tais autores para o estado de São Paulo.

Distribuição no mundo:

Europa, América do Norte, América do Sul, África, Ásia e Ilhas do Pacífico.

Distribuição no Brasil:

Rio de Janeiro (Dias 1985), São Paulo (Branco *et al.* 2002), Paraná (Krupek *et al.* 2007, Branco *et al.* 2008a, 2008b, Krupek *et al.* 2008, Peres *et al.* 2010).

Ocorrência no Sul do Brasil:

Pontos de amostragem 09, 11, 79, 84, 93, 102, 103, 105. PARANÁ: Teixeira Soares, Floresta Nacional de Irati, riacho localizado à 400 metros da estrada principal, linha da Copel 1. 25°23'07''S, 50°35'27''W, alt. 806m, 21.vii.2005, 04.ii.2006, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 28241. *idem*: riacho no talhão 80, nas imediações do viveiro, 25°24'16''S, 50°35'28''W, alt. 727m, 02.ii.2006, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 28239; SANTA CATARINA: Concórdia, Parque Estadual Fritz Plaumann, riacho sem denominação, 27°17'46''S, 52°06'10''W, alt. 449m, 19.viii.2007, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29717; *idem*, Parque Estadual Fritz Plaumann, riacho sem denominação, 27°16'57''S, 52°07'18''W, alt. 412m, 20.viii.2007, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29723; RIO GRANDE DO SUL: Canela, Parque Estadual do Caracol, rio Caracol,

29°18'41''S, 50°51'23''W, alt. 666m, 02.vi.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29724; *idem*, Cambará do Sul, Parque Nacional de Aparados da Serra, riacho próximo ao alojamento, 29°10'20''S, 50°06'42''W, alt. 938m, 31.v.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29784; *idem*, rio Camisas, 29°10'43''S, 50°08'11''W, alt. 938m, 31.v.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29785; *idem*, rio Perdizes, 29°09'27''S, 50°04'09''W, alt. 913m, 31.v.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29787.

Stigeoclonium fasciculare Kützing, Figuras 35-36

Bot. Ztg.: 5: 177, 1847.

Sinônimos: nenhum encontrado

Plantas de coloração verde brilhante. Sistema prostrado composto por rizóides que partem de uma profusa massa de células mais ou menos esféricas. Sistema ereto bastante desenvolvido e ramificado, com ramificações primárias opostas ou alternas, às vezes formando fascículos no eixo principal. Ramos secundários opostos ou alternos que surgem uns muito próximos dos outros, formando fascículos próximos às regiões apicais. Células do eixo principal cilíndricas, iguais ao longo de toda a extensão, 15,0-37,9 µm de compr. (\bar{x} = 23,9±6,1), 16,2-22,1 µm diâm. (\bar{x} = 18,2±1,3), relação compr./diâm. 0,8-2,2 (\bar{x} = 1,3±0,3). Células das ramificações cilíndricas a levemente infladas, 8,1-24,3 µm de compr. (\bar{x} = 14,0±4,3), 6,0-16,8 µm diâm. (\bar{x} = 11,4±3,2), relação compr./diâm. 0,9-2,0 (\bar{x} = 1,2±0,3). Ápices dos ramos primários e secundários acuminados. Cloroplastos parietais em forma de banda mediana nas células da região central e laminar nas células da região periférica da planta, recobrando quase que totalmente a parede celular. Células do eixo principal, dos ramos laterais e das regiões basais formando filamentos multisseriados durante a formação dos zoósporos.

Comentários taxonômicos:

O material encontrado no presente estudo está de acordo com aquele reportado por Branco *et al.* (2002) para o estado de São Paulo.

Distribuição no mundo:

Europa, América do Norte, América do Sul, África, Ásia, Austrália/Nova Zelândia e Ilhas do Pacífico.

Distribuição no Brasil:

Rio Grande do Sul (Islam 1963, Kleerekoper 1955 - como *S. glomeratum*), São Paulo (Branco *et al.* 2002), Paraná (Branco *et al.* 2009a, Branco *et al.* 2009b).

Ocorrência no Sul do Brasil:

Ponto de amostragem 57. SANTA CATARINA: Indaial, Parque Nacional da Serra do Itajaí, rio Encano, 27°01'22"S, 49°09'39"W, alt. 330m, 29.v.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29751.

Stigeoclonium lubricum (Dillwyn) Kützing, Figuras 37-38

Phyc. Gen.: 198, 1845.

Basiônimo: *Conferva lubrica* Dillwyn

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

Plantas de coloração verde brilhante. Sistema basal composto por filamentos prostrados não ramificados e rizóides, células basais globosas, 4,5-9,9 µm de compr. (\bar{x} = 6,9±1,2), 3,8-7,3 µm diâm. (\bar{x} = 5,6±0,9), relação compr./diâm. 0,9-1,7 (\bar{x} = 1,2±0,2). Sistema ereto bem desenvolvido, células do eixo principal diferenciadas em dois tipos, longas e curtas, 5,2-29,5 µm de compr. (\bar{x} = 15,0±5,7), 6,5-10,9 µm diâm. (\bar{x} = 8,5±1,0), relação compr./diâm. 0,5-3,6 (\bar{x} = 1,8±0,7). Células curtas cilíndricas a quadráticas, 5,2-15,6 µm de compr. (\bar{x} = 10,0±2,9), 6,5-10,9 µm diâm. (\bar{x} = 8,8±1,1), relação compr./diâm. 0,5-1,9 (\bar{x} = 1,2±0,3). Células longas adjacentes as curtas cilíndricas, 10,7-24,6 µm de compr. (\bar{x} = 16,5±4,7), 7,0-10,1 µm diâm. (\bar{x} = 8,4±1,0), relação compr./diâm. 1,2-2,9 (\bar{x} = 2,0±0,5). Ramificações alternas ou opostas, dicotômicas, frequentemente com duas ramificações a partir de uma mesma célula curta, raramente formando uma sequência de 2-3 células curtas com ramificações sucessivas. Ramos laterais compostos por células cilíndricas, 6,3-17,8 µm de compr. (\bar{x} = 12,2±3,3), 5,1-7,8 µm diâm. (\bar{x} = 6,3±0,8), relação compr./diâm. 1,0-3,5 (\bar{x} = 2,0±0,7). Ápices dos ramos principais levemente acuminados, raramente formando pêlos multicelulares. Cloroplastos parietais em forma de banda mediana nas células da região central e laminar nas células da região periférica da planta, recobrando quase que totalmente a parede celular. Células do eixo principal formando filamentos multisseriados na produção dos zoósporos.

Comentários taxonômicos:

O material encontrado no presente estudo está de acordo com aquele reportado por Branco *et al.* (2002), exceto pelas dimensões celulares, as quais, em geral, foram menores do que o encontrado por tais autores no estado de São Paulo.

Distribuição no mundo:

Europa, América do Norte, América Central, América do Sul, África, Ásia, Austrália/Nova Zelândia, Ilhas do Pacífico.

Distribuição no Brasil:

Ceará (Islam 1963); Minas Gerais (Islam 1963); São Paulo (Islam 1963, Branco *et al.* 2002).

Ocorrência no Sul do Brasil:

Pontos de amostragem 68. RIO GRANDE DO SUL: Derrubadas, Parque Estadual Florestal do Turvo, salto Yucumã, 27°08'27"S, 53°52'57"W, alt. 260m, 16.viii.2007, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29733.

1.2.7 Distribuição ambiental e considerações biogeográficas das Chaetophorales no Sul do Brasil

A ordem Chaetophorales foi representada na região Sul do Brasil por 18 populações (Tabela 2) que ocorreram em 14 pontos de amostragem (13,3% do total), resultado diferente daquele encontrado por Branco (1999), onde 53 populações foram registradas (30,8% do total).

Os gêneros *Stigeoclonium* e *Chaetophora* estiveram representados na região Sul do Brasil por três espécies cada um, enquanto os gêneros *Draparnaldia* e *Epibolium* por uma espécie. Os dois primeiros gêneros, além de mais diversos, também apresentaram melhor distribuição na região de estudos ocorrendo em 10 e 4 pontos de amostragem, respectivamente. Branco (1999) estudando as Chaetophoraceae do estado de São Paulo apresentou um resultado similar, onde três gêneros foram encontrados e *Stigeoclonium* e *Chaetophora* foram também os mais frequentes. Embora no trabalho de Branco (1999), *Stigeoclonium* tenha sido o gênero com maior número de registros, a espécie mais

frequentemente reportada foi *S. helveticum* Vischer, enquanto na região Sul do Brasil a espécie com maior número de ocorrências foi *S. amoenum*, sendo encontrada em oito riachos.

A ausência de *S. helveticum* no presente estudo pode ser explicada pelo tipo de ambiente em que foram realizadas essas amostragens. Enquanto no presente estudo foram considerados somente riachos localizados dentro de Unidades de Conservação, no trabalho de Branco (1999) esse critério não foi adotado e uma maior amplitude de condições limnológicas foram exploradas, incluindo ambientes perturbados. Em Branco (1999), pode-se notar que as amostras desta espécie ficaram restritas a ambientes da região Noroeste e da Floresta Tropical com apenas uma amostra na região de Cerrado, ambientes estes localizados em regiões do estado de São Paulo que sofreram fortemente pelas atividades agrícolas e pecuárias, as quais inevitavelmente causaram impactos nos riachos amostrados. No mesmo estudo é possível notar que a região de Mata Atlântica, a qual tem impactos antrópicos menores, não teve a ocorrência desta espécie. Baseado nisso, pode-se supor que se a amostragem na região Sul do Brasil fosse ampliada para regiões com impactos antrópicos maiores, *S. helveticum* poderia ocorrer. Essa hipótese pode ser sustentada pelo trabalho de Krupek *et al.* (2008) que, estudando comunidades de macroalgas de uma bacia de drenagem na região centro-sul, fora de Unidades de Conservação, registraram a ocorrência de *S. helveticum*. Necchi *et al.* (1994) investigando o uso de macroalgas de riachos para a avaliação de poluição, classificaram *S. helveticum* como uma espécie saprófila corroborando os postulados acima. Além disso, os trabalhos de Necchi *et al.* (2003, 2008) conduzidos dentro de Unidades de Conservação (Serra da Canastra, MG e Serra de Itatiaia, RJ/MG) também não registraram a presença de *S. helveticum*, indicando mais uma vez que esta espécie pode ser típica de ambientes com interferência humana.

Assim como a riqueza, a abundância de Chaetophorales na região Sul do Brasil foi baixa (Tabela 2), sendo *D. mutabilis* e *S. amoenum* as espécies mais abundantes com 2,9% e 2,6% de cobertura média, respectivamente.

Branco (1999) comentou que as espécies de Chaetophoraceae encontradas no estado de São Paulo estiveram relacionadas com ambientes com altos valores de irradiância, contrariando o trabalho de Rosemond & Brawley (1996), que postularam que esse grupo apresentava menor capacidade fotossintética em ambientes com alta irradiância e teria menor aptidão nestes ambientes. A presença das Chaetophorales na região Sul concorda com o apresentado por Branco (1999), onde 50% das populações amostradas ocorreram em ambientes abertos, enquanto nenhuma população ocorreu em ambientes fortemente sombreados. Esse dado mostra claramente uma preferência do grupo por ambientes bem

iluminados. Rosemond & Brawley (1996) demonstraram experimentalmente que, diferente do que o observado para a ordem como um todo, para uma espécie de Chaetophorales em particular, *S. tenue*, quantidades moderadas a altas de luz são fundamentais para o seu desenvolvimento, concordando com os dados do presente estudo.

Os valores das variáveis ambientais (média \pm desvio padrão) onde as espécies de Chaetophorales foram registradas encontram-se na Figura 39.

De maneira geral, os gráficos mostram que a variação dos parâmetros investigados nos riachos da região Sul do Brasil não tem um padrão espécie-específico claro e definido. Assim, as espécies com maior frequência de ocorrência também foram as que tiveram a maior amplitude nas variáveis ambientais.

Em relação à temperatura *C. tenuata*, *Epibolium* sp., *S. fasciculare* e *S. lubricum*, ocorreram em valores mais elevados, enquanto *C. elegans*, *C. pisiformis*, *D. mutabilis* e *S. amoenum* ocorreram em valores inferiores. Quanto à condutividade específica, *S. amoenum* foi encontrado em condições variáveis, enquanto *C. tenuata* e *S. lubricum* em ambientes com valores mais elevados que as demais espécies de Chaetophorales. *C. pisiformis* foi registrada em ambientes com mais baixos valores de pH, em águas levemente ácidas (4,5-5,5). As demais espécies foram encontradas riachos com valores variáveis mas sempre abaixo do neutro (entre 5,5-7,0). Em relação à velocidade da correnteza, as espécies *S. fasciculare* e *S. lubricum* foram encontradas em ambientes com velocidades maiores do que as demais espécies da ordem. Os valores de turbidez, profundidade, nitrogênio total e ortofosfato onde as espécies de Chaetophorales foram encontradas foram muito variáveis e em geral baixos.

Considerando os biomas (Tabela 3), Chaetophorales foram mais bem distribuídos nos campos e floresta ombrófila mista (FOM) com o registro de sete populações em cada um, enquanto em floresta estacional (FES) e em floresta ombrófila densa (FOD) a ocorrência foi expressivamente menor, com 3 e 1 ocorrência, respectivamente. Entretanto, não foi possível estabelecer uma relação da ocorrência de Chaetophorales com estes biomas, já que respostas distintas foram observadas para UC's de um mesmo bioma.

Branco (1999) encontrou que o bioma Floresta Subtropical com Araucária (equivalente ao bioma FOM no presente estudo) foi à região com menor número de espécies de Chaetophoraceae (apenas *S. subsecundum*). No presente estudo a FOM foi o bioma com o maior número de espécies, totalizando sete táxons inventariados. Por outro lado, na região Sul do Brasil somente uma espécie foi encontrada em ambientes de FOD, enquanto que no estado de São Paulo, a Mata Atlântica (bioma correspondente), juntamente com a região Noroeste e a Floresta Tropical registraram o número máximo de espécies (cinco) (Branco 1999).

1.3 Referências bibliográficas

- Agardh, C.A., 1824. *Systema Algarum*. Lundae Literis Berlingianis. 312 p.
- Agrawal, S.C. & Singh, V. 1999. Viability of dried vegetative cells and the formation and germination of reproductive structures in *Pithophora oedogonia*, *Cladophora glomerata* and *Rhizoclonium hieroglyphicum* under water stress. *Folia Microbiologica* 44(1): 63-70.
- Bakker, F.T., Olsen, J.L., Stam, W.T. & van den Hoek, C. 1994. The *Cladophora* complex (Chlorophyta): new views based on 18S rRNA gene sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 3: 365-382.
- Bergey, E.A., Boettiger, C.A. & Resh, V.H. 1995. Effects of water velocity on the architecture and epiphytes of *Cladophora glomerata* (Chlorophyta). *Journal of Phycology* 31: 264-271.
- Bicudo, C.E.M. & Menezes, M. 2006. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil. São Paulo, Editora RIMA.
- Blackman, F.F. & Tansley, A.G. 1902. A revision of the classification of the green algae. *New Phytologist* 1: 17-24.
- Bohlin, K. 1901. Utkast till de groan algernas och arkegoniaternas fylogeni. Almqvist & Wiksells, Uppsala 43pp.
- Bold, H.C. & Wynne, M.J. 1985. Introduction to the Algae. Structure and reproduction. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Borge, O. 1918. Die von Dr. Löfren in São Paulo gesammelten Süßwasseralgen. *Ark. Bot.* 15(13): 1-108.
- Borge, O. 1925. Die von F.C. Hoehne während der Expedition Roosevelt-Rondon gesammelten Süßwasseralgen. *Ark. Bot.* 19(17): 1-56.
- Børgesen, F. 1913. The marine algae of the Danish West Indies. Part 1. Chlorophyceae. *Dansk Botanisk Arkiv* 1(4). 158 pp.
- Bory, J.B.S.V. 1808. Mémoire sur le genre *Draparnaldia* de la famille des Conferves. *Annls Mus. Hist. Nat.* 12: 399-409.
- Borzi, A. 1895. Studi Algologici. Fasc. II. Reber. Palermo.
- Bourrelly, P. 1966 Les Algues d'eau douce, initiation à la systématique Suppl. Les algues vertes. Compléments a la 1re, 2re.
- Bourrelly, P. 1972. Les algues d'eau douce. Initiation a la systématique. I. Les algues vertes. N. Boubée et Cie. Paris. 511pp.

- Branco, C.C.Z. 1999. Chaetophoraceae (Chaetophorales, Chlorophyta) de ecossistemas lóticos do estado de São Paulo: flora, distribuição, dinâmica de populações e biogeografia. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro.
- Branco, C.C.Z., Emed, R.G., Branco, L.H.Z. & Necchi, O. Jr. 2008a. Macroalgas de riachos da Floresta Nacional de Irati, estado do Paraná, Sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 22(2): 437-451.
- Branco, C.C.Z., Krupek, R.A. & Peres, C.K. 2008b. Seasonality of macroalgal communities in a subtropical drainage basin in Paraná State, southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 68: 631-637.
- Branco, C.C.Z., Krupek, R.A. & Peres, C.K. 2009a. Ecological distribution of stream macroalgal communities from mid-western region of Paraná State, Southern Brazil: evidence of the importance of local scale variation. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 52(2): 379-386.
- Branco, C.C.Z., Peres, C.K., Krupek, R.A. & Bertusso, F.R. 2009b. Macroalgas de ambientes lóticos da região Centro-Oeste do Paraná, região Sul do Brasil. *Biota Neotropica* (Ed. Portuguesa) 9: 1-9.
- Branco, C.C.Z. & Necchi, O.Jr. 1996a. Distribution of stream macroalgae in the eastern Atlantic Rainforest of São Paulo State, southeastern Brazil. *Algological Studies* 333: 139-150.
- Branco, C.C.Z. & Necchi, O.Jr. 1996b. Survey of stream macroalgae of eastern Atlantic Rainforest of São Paulo State, Southeastern Brazil. *Algological Studies* 80: 35-57.
- Branco, C.C.Z. & Necchi, O.Jr. 1998a. Microhabitat and morphometric variation of two Chaetophoraceae (Chaetophorales, Chlorophyta) species in tropical streams of southeastern Brazil. *Phycological Research* 46(3): 169-174.
- Branco, C.C.Z. & Necchi, O.Jr. 2003. Temporal dynamics of two species of Chaetophoraceae (Chlorophyta) in tropical streams of São Paulo State, southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 26(2): 151-161.
- Branco, C.C.Z., Necchi, O.Jr. & 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. & Necchi, O.Jr. 1997. Seasonality of macroalgae in three tropical drainage basins in São Paulo State, southeastern Brazil. *Archiv für Hydrobiologie* 141: 75-91.

- Branco, L.H.Z. & Necchi, O.Jr. 1998b. Distribution of macroalgae in three tropical drainage basins of Southeastern Brazil. *Archiv für Hydrobiologie* 142: 241-256.
- Brand, F. 1899. *Cladophora* Studien. *Centralblatt* 79: 287-311.
- Brand, F. 1902. Die *Cladophora* Aegagropilen des Süßwassers. *Hedwigia* 41: 34-311.
- Brand, F. 1906. Über *Cladophora crispata* und die Sektion *Aegagropila*. *Hedwigia* 45: 241-259.
- Brand, F. 1909. Zur Morphologie und Biologie des Grenzgebietes zwischen den Algengattungen *Rhizoclonium* und *Cladophora*. *Hedwigia* 48: 47-73.
- Brand, F. 1913. Über *Cladophora humida* n.sp., und *Rhizoclonium lapponicum* n.sp. und deren bostrychoide Verzweigung. *Hedwigia* 53: 179-183.
- Castillo, M.E.A.M. 1997. Taxonomia y distribución de las Cladophorales (Chlorophyta) en la región de la Huasteca Potosina. Tese de Doutorado. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Chadefaud, M. 1960. Les végétaux non vasculaires. In *Traité de Botanique Systématique*. In: Chadefaud, M. & Emberger, L. eds. *Traite de Botanique Systematique*. Tome I. Masson, Paris. p. 1-1018.
- Chapman, V.J. 1962. *The Algae*. McMillan, London. 472pp.
- Chapman, V.J. & Chapman, D.J. 1973. *The algae*. 2nd edn MacMillan, London. 497pp.
- Choo, K., Snoeijs, P. & Pedersén, M. 2004. Oxidative stress tolerance in the filamentous green algae *Cladophora glomerata* and *Enteromorpha ahlneriana*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 298: 111-123.
- Christensen, T. 1962. Alger. In: Böcher, T.W., Lange, M. & Sørensen, T. (Eds.). *Systematisk botanic*, Nr. 2, Copenhagen. p. 1-178.
- Collins, F.S. 1909. The green algae of North America. *Tufts College Studies (Science)* 2: 79-480.
- Collins, F.S. 1928. The green algae of North America. Tufts Coll. Stud. Sci., Medford-Mass. 400p.
- Cox, E.R. & Bold, H.C. 1966. *Phycological Studies*. VII. Taxonomic investigations of *Stigeoclonium*. University of Texas Publication No. 6618, Austin, Texas. 167 pp.
- Desikachary, T.V. 1958. Taxonomy of algae. *Mem. Indian Bot. Soc.* 1: 52-62.
- De Toni, G.B. 1888. Conspectus generum Chlorophycearum hucusque cognitorum. *Notarisia* 3: 447-453.
- De Toni, G.B. 1889. *Sylloge Algarum*. Vol. 1. Chlorophyceae. Patavii. 532 pp.

- 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. 1997. Chlorophyta filamentosas da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro: taxonomia e aspectos ecológicos. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, USP. São Paulo, SP.
- Dickie, G. 1881. Notes on algae from the Amazons and its tributaries. *Journal of the Linnean Society, Botany* 18(108): 123-132.
- Dillard, G.E. 1989. Freshwater Algae of the Southeastern United States. Part 2. Chlorophyceae: Ulotrichales, Microsporales, Cylandrocapsales, Sphaeropleales, Chaetophorales, Cladophorales, Schizogoniales, Siphonales and Oedogoniales. *Biblioteca Phycologica*. Band 83. J. Cramer. Berlin, Stuttgart.
- Dodds, W.K. & Gudder, D.A. 1992. The ecology of *Cladophora*. *Journal of Phycology* 28:415-427.
- Dudley, T.L. & D'Antonio, C.M. 1991. The effects of substrate texture, grazing, and disturbance on macroalgal establishment in streams. *Ecology* 72(1): 297-309.
- Ducker, S.C. 1958. A new species of *Basycladia* on Australian freshwater turtles. *Hydrobiologia* 10: 157-174.
- Düringer, I. 1958. Über die Verteilung epiphytischer Algen auf den Blättern wasserbewohnender Angiospermen sowie systematisch-entwicklungsgeschichtliche Bemerkungen über einige grüne Algen. *Plant Systematics and Evolution* 105: 1-53.
- Edwall, G. 1896. Índice das plantas do herbário da Comissão Geographica e Geologica de São Paulo. *Bol. Serv. Met. S. Paulo*. 11: 51-215.
- Ensminger, I., Hagen, C. & Braune, W. 2000. Strategies providing success in a variable habitat: I. Relationships of environmental factors and dominance of *Cladophora glomerata*. *Plant, Cell and Environment* 23: 1119-1128.
- Forest, H. S. 1956. A study of the genera *Draparnaldia* Bory and *Draparnaldiopsis* Smith & Kliver. *Castanea* 21(1):1-29.
- Francke, J.A. 1982. Morphological plasticity and ecological range in three *Stigeoclonium* species (Chlorophyceae, Chaetophorales). *British Phycological Journal* 17:117-133.
- Francke, J.A. & Ten Cate, H.J. 1980. Ecotypic differentiation in response to nutritional factors in the algal genus *Stigeoclonium* Kütz. (Chlorophyceae). *British Phycological Journal* 15:343-355.
- Francke, J.A. & Rhebergen, L.J. 1982. Euryhaline ecotypes in some species of *Stigeoclonium* Kütz. *British Phycological Journal* 17: 135-145.

- Francke, J.A. & Simons, J. 1984. Morphology and systematics of *Stigeoclonium* Kütz (Chaetophorales). In: Irvine, D. E.G. & John, D.M. (Eds) Systematics of the Green Algae. Academic Press, London, pp. 363–377.
- Fritsch, F.E. 1948. The structure and reproduction of the algae: Vol. 1. Cambridge University Press, 791 pp.
- Gibson, M.T. & Whitton, B.A. 1987. Influence of phosphorus on morphology and physiology of freshwater *Chaetophora*, *Draparnaldia* and *Stigeoclonium* (Chaetophorales, Chlorophyta). *Phycologia* 26: 59-69.
- Graham, L.E. & Wilcox, L.W. 2000. Algae. Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2010. Algae Base version 4.2. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Disponível em <http://www.algaebase.org> (acessado em 09 de março de 2010).
- Haeckel, E. 1894. Systematische Phylogenie der Protisten und Pflanzen. Erster Theil des Entwurfs einer systematischen Stammesgeschichte. Georg Reimer, Berlin. 400 pp.
- 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.
- Hazen, T.E. 1902. The Ulothricaceae and Chaetophoraceae of the United States. *Memoirs of the Torrey Botanical Club* 11: 143-250.
- Heering, W. 1914. Chlorophyceae III. Ulotrichales, Microsporales, Oedogoniales. In: Pascher, A. (ed): Die Süßwasserflora Deutschland, Österreichs und der Schweiz. H. 6. Gustav Fischer, Jena. 250pp.
- Hoffmann, W.E. & Tilden, J.E. 1930. *Basycladia*, a new genus of Cladophoraceae. *Botanical Gazette* 89(4): 374-384.
- Hu, H. & Wei, Y. 2006. The freshwater algae of China. Systematics, taxonomy and ecology. pp. 1-1023.
- Islam, A.K.M.N. 1963. A revision of the genus *Stigeoclonium*. *Nova Hedwigia* 10: 1-164.
- Iyengar, M.O.P. 1951. Chlorophyta. In Smith, G.M. [ed.], Manual of Phycology. Chronica Botanica, Waltham. Mass. pp. 21-61.
- 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, pp. 207–232.

- Joly, A.B. 1963. Gêneros de algas de água doce da cidade de São Paulo e arredores. *Rickia* (supplement): 1: 1-188.
- Khan, M. 1970. Fundamentals of Phycology. Bishen Singh Mahendra Pal Singh, Dehra Dun. 219 pp.
- Kleerekoper, H. 1955. Limnological observations in notheasten Rio Grande do Sul, Brazil. *Archiv für Hydrobiologie* 50(3-4): 553-567.
- Krupek, R.A., Branco, C.C.Z. & Peres, C.K. 2007. Distribuição ecológica das comunidades de macroalgas da bacia de drenagem do Rio das Pedras, região centro-sul do estado do Paraná, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 30(2): 173-182.
- Krupek, R.A., Branco, C.C.Z. & Peres, C.K. 2008. Macroalgas de riachos da bacia do rio das Pedras, região Sul do Brasil. *Hoehnea* 35(2): 25-44.
- Kützing, F.T. 1843. Phycologia generalis. Brockhaus, Leipzig.
- Kützing, F.T. 1849. Species Algarum. Brockhaus, Leipzig.
- Lee, R.E. 1980. Phycology. Cambridge University Press, Cambridge. 478 pp.
- Leliaert, F., Coppejans, E. & De Clerck, O. 1998. The Siphonocladales *sensu* Egerod (Chlorophyta) from Papua New Guinea and Indonesia. *Belgian Journal of Botany* 130: 177-197.
- Leliaert, F. & Coppejans, E. 2004. Crystalline cell inclusions: a new diagnostic character in the Cladophorophyceae (Chlorophyta). *Phycologia* 43: 189-203.
- Leliaert, F., Rousseau, F., Reviere, 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: 233-246.
- Linnaeus, C. 1753. Species plantarum. Vol. 2. Holmiae (Stockholm): 1200 pp.
- Melkonian, M., 1990: Phylum *Chlorophyta*. Class *Chlorophyceae*. In: Margulis, L., Corliss, J.O., Melkonian, M. & Chapman, D.J. (Eds): Handbook of *Protoctista*. pp.608-616. Boston: Jones & Barlett.
- Möbius, M. 1892. Über einige brasilianische algen. *Bericht der deutschen botanischen gesellschaft* 10: 17-26.
- Necchi, O.Jr., 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, O.Jr., Branco, L.H.Z. & Branco, C.C.Z. 2003. Ecological distribution of stream macroalgal communities from a drainage basin in the Serra da Canastra National Park, Minas Gerais, Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 63: 1-12.

- Necchi, O.Jr., Branco, L.H.Z. & Spezamiglio, D.N. 2008. Distribuição ecológica de comunidades de macroalgas de ambientes lóticos do Parque Nacional de Itatiaia (RJ, MG) Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 31(1):135-145.
- Necchi, O.Jr., 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.
- Necchi, O.Jr. & Moreira, J.C.L.J. 1995. Longitudinal distribution of macroalgae in two tropical lotic ecosystems from Southeastern Brazil. *Archiv für Hydrobiologie* 134: 113-128.
- Necchi, O.Jr. & Pascoaloto, D. 1993. Seasonal dynamics of macroalgal communities in the Preto River basin, São Paulo, southeastern Brazil. *Archiv für Hydrobiologie* 129: 231-252.
- Necchi, O.Jr., Pascoaloto, D. & Branco, L.H.Z. 1994. Distribution of macroalgae in a tropical river basin from Southeastern Brazil. *Archiv für Hydrobiologie* 129: 459- 471.
- Necchi, O.Jr., 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, O.Jr., 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.
- Normandin, R.F. & Taft, C.E. 1959. A new species of *Basycladia* from the snail *Viviparus malleatus* Reeve. *The Ohio Journal of Science* 59(1): 58-62.
- 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. Systematics Association Special, vol 27. Academic Press, London Orlando, p. 121-156.
- Olsen-Stojkovich, J., West, J.A. & Lowenstein, J.M. 1986. Phylogenetics and biogeography in the Cladophorales complex (Chlorophyta): some insights from immunological distance data. *Botanica Marina* 29: 239-249.
- Oltmanns, F. 1904. Morphologie und Biologie der Algen. Vol. 1. Jena.
- Papenfuss, G.F. 1955. Classification of the algae. In: A century of progress in the Natural Sciences 1853-1953. California Academy of Sciences, San Francisco. pp. 115-224.

- Parodi, E.R. & Cáceres, E.J. 1991. Variation em number of apical ramifications and vegetative cell length in freshwater populations of *Cladophora* (Ulvophyceae, Chlorophyta). *Journal of Phycology* 27: 628-633.
- 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): 233-244.
- Pereira, J.L. 2004. Amplitude ecológica e aspectos taxonômicos de *Schizomeris leibleinii*. Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro, SP.
- Pereira, J.L. & Branco, L.H.Z. 2007. Influência do nitrato e fosfato no crescimento de *Schizomeris leibleinii* Kützing (Chaetophorales, Chlorophyta). *Acta Botanica Brasilica* 21: 155-162.
- Peres, C.K., Branco, C.C.Z. & Krupek, R.A. 2008. Macroalgas de riachos da Serra da Prata, leste do estado do Paraná, Sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 22: 333-344.
- Peres, C.K., Branco, C.C.Z. & Krupek, R.A. & Rocha, J.C. 2010. Longitudinal distribution and seasonality of macroalgae in a subtropical stream impacted by organic pollution. *Acta Limnologica Brasiliensia* 22: 199-207.
- Prescott, G.W. 1951. Algae of the Western Great Lakes Area exclusive of Desmids and Diatoms. *Cranbrook Institute of Science, Bulletin* 31: 1-660.
- Prescott, G.W. 1957. The Machris Brazilian Expedition: Botany. Chlorophyta, Euglenophyta. *Control Sciences* 11: 1-29.
- Prescott, G.W. 1962. Algae of the Western Great Lakes area. 2nd ed. Brow Co., Dubuque. 977 pp.
- Printz, H. 1915. Die chlorophyteen des Sudlichen Sibiriens und des. Uriankailandes. pp. 1-52. In: H. Printz (ed.). contributiones ad floram Asiae interioris pertinentes. Trondheim, Norske Videnskabers Selskabs Skrifter.
- Printz, H. 1927. Chlorophyceae. In: Engler, A. & Prantl, K. (Eds.) Die natürlichen Pflanzenfamilien. 2nd ed. Vol. 3. Leipzig. pp. 1-463.
- Printz, H. 1964. Die Chaetophorales der Binnengewässer. *Hydrobiologia* 24(1/3): 1-376.
- Proctor, V.W. 1958. The growth of *Basycladia* on turtles. *Ecology* 39(4): 634-645.
- Rabenhorst, L. 1968. Flora Europea Algarum Aquae Dulcis et Submarine. III. Chlorophyceae, Melanophyceae et Rhodophyceae complectens. Lipsiae. p.327-346.
- Reviere, B. 2006. Biologia e Filogenia das Algas; tradução Iara Maria Franceschini. Porto Alegre: Artmed. 280 p.

- Rosemond, A.D. & Brawley, S.H. 1996. Species-specific characteristics explain the persistence of *Stigeoclonium tenue* (Chlorophyta) in a woodland stream. *Journal of Phycology* 32:54-63.
- Sarma, P. 1986. The Freshwater Chaetophorales of New Zealand. *Nova Hedwigia* 58: 1-169.
- Schmidle, W. 1901. Algen aus Brasilien. *Hedwigia* 40: 45-54.
- Schmitz F. 1879. Über grüne algen im Golf von Athen. Bericht über die Sitzungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Halle 1878: 17-23.
- Semir, J., Sazima, I. & Sazima, M. 1988. *Basycladia chelonum*, alga epizoária em casco de tartarugas de água doce, no sudeste brasileiro. *Ciência e Cultura* 40(9): 885-888.
- Silva, P.C. 1963. Classification of algae. In: Lewin, R.A. (Ed.) Physiology and biochemistry of algae. Academic Press, New York. pp. 827-837.
- Silva, P.C. 1982. Chlorophyta. In: Synopsis and classification of living organisms. Vol. I. S.P. Parker. p.131-161. MC. Graw-Hill Book Company, New York.
- Simons, J., van Beem, A.P. & De Vries, P.J.R. 1986. Morphology of the prostrate thallus of *Stigeoclonium* (Chlorophyceae, Chaetophorales) and its taxonomic implications. *Phycologia* 25:210-220.
- Skinner, S. & Entwisle, T.J. (2004). Non-marine algae of Australia: 6. Cladophoraceae (Chlorophyta). *Telopea* 10(3): 731-748.
- Smith, G.M. 1950. The freshwater algae of the United States. 2nd ed. McGraw-Hill, Nova York.
- Starmach, K. 1972. Flora Slodkowodna Polski. Tomo X. Chlorophyta III. p.224-263.
- Stewart, K.D. & Mattox, K.R. 1975. Comparative cytology, evolution and classification of the green algae with some consideration of the origin with chlorophyll *a* and *b*. *Botanical Reviews* 41: 104-135.
- Tupa, D.D. 1974. An investigation of certain Chaetophoralean algae. *Nova Hedwigia* 46: 1-155.
- 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. 1963. Revision of the European species of *Cladophora*. Brill E.J., Leiden. 248 pp.
- van den Hoek, C. 1978. (Unter Mitwirkung von H.M. Jahns.) Algen. Einführung in die Phycologie. Thieme, Stuttgart. 481 pp
- van den Hoek, C. 1981. Chlorophyta: morphology and classification. In: The Biology of

- Seaweeds. Lobban C. & Wynne M.J. (eds), 86-132. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- van den Hoek, C. 1984. The systematics of the Cladophorales. In: Systematics of the Green Algae. Irvine D.E.G. & John D.M. (eds), 157-178. Academic Press, London.
- van den Hoek, C., Mann, D.G. & Jahns, H.M. 1995. Algae: an introduction to phycology. Cambridge: Cambridge University Press. 623 p.
- West, G.S. 1916. Algae. Vol.I. Cambridge Univ. Press; Cambridge. 475pp.
- West, G.S. & Fritsch, F.E. 1927. A Treatise on the British Freshwater Algae. Cambridge University Press. London. 534 pp.
- Wille, N. 1901. Algologische notizen. VII and VIII. *Nytt Mag. Naturvid* 39: 1-22.
- Wilson, K.P., Shannon, J.P. & Blinn, D.W. 1999. Effects of suspended sediment on biomass and cell morphology of *Cladophora glomerata* (Chlorophyta) in the Colorado River, Arizona. *Journal of Phycology* 35: 35-41.

ANEXOS DO CAPÍTULO 1 – Tabelas e Figuras

Tabela 01. Comparações das características diagnósticas das espécies de *Basicleadia* no mundo comparando com *B. sp. nov.*

| | <i>B. chelonum</i> ¹ | <i>B. crassa</i> ¹ | <i>B. vivipara</i> ² | <i>B. sinensis</i> ³ | <i>B. ramulosa</i> ⁴ | <i>B. kosterae</i> ⁵ | <i>B. okamurae</i> ⁵ | <i>B. sp. nov.</i> |
|--------------------------------|--|--|---------------------------------|---------------------------------|---|---|---|--|
| Tamanho da planta | 10-20mm | 10-20mm | 0,3-0,35mm | 80-120mm | ?-100mm | ?-25, \bar{X} = 10mm | ?-20mm | 0,7-3,5mm |
| Dimensões do cenócito basal | C: ?-1000µm, L: 12-20µm, RC/L: ?-50 | C: 1325-3175µm, L: 50-120µm, RC/L: ?-30 | C: ?, L: 5-10µm, RC/L: ? | C: ?, L: 60-95µm, RC/L: ? | C: 700-2190µm, L: 30-54µm, RC/L: 21-40 | C: 550-1650µm, L: 27-58µm, RC/L: 9,2-26 | C: 1290-6150(-12000)µm, L: 15-89µm, RC/L: 29-49(-163) | C: 45,9-121,8 (-198,5)µm, L: 18,9-46,2µm, RC/L: 1,5-5,0 |
| Dimensões do cenócito do eixo | C: ?, L: ?-35µm, RC/L: 5-10 | C: 65-125µm, L: 70-125µm, RC/L: 4-8 | C: ?, L: 5-28µm, RC/L: ? | C: ?, L: 60-95µm, RC/L: ? | C: 270-493µm, L: 29-47µm, RC/L: 6,1-?, podendo ser bi ou trisseriada nessa porção | C: 105-270µm, L: 53-85µm, RC/L: 1,7-5,3 | C: 100-890µm, L: 37-98µm, RC/L: 2,2-14,7 | C: (30,4-)34,6-131,5µm, L: 56,8-176,0µm, RC/L: 0,3-1,3 |
| Dimensões do cenócito apical | C: ?, L: ?, RC/L: 2-3 | C: 60-275µm, L: 30-95µm, RC/L: 1,5-3 | C: ?, L: ?, RC/L: 2-3 | C: ?, L: ?, RC/L: 2-3 | C: 50-106µm, L: 11,5-19µm, RC/L: 3,5-6,9 | C: 74-230µm, L: (18-)25-38(-42)µm, RC/L: (1,5-)2,9-6,0 | C: 93-235µm, L: 30-77µm, RC/L: 2,2-5,5 | C: 35,7-102,5(-124,3)µm, L: (34,8-)40,4-81,8(-98,0)µm, RC/L: (0,7-)0,8-2,2 |
| Zoodângios | C: ?, L: ?-50µm, RC/L: 1-4 | C: 87-197µm, L: 64-127µm, RC/L: 1-1,5 | C: ?, L: ?-50µm, RC/L: 1-4 | C: ?, L: ?-50µm, RC/L: 1-4 | C: 55-116(-145)µm, L: 17-32µm, RC/L: ? | C: 68-135µm, L: 70-110µm, RC/L: 0,7-1,8 | C: 93-235µm, L: 30-77µm, RC/L: 2,2-5,5 | C: 32,4-106,9µm, L: 46,6-157,7µm, RC/L: 0,4-1,1(-1,5) |
| Freqüência e posição dos ramos | Poucos, principalmente próximos a base | Poucos, principalmente próximos a base | Não ramificada | | Muitos, em todo o eixo sendo bi ou trifurcados | Em geral muitos, entre o 3° ao 6° cenócito podendo ser bifurcados | Muitos, restritos ao cenócito basal | Poucos, principalmente próximos a base |
| Hábitat registrado | Cascos de tartaruga, epilítica | Cascos de tartaruga, epilítica, em madeira | Em conchas de caramujos | Cascos de tartaruga | Cascos de tartaruga | Cascos de tartaruga, epilítica | Epilítica | Epilítica |
| Distribuição | EUA, Brasil, Havai | EUA, México | EUA | EUA | Austrália | França, México, Austrália | França | Região Sul do Brasil |

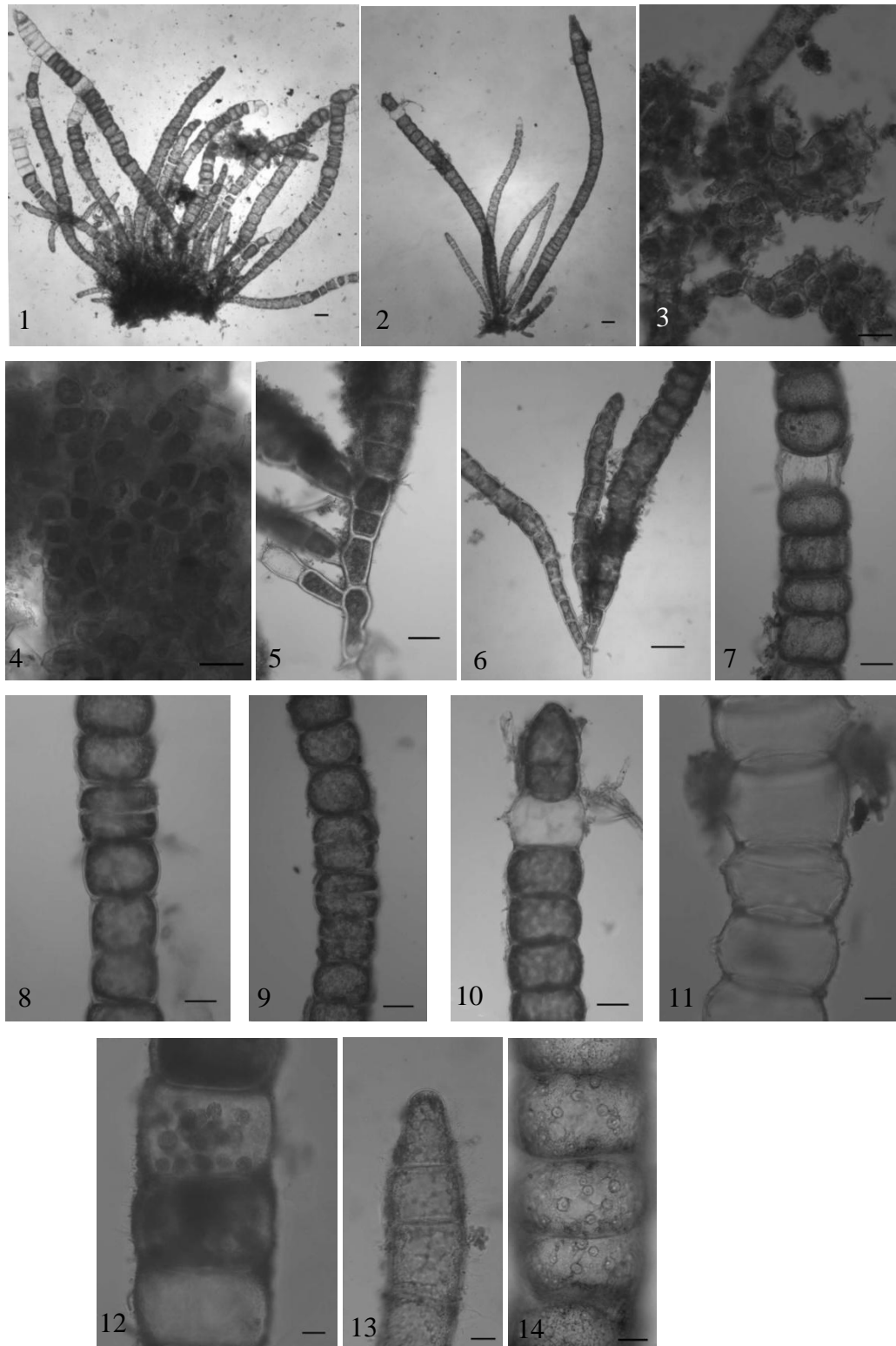
1. Obtidos na descrição original do gênero, exceto tamanho de *B. chelonum* retirado de Semir *et al.* (1988) para material brasileiro;
2. Obtido na descrição original da espécie por Normandin & Taft (1959);
3. Obtido na descrição de *B. vivipara* por Normandin & Taft (1959);
4. Medidas do tipo realizadas por Castillo (1997), exceto zoodângios onde os dados foram retirados de Skinner *et al.* (2008) em material por eles coletado;
5. Medidas realizadas por Castillo (1997).

Tabela 2. Ocorrência e cobertura percentual dos táxons da ordem Chaetophorales na região Sul do Brasil.

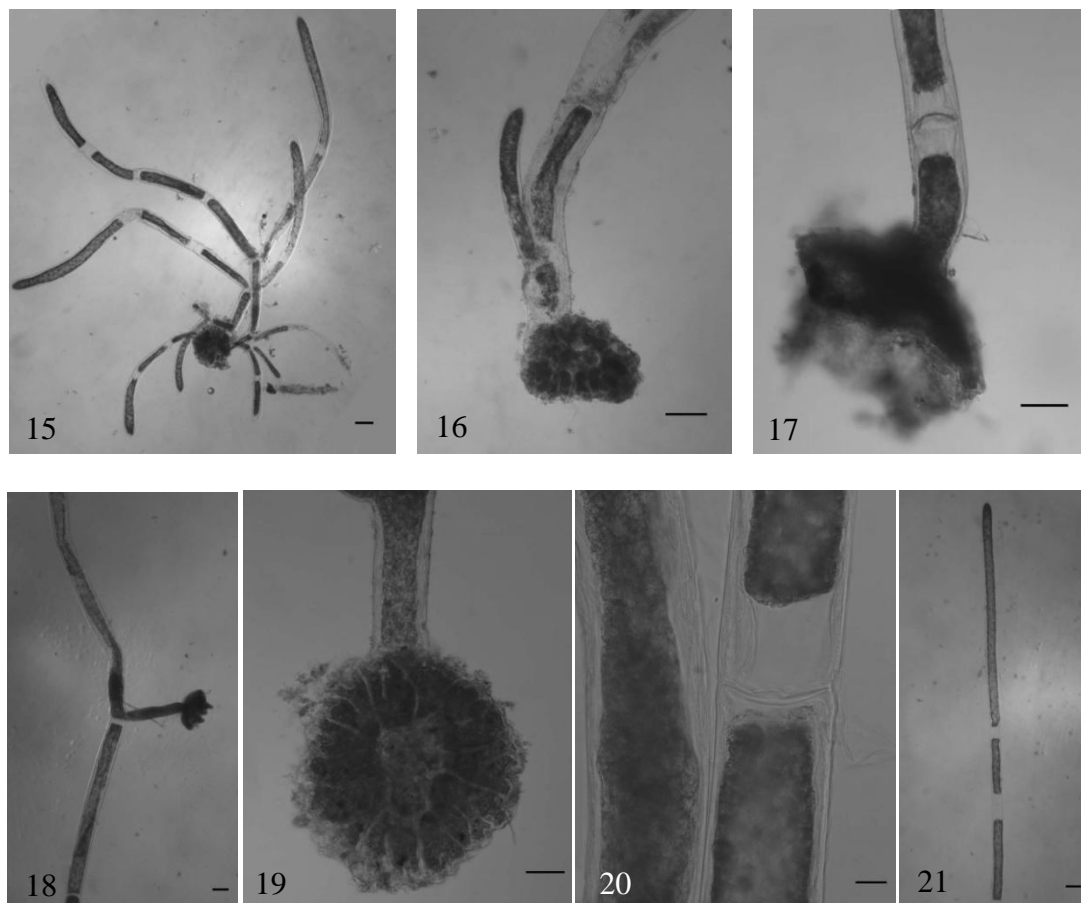
| Táxons | Cobertura percentual | Ocorrências | Ocorrência por bioma |
|--|----------------------|-------------|----------------------|
| <i>Chaetophora attenuata</i> | 0,1 | 1 | FOM |
| <i>C. elegans</i> | 0,2 | 1 | CAM |
| <i>C. pisiformis</i> | 0,4±0,5 | 2 | FOM, CAM |
| Total para <i>Chaetophora</i> | 0,3±0,4 | 4 | |
| <i>Draparnaldia mutabilis</i> | 2,9±0,5 | 3 | FES, CAM |
| <i>Epibolium</i> sp. | 0,6 | 1 | FOM |
| <i>Stigeoclonium amoenum</i> | 2,6±3,3 | 7 | FOM, FES, CAM |
| <i>S. fasciculare</i> | 0,8 | 1 | FOD |
| <i>S. lubricum</i> | 0,4 | 1 | FES |
| Total para <i>Stigeoclonium</i> | 2,2±3,0 | 10 | |
| Total para Chaetophorales | 1,8±2,8 | 18 | |

Tabela 3. Número de ocorrências por bioma dos táxons da ordem Chaetophorales na região Sul do Brasil.

| Táxons | Ocorrências por bioma | | | |
|----------------------------------|-----------------------|----------|----------|----------|
| | FOM | FOD | FES | CAM |
| <i>Chaetophora attenuata</i> | 1 | - | - | - |
| <i>C. elegans</i> | - | - | - | 1 |
| <i>C. pisiformis</i> | 1 | - | - | 1 |
| <i>Draparnaldia mutabilis</i> | 1 | - | - | 2 |
| <i>Epibolium</i> sp. | 1 | - | - | - |
| <i>Stigeoclonium amoenum</i> | 3 | - | 2 | 3 |
| <i>S. fasciculare</i> | - | 1 | - | - |
| <i>S. lubricum</i> | - | - | 1 | - |
| Total para Chaetophorales | 7 | 1 | 3 | 7 |



Figuras 1-14. *Basicladia* sp.nov. 1-2. planta inteira; 3-4. sistema prostrado; 5-6. posição das ramificações; 7-9. cenócitos do sistema ereto; 10. cenócito apical e zoodângio; 11. zoodângios vazios; 12. zoodângios com zoósporos; 13. cenócito apical e; 14. cloroplastos reticulados. (Barras de escala. 100µm: 1-2 e 6; 50µm: 3-5, 7-10 e 13; 20µm: 11-12 e 14).



Figuras 15-21. *Cladophora sterrocladia*. 15. planta inteira; 16-17. rizóides primários; 18. rizóide secundário adventício; 19. detalhe do disco de fixação; 20. filamento com detalhe da parede celular e; 21. célula apical. (Barras de escala. 100 μ m: 15-16, 18 e 21; 50 μ m: 17 e 19; 20 μ m: 20).

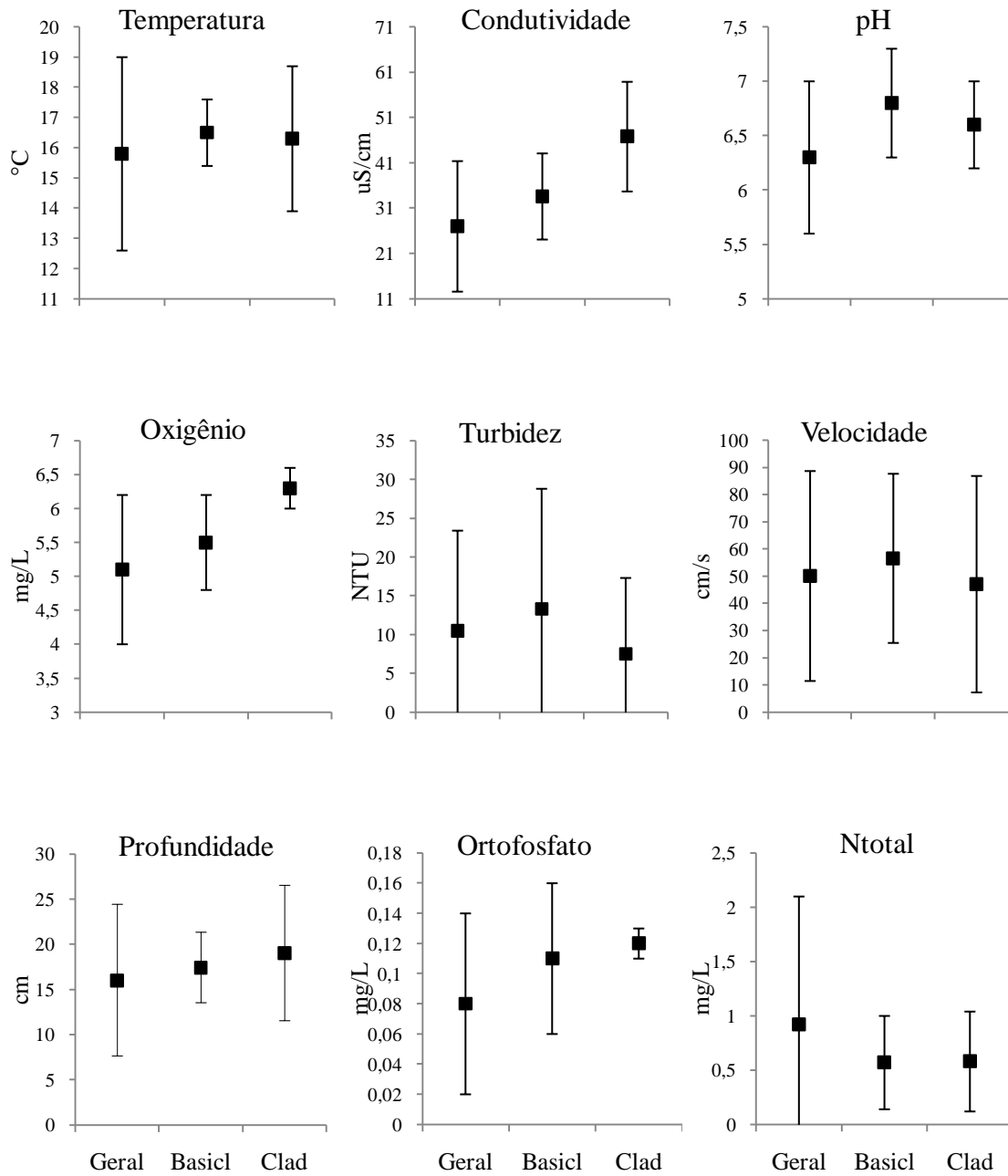
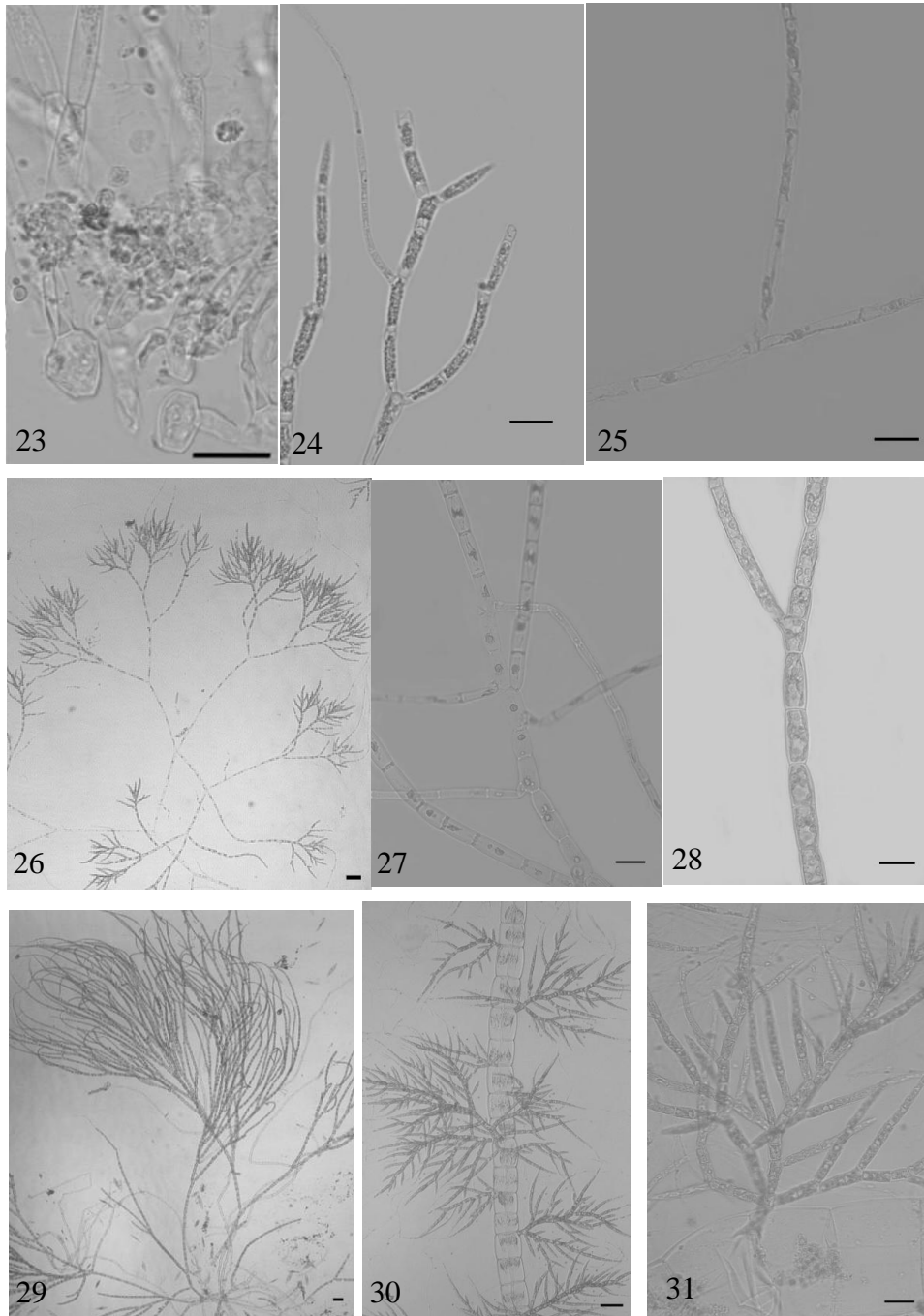
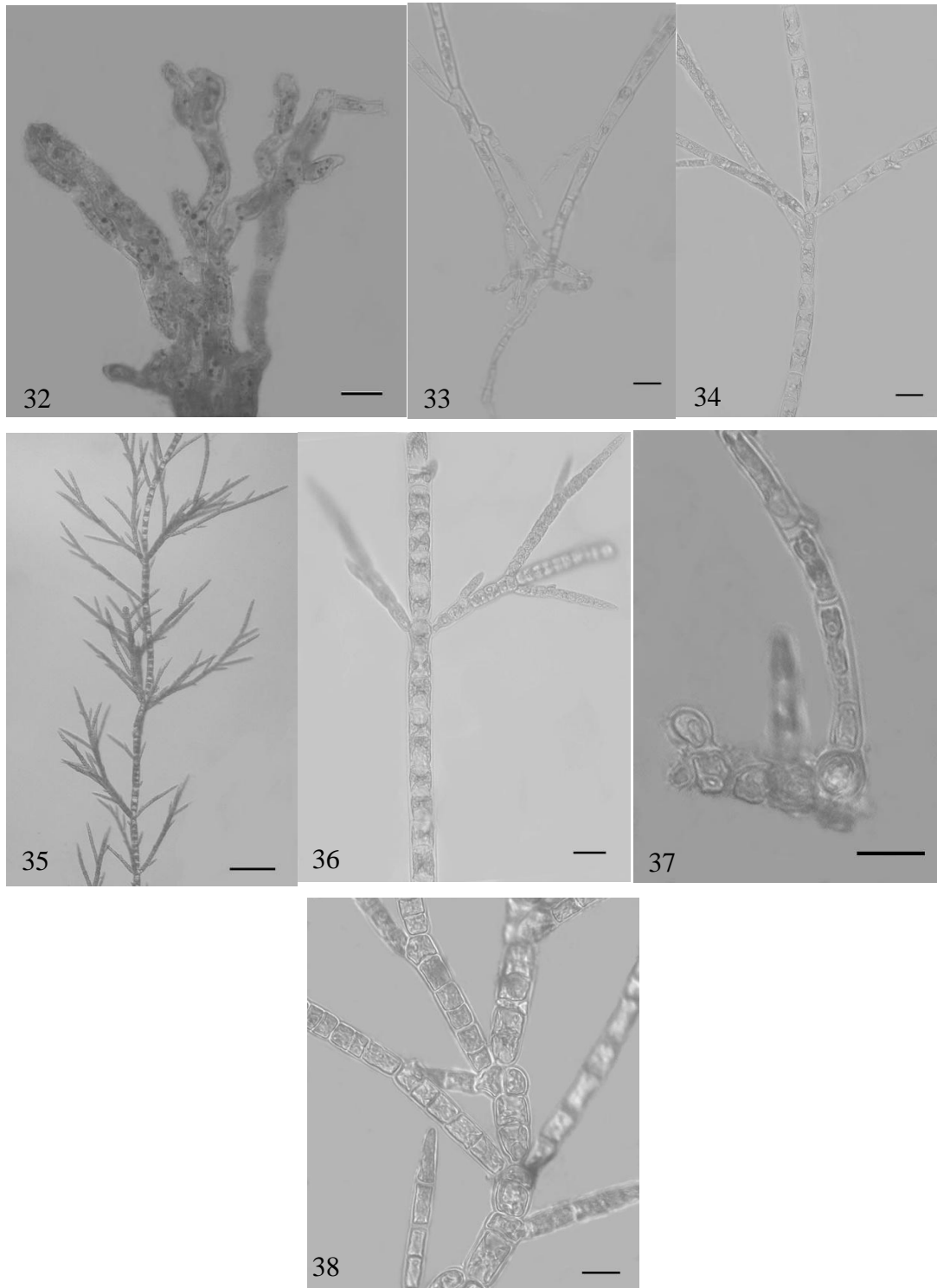


Figura 22. Variáveis ambientais (média±desvio padrão) para todos os riachos amostrados no Sul do Brasil (geral) e nos pontos com ocorrência de *Basicladia* sp.nov. (Basicl) e *Cladophora sterrocladia* (Clad).



Figuras 23-31. Espécies de Chaetophorales; 23-24. *Chaetophora attenuata*, 23. células palmelóides, 24. sistema ereto com células apicais atenuadas; 25-26. *C. elegans*, 25. filamentos prostrados ramificados, 26. sistema ereto fasciculado próximo a periferia; 27-29. *C. pisiformis*, 27. sistema basal formado por rizoides, 28. sistema ereto fasciculado na base, 29. ramificação; 30-31. *Draparnaldia mutabilis*, 30. eixo primário, 31. detalhe do ramo secundário; (Barras de escala. 20µm: 23-25, 27, 29, 31; 50µm: 26, 28, 30).



Figuras 32-38. Espécies de Chaetophorales. 32. *Epibolium* sp.; 33-34. *Stigeoclonium amoenum*, 33. sistema basal formado por uma massa de rizoides, 34. sistema ereto com células longas e curtas; 35-36. *S. fasciculare*, 35. sistema basal formado por rizoides, 36. sistema ereto formando fascículos; 37-38. *S. lubricum*, 37. Sistema basal formado por células globosas, 38. sistema ereto com células curtas e longas. (Barras de escala. 10 μ m: 37-38; 20 μ m: 32-34, 36; 100 μ m: 35).

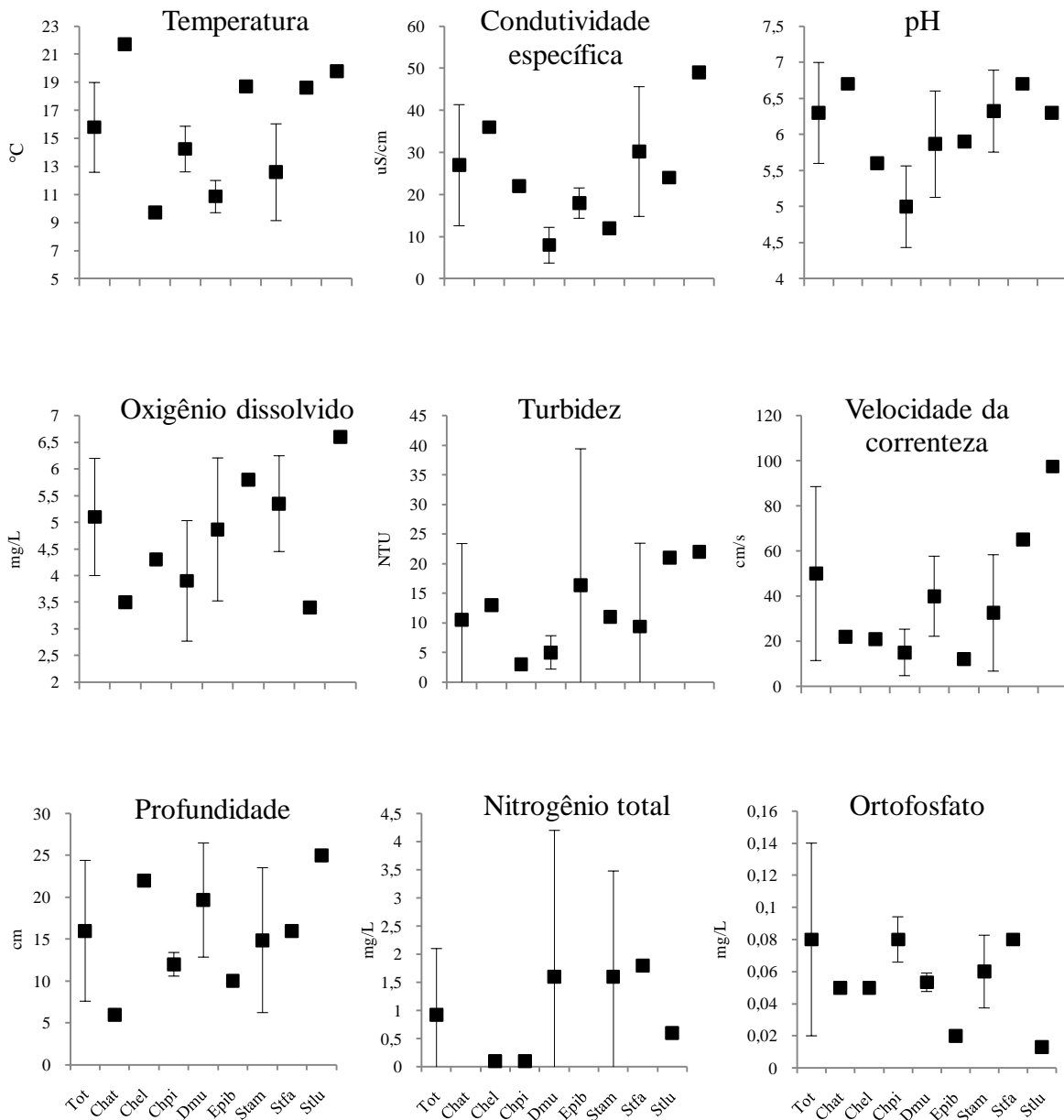


Figura 39. Variáveis ambientais (média±desvio padrão) para todos os riachos amostrados no Sul do Brasil (Tot) e nos pontos com ocorrência de *Chaetophora attenuata* (Chat), *C. elegans* (Chel), *C. pisiformis* (Chpi), *Draparnaldia mutabilis* (Dmu), *Epibolium* sp. (Epib), *Stigeoclonium amoenum* (Stam), *S. fasciculare* (Stfa) e *S. lubricum* (Stlu).

CAPÍTULO 2

TAXONOMIA E DISTRIBUIÇÃO ECOLÓGICA DAS ORDENS
MICROSPORALES, KLEBSORMIDIALES E ULOTRICHIALES DE
AMBIENTES LÓTICOS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO SUL DO
BRASIL

2.1 MICROSPORALES

2.1.1 Introdução histórica, taxonomia e sistemática de Microsporales

Microsporaceae, uma família de algas verdes, experimentou diversas alterações na sua posição sistemática desde a sua criação por Thuret (1850) a partir de representantes das *Corferva*. Enquanto alguns autores defenderam o seu posicionamento dentro da ordem Microsporales (Bohlin 1901, Heering 1914, Prescott 1951, Lokhorst 1984, Dillard 1989, Melkonian 1990), outros propuseram que a família pertencesse a Ulotrichales (West 1916, Wichmann 1937, Smith 1955, Ramanathan 1964, Bourrely 1972, 1990, Starmach 1972, Bold & Wynne 1978).

Baseado em estudos citológicos de ultraestrutura, Mattox & Stewart (1984) propuseram que o único gênero da família, *Microspora*, deveria pertencer a ordem Sphaeropleales na classe Chlorophyceae. Além disso, os autores comentaram que estes organismos poderiam ser interpretados como uma linha de autósporos, sugerindo uma relação íntima com as Chlorococcales.

No trabalho de Lokhorst & Star (1999), foi minuciosamente descrito o aparato flagelar de *Microspora* e os seus resultados indicaram, de fato, uma afinidade com as Chlorococcales, não com as Sphaeropleales. Assim, os autores sugeriram novos estudos taxonômicos e filogenéticos para definir a real posição do grupo dentro das algas verdes. Porém, defenderam antecipadamente que a distinta morfologia do talo, particularmente, as paredes celulares (compostas por peças em H), a presença de cloroplastos reticulados sem pirenóides e a reprodução tanto sexuada quanto assexuada garantem a posição de *Microspora* dentro da família Microsporaceae e na ordem Microsporales.

Alguns estudos taxonômicos sobre o gênero *Microspora* são importantes contribuições para o conhecimento do grupo como um todo. Lokhorst (1999) fez um estudo taxonômico das espécies do gênero ocorrentes na região centro-oeste da Europa e integrou dados de campo, cultura e laboratório, avaliando os principais marcadores morfológicos utilizados na sua taxonomia. Ainda na Europa, John (2005) revisou as espécies das Ilhas Britânicas, enquanto Dillard (1989) o fez para a América do Norte. Na América do Sul, Necchi *et al.* (2002) realizaram o levantamento taxonômico do gênero, a partir de uma ampla amostragem conduzida em 172 ambientes lóticos do estado de São Paulo. Finalmente, Novis (2004) fez um estudo taxonômico das espécies de *Microspora* encontrados em ambientes lóticos e lênticos da Nova Zelândia.

2.1.2 Características morfológicas vegetativas e reprodutivas

Os representantes da ordem Microsporales são caracterizados por apresentarem talo formado por filamentos não ramificados que podem ser terminados por uma célula rizoidal especializada na adesão da planta ao substrato. A parede celular ocorre como dois cilindros de final aberto firmemente aderidos no septo mediano, com a aparência de uma forma em H sob seção óptica. Cada protoplasto é envolto por duas destas estruturas, com as porções abertas sobrepondo-se na região central da célula. O gênero *Tribonema* (Ochromyza) possui uma estrutura similar, porém claramente evoluída independentemente. Durante a divisão celular, a nova peça em H é interpolada entre as existentes da parede da célula mãe.

Os plastídios são reticulados, parietais e sem a presença de pirenóides, porém repletos de grãos de amido. São muito variáveis, mas tem a forma de placa ou lâmina quando jovens e de pequenos discos conectados entre si ou taça quando maduros.

A reprodução assexuada se dá por fragmentação ou pela produção de zoósporos (em número de um, dois, quatro, oito ou dezesseis) geralmente bi ou quadriflagelados. A reprodução sexuada é isogâmica.

2.1.3 Caracteres de importância taxonômica

A peça em H é a característica diagnóstica que define o gênero e, conseqüentemente, a família e a ordem, ambas monotípicas (Reviere 2006). Considerando a taxonomia específica, os principais caracteres diagnósticos utilizados são: a estrutura da parede celular (peça em H), estrutura dos septos celulares, dimensões das células vegetativas, tipos de cloroplastos e forma e dimensões das estruturas de reprodução (Ramanathan 1964). Em adição, Lokhorst (1999), avaliou criticamente as principais características que podem ser utilizadas na delimitação das espécies de *Microspora*, em especial a forma da célula e da parede celular, o cloroplasto e a características da reprodução.

2.1.4 Distribuição geográfica e ecologia

Estudos ecológicos com Microsporales são escassos, e as maiores informações a respeito do grupo estão associadas a trabalhos taxonômicos ou a livros texto.

De modo geral, a distribuição da ordem Microsporales é considerada ampla, ocorrendo por todo o mundo, principalmente em habitats de água doce, sejam aderidas a algum substrato duro compondo o perifíton ou formando massas livre flutuantes. A única espécie marinha conhecida é *Microspora ficulinae* Dangeard, a qual é simbiótica de espongiários.

O grupo é considerado importante em ambientes singulares como córregos ácidos e turfeiras, sendo indicativo de qualidade de água destes ambientes (Lokhorst 1999), o que torna o conhecimento do grupo de elevada importância para a conservação.

Por sua ampla distribuição em riachos na Nova Zelândia e por ocorrer em uma grande amplitude de condições e apresentar taxonomia simples, baseada, primariamente, em características vegetativas, o gênero *Microspora* foi selecionado como potencialmente útil em monitoramentos biológicos (Biggs & Kilroy 2000).

Em um estudo realizado no Brasil sobre o gênero (Necchi *et al.* 2002), foram registradas três espécies de *Microspora* (*M. floccosa*, *M. quadrata* e *M. stagnorum*) associada a ambientes com velocidades médias da correnteza acima de 60 cm.s^{-1} . No trabalho de Novis (2004) para riachos da Nova Zelândia, as espécies de *Microspora* também foram registradas em ambiente com velocidade de correnteza relativamente altas (acima de 100 cm.s^{-1}).

2.1.5 O estudo de Microsporales no Brasil

Segundo Dias (1997), as primeiras referências da família Microsporaceae no Brasil foram feitas para o estado de São Paulo por Borge (1918). A partir desta publicação até a década de 70, apenas alguns trabalhos foram desenvolvidos (Borge 1925, Grönblad 1945, Prescott 1957, Uherkovich & Rai 1979), sendo que somente em Prescott (1957), foi apresentada a descrição e ilustração de uma espécie, *M. willeana*.

Alguns trabalhos de pesquisadores brasileiros formam o maior corpo informações sobre a taxonomia do grupo no país. Neste contexto, podem ser citados os trabalhos de Bicudo (1984) e Necchi *et al.* (2002) no estado de São Paulo; Dias (1985) e Dias & Bicudo (2001) no Rio de Janeiro; Dias (1989) no Mato Grosso; Dias (1990) no Distrito Federal; Dias (1991) na região noroeste do Brasil e Franceschini (1992) no Rio Grande do Sul. Tais estudos trazem a descrição e ilustração das seguintes espécies: *M. abbreviata* (Rabenhorst) Lagerheim, *M. floccosa* (Vaucher) Thuret, *M. membranacea* Wang, *M. pachyderma* (Wille) Lagerheim, *M. quadrata* Hazen, *M.*

palustris Wichmann, *M. stagnorum* (Kützing) Lagerheim, *M. tumidula* Hazen, e *M. willeana* Lagerheim.

A maioria dos trabalhos citados acima foram conduzidos em ambientes lênticos ou principalmente neles. Uma exceção é o trabalho de Necchi *et al.* (2002), onde o gênero *Microspora* foi inventariado a partir de amostras coletadas em ambientes lóticos. Até o presente esta é a mais importante referência brasileira para o grupo neste tipo de ambiente.

Ainda no Brasil, é importante mencionar as várias citações das espécies de *Microspora* ocorrendo como macroalgas em ambientes lóticos das regiões Sul e Sudeste (Necchi & Pascoaloto 1993, Branco & Necchi 1996a, 1996b, Necchi *et al.* 1997, 2003, 2008, Krupek *et al.* 2007, 2008).

2.1.6 Microsporales no Sul do Brasil

O gênero *Microspora*

Descrição do gênero *Microspora* Thuret

Como a ordem Microsporales é monotípica, a descrição do gênero corresponde a descrição da ordem, no item “características morfológicas vegetativas e reprodutivas”.

Comentários taxonômicos:

Além dos caracteres celulares morfométricos amplamente utilizados na taxonomia do gênero (comprimento, largura e relação comprimento/largura celulares e diâmetro da parede celular), outros dois marcadores taxonômicos amplamente utilizados até então no seu aspecto qualitativo foram quantificados, quais sejam, constrição dos septos e volume do cloroplasto. A constrição do septo pôde ser avaliada quantitativamente usando-se o percentual de diferença entre o diâmetro no septo e na região mediana da célula. Enquanto o volume do cloroplasto foi quantificado através da relação entre a área ocupada pelo cloroplasto no espaço interno da célula e a área que ele poderia ocupar, considerando apenas a vista do microscópio óptico. Além disso, outros caracteres qualitativos foram usados no presente estudo como a distinção da peça em H, a presença da estrutura em anel nos septos e o tipo de cloroplasto.

Entre os caracteres morfológicos quantitativos (Figura 1), o diâmetro celular e a constrição dos septos foram significativamente diferentes (de acordo com ANOVA e Teste de Tukey) entre as três espécies, enquanto a relação comprimento/largura e o diâmetro da parede celular diferenciaram *M. stagnorum* e o volume do cloroplasto *M. willeana* das outras duas espécies. O comprimento da célula teve uma grande variação nas três espécies e não apresentou diferenças significativas entre elas.

Chave artificial para as espécies de *Microspora* da região Sul do Brasil.

1. Filamentos constrictos nos septos (constrição média 10%), peças em H distintas, cloroplasto em retículo denso *M. tumidula*
- 1`. Filamentos não ou levemente constrictos nos septos (constrição média <6%), peças em H não distintas, cloroplasto em placa
 2. Estrutura em anel nos septos presente, parede celular com diâmetro médio de 0,8 µm diâmetro celular 7,5-10,1 µm (média 8,8) *M. stagnorum*
 - 2`. Estrutura em anel nos septos ausente, parede celular com diâmetro médio de 1,1 µm, diâmetro celular 9,5-12,8 µm (média 11,4) *M. willeana*

Microspora stagnorum (Kützing) Lagerheim, Figuras 2-3

Ber. Deutsch. Bot. Ges. 5(8): 414 (1887).

Basiônimo: *Conferva tenerrima* f. *stagnorum* Kützing

Sinônimo: *Conferva stagnorum* Kützing

Filamentos cilíndricos, levemente constrictos nos septos, constrição 0-13% ($\bar{x} = 6 \pm 3$), células com compr. 8,0-20,6 µm ($\bar{x} = 13,6 \pm 2,8$), larg. 7,5-10,1 µm ($\bar{x} = 8,8 \pm 0,5$), RC/L 0,9-2,3 µm ($\bar{x} = 1,6 \pm 0,3$). Parede celular fina, 0,5-1,3 µm ($\bar{x} = 0,8 \pm 0,2$), as duas peças em H geralmente não distintas, exceto na divisão celular. Estrutura em anel nos septos presente. Cloroplasto em placa granular, não preenchendo completamente o volume celular, 59-80% ($\bar{x} = 72 \pm 6$).

Distribuição no mundo:

América do Sul, Ártico, Europa, Ásia.

Distribuição no Brasil:

Rio de Janeiro (Dias 1985), São Paulo (Necchi *et al.* 1994, 1995, 1997, 2000, 2002, Branco & Necchi 1996a, 1996b), Paraná (Krupek *et al.* 2008).

Ocorrência no Sul do Brasil:

Pontos de amostragem: 50, 51, 91, 93, 102. SANTA CATARINA: São Domingos, Parque Estadual das Araucárias, riacho afluente do rio Jacutinga, 26°27'24''S, 52°33'57''W, alt. 692m, 14.viii.2007, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29765; *idem*, riacho sem denominação, 26°27'21''S, 52°33'41''W, alt. 687m, 14.viii.2007, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29766; RIO GRANDE DO SUL: Canela, Parque Estadual do Caracol, rio Caracol, 29°18'41''S, 50°51'23''W, alt. 666m, 02.vi.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29724; *idem*, riacho da estrada para o Parque da Ferradura, 29°16'52''S, 50°50'52''W, alt. 742m, 02.vi.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29727; *idem*, Cambará do Sul, Parque Nacional de Aparados da Serra, rio Camisas, 29°10'43''S, 50°08'11''W, alt. 938m, 31.v.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29785.

Microspora tumidula Hazen, Figuras 4-5

Mem. Torrey Bot. Club 11: 177, pl. 24: figs. 8-11, 1902.

Sinônimos: nenhum encontrado

Filamentos quase cilíndricos, constrictas nos septos, constrição 5-16 % ($\bar{x} = 10 \pm 3$), células com compr. 6,2-21,9 μm ($\bar{x} = 13,0 \pm 3,9$), larg. 7,5-12,0 μm ($\bar{x} = 9,6 \pm 1,1$), RC/L 0,7-2,0 μm ($\bar{x} = 1,3 \pm 0,3$). Parede celular fina, 0,6-1,8 μm ($\bar{x} = 1,2 \pm 0,3$), as duas peças em H distintas. Estrutura em anel nos septos ausente. Cloroplasto em retículo denso, não preenchendo completamente o volume celular, 58-84 % ($\bar{x} = 71 \pm 6$).

Distribuição no mundo:

América do Sul, Ártico, Europa, Ásia e Australásia.

Distribuição no Brasil:

Citada em Necchi *et al.* (2000), porém corrigida em Necchi *et al.* (2002) para *M. stagnorum*).

Ocorrência no Sul do Brasil:

Pontos de amostragem: 87, 99, 100. RIO GRANDE DO SUL: Canela, Parque Estadual do Caracol, riacho da trilha das pinguelas, 29°16'20''S, 50°50'54''W, alt. 701m, 03.vi.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29732; Cambará do Sul, Parque Nacional da Serra Geral, riacho afluente do Segredo, 29°04'36''S, 49°59'05''W, alt. 994m, 01.vi.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29792; *idem*, riacho do mirante do Cânion Fortaleza, 29°04'00''S, 49°57'44''W, alt. 1019m, 01.vi.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29793.

Microspora willeana Lagerheim, Figuras 6-7

Flora 72: 207. pl. XV: figs. 1-19, 1889.

Sinônimos: nenhum encontrado

Filamentos cilíndricos, não ou levemente constrictos nos septos, constrição 0-9 % ($\bar{x} = 2 \pm 2$), células com compr. 8,4-21,9 μm ($\bar{x} = 14,1 \pm 3,4$), larg. 9,5-12,8 μm ($\bar{x} = 11,4 \pm 0,8$), RC/L 0,8-1,7 μm ($\bar{x} = 1,2 \pm 0,3$). Parede celular fina, 0,8-1,7 μm ($\bar{x} = 1,1 \pm 0,2$). As duas peças em H não ou pouco distintas, exceto na divisão celular. Estrutura em anel nos septos ausente. Cloroplasto em placa perfurada, não preenchendo completamente o volume celular, 69-85 % ($\bar{x} = 77 \pm 5$).

Distribuição no mundo:

América do Sul, Europa e Ásia.

Distribuição no Brasil:

Mato Grosso (Dias 1989), Rio Grande do Sul (Sophia *et al.* 2005).

Ocorrência no Sul do Brasil:

Pontos de amostragem: 12, 19, 87. PARANÁ: Ponta Grossa, Parque Estadual de Vila Velha, riacho da estrada da igreja, 25°14'41''S, 50°00'58''W, alt. 803m, 03.v.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29775; *idem*, riacho da Furna 4, 25°13'60''S, 50°02'43''W, alt. 822m, 04.v.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29778; RIO GRANDE DO SUL: Canela, Parque Estadual

do Caracol, riacho da trilha das pinguelas, 29°16'20''S, 50°50'54''W, alt. 701m, 03.vi.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29732.

2.1.7 Distribuição ambiental e considerações biogeográficas das Microsporales no Sul do Brasil

Considerando a ocorrência do gênero como um todo, as populações encontradas na região Sul do Brasil ocorreram em valores médios mais baixos comparados com os reportados em Necchi *et al.* (2002) para temperatura (14,5 x 19,6 °C, respectivamente), condutividade específica (20 x 69 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), velocidade da correnteza (41 x 63 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$) e pH (5,7 x 6,8). Por sua vez, a turbidez média de ocorrência no presente estudo foi idêntica a encontrada no referido trabalho.

Entre as variáveis ambientais mensuradas no presente estudo (Figura 8), algumas revelaram uma relação com a presença de algumas espécies de Microsporales. *M. stagnorum* foi registrada em ambientes com maiores valores médios de condutividade, pH, turbidez e nitrogênio total que as duas outras espécies. Por outro lado, *M. tumidula* ocorreu em velocidades menores que as outras espécies coletadas no presente estudo.

Lokhorst (1999) reportou *M. stagnorum* predominantemente em ambientes de águas não ácidas e *M. tumidula* em águas ácidas. Necchi *et al.* (2002), registraram *M. stagnorum* em riachos com pH próximo ao neutro ($\bar{x} = 7,1$) e Novis (2004) em pH que variava de 6,8 a 8,3. Esses dados correspondem aos achados no presente estudo, porém, apesar de *M. stagnorum* ser encontrada em ambientes mais próximos ao neutro do que as outras duas espécies, o pH médio das observações desta espécie foi 6,2, portanto, ácido.

Novis (2004) registrou para *M. stagnorum*, valores de condutividade entre 52-480 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ enquanto Necchi *et al.* (2002) apresentaram para a mesma espécie, condutividade média de $99\pm 61 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. No presente estudo, os valores ficaram entre 5-60 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, ampliando assim a faixa de ocorrência da espécie, em relação a este parâmetro ambiental.

Ainda sobre *M. stagnorum*, Necchi *et al.* (2002) encontraram a espécie em temperatura média de $17,7\pm 3,2$ °C, enquanto no presente estudo a média foi $14,1\pm 4,6$ °C. Tal diferença pode ser causada puramente pela condição climática da região amostrada.

As três espécies reportadas no presente estudo ocorreram exclusivamente nos biomas de campos e floresta ombrófila mista. Apesar de existir uma tendência de ocorrência em um maior número de pontos de amostragem sem sombreamento marginal, foi observada uma variação

significativa das características locais dos ambientes onde as espécies foram coletadas. Uma demonstração deste fato, é que as três espécies ocorreram em pontos de amostragem onde a vegetação marginal variou desde aberto até sombreado (A a C na escala de DeNicola *et al.* 1992) e não foram encontradas em outros biomas que também tiveram pontos de amostragem sem sombreamento. Neste caso, parece que o bioma como um todo pode favorecer a ocorrência do gênero, não pelas características locais do trecho onde foi realizada a amostragem, mas provavelmente pelos aspectos da paisagem.

Como já encontrado por Necchi *et al.* (2002), o gênero mostrou uma distribuição restrita, sendo encontrado em somente 10 riachos (9,5% do total). Por outro lado, paradoxalmente, todas as espécies já foram descritas para o Brasil e outras partes do mundo. Este padrão tem sido recorrentemente encontrado para a maioria das macroalgas de ambientes lóticos em diversas regiões do mundo (Branco *et al.* 2009).

2.2 KLEBSORMIDIALES

2.2.1 Introdução histórica, taxonomia e sistemática de Klebsormidiales

O gênero *Klebsormidium*, principal representante das Klebsormidiales, foi proposto por Silva *et al.* (1972) para resolver um problema nomenclatural na aplicação do nome *Hormidium*. *Hormidium* foi primeiramente aplicado por Kützing (1843) para designar um gênero de algas verdes filamentosas que, ao longo do tempo, sofreu várias alterações produzidas pelo próprio Kützing (1849) e por Gay (1888). Kützing (1849) transferiu quase todos os representantes de *Hormidium* para *Ulothrix*, enquanto Gay (1888) transferiu todas as espécies para diferentes gêneros de Schizogoniales. Entretanto, a despeito destas modificações, *Hormidium* continuou a ser utilizado por Klebs (1896) para certas algas verdes filamentosas portadoras de cloroplastos parietais, sendo que tal atribuição foi adotada em importantes trabalhos como o de Oltmanns (1904), Fritsch (1935), Smith (1955) e Ramanathan (1964).

Fott (1960) descobriu a existência do homônimo *Hormidium* Lindley ex Heynhold, um gênero de orquídea tropical americana, e propôs a mudança de *Hormidium* Kützing para *Chlorhormidium*, porém esta e outras propostas como *Hormococcus* Chodat e *Pseudoulothrix* Pascher não foram aceitas por serem ilegítimas.

Diante desses problemas taxonômicos, e levando em consideração os caracteres particulares do grupo, Silva *et al.* (1972) propuseram o gênero *Klebsormidium* para abrigar os representantes de *Hormidium sensu* Klebs (1896). A proposta de *Klebsormidium* foi amplamente aceita e é utilizada até hoje. O gênero possui 22 espécies (Guiry & Guiry 2007), sendo este um número provisório já que muitos táxons específicos e subespecíficos são incertos e muita discussão tem sido feita sobre a validade destas entidades (Lokhorst 1996, Skaloud 2006). Rindi *et al.* (2008) comentaram que esta confusão taxonômica se deve a várias razões, em especial à morfologia extremamente simples desta alga, o que confere um número limitado de caracteres para a identificação, e também à sobreposição de muitos desses caracteres, o que por sua vez, acaba levando a diversas identificações dependendo da chave que é utilizada.

Skaloud (2006) avaliou a variação e significância de alguns caracteres morfológicos em duas espécies européias de *Klebsormidium* (*K. flaccidum* e *K. nitens*) e mostrou uma enorme variabilidade nestes caracteres durante o crescimento de espécies em culturas. A escassez de estudos moleculares em níveis genéricos e infragenéricos amplia o problema taxonômico do grupo, pois a maioria dos estudos que envolvem *Klebsormidium* tem levado em consideração altos níveis taxonômicos (Karol *et al.* 2001, Turmel *et al.* 2002, Qiu *et al.* 2006). Apenas alguns estudos (p. ex. Novis 2006, Sluiman *et al.* 2008) produziram dados moleculares sobre espécies, e destes, o mais relevante é o de Rindi *et al.* (2008). Neste trabalho, os autores investigaram as relações filogenéticas entre as espécies terrestres e aquáticas de *Klebsormidium* de habitats urbanos da Europa e de material de cultivo, através do sequenciamento do gene *rbcL*, e mostraram uma diversidade genética maior do que a esperada pela morfologia, o que implicaria em uma reorganização completa das espécies deste gênero. Estes resultados vão ao encontro do comentário apresentado por John (2005), que apontou a necessidade de uma revisão futura do gênero como um todo.

Na taxonomia de altos níveis, *Klebsormidium* foi primeiramente relacionado com *Ulothrix* (Lokhorst 1974). Entretanto, estudos ultraestruturais e moleculares revelaram diferenças notáveis entre ambos os gêneros, sendo que *Ulothrix* foi classificado na ordem Ulotrichales (Ulvophyceae) (Lokhorst 1984, 1985) e *Klebsormidium* na ordem Klebsormidiales (Charophyceae) (Mattox & Stewart 1984, Zechman *et al.* 1990).

2.2.2 Características morfológicas vegetativas e reprodutivas

As características dos representantes da ordem Klebsormidiales foram listadas a partir dos trabalhos de Ramanathan (1964), Silva *et al.* (1972), John (2005) e Rindi *et al.* (2008)

Estas algas verdes são caracterizadas por filamentos unisseriados não-ramificados formados por células cilíndricas, sem diferenciação polar. São livre-flutuantes ou aderidos por uma célula basal esférica com base gelatinosa hialina. Possuem parede celular fina e lisa que, sob condições adversas podem tornar-se, às vezes, espessa, lamelada e verrucosa, simultaneamente. Quando o filamento é quebrado, formam-se peças em H nas extremidades. Os cloroplastos são simples e parietais, laminados ou em forma de cinto, freqüentemente elípticos ou discóides, incompletamente circulando o lúmen celular, geralmente ocupando não mais que a metade da periferia da célula. Apresentam um único pirenóide, embebido no centro do cloroplasto, geralmente rodeado por um distinto envelope de amido. A reprodução assexual se dá pela produção de zoósporos biflagelados ou por aplanósporos, ou ainda, zoósporos dorsiventrais com flagelo subapical e assimetricamente inseridos, sem estigma, liberados por um poro lateral na parede celular. A reprodução sexual ocorre por fusão anisogâmica.

2.2.3 Caracteres de importância taxonômica

Os principais caracteres utilizados na taxonomia de Klebsormidiales são a largura e tipo de crescimento dos filamentos, a forma das células, a textura da parede celular, a formação de peças em H, a forma do cloroplasto e a forma dos pirenóides. Lokhorst (1996) adicionou novos caracteres baseados na observação de material de cultura, os quais incluíram a presença de uma camada superficial hidrorrepelente nas culturas líquidas, forma do poro de liberação dos zoósporos na parede lateral e padrão de germinação dos zoósporos. Entretanto, segundo Rindi *et al.* (2008) as diferentes chaves de identificação disponíveis podem levar a diferentes identificações ou as vezes não chegar a nenhuma espécie. Esta situação se agrava, segundo o autor, pelo fato dos caracteres reprodutivos não serem encontrados facilmente em material coletado no campo, o que torna muito difícil a identificação específica precisa.

2.2.4 Distribuição geográfica e ecologia

O gênero *Klebsormidium* é cosmopolita e amplamente distribuído em habitats terrestres e de água doce. As espécies de água doce são encontradas em várias partes do mundo e são

recorrentemente reportadas como parte da comunidade macroalgal de riachos (Sheath & Cole 1992, Foerster *et al.* 2004, Hu & Xie 2006, Necchi *et al.* 2008).

Alguns estudos tem mostrado que *K. rivulare* é uma espécie tolerante ao zinco (Say *et al.* 1977, Whitton & Kelly 1995). Stevens *et al.* (2001), em um estudo avaliando o conteúdo de metais (alumínio, ferro, manganês e zinco) em algas de drenagem de minas ácidas, no sudeste de Ohio na América do Norte, comentaram que a espécie *K. rivulare* é uma alga abundante neste tipo de ambiente tendo um crescimento ótimo em pH entre 3,5 a 4,0 e sendo tolerante a essa condição de excesso de metais. Ainda neste mesmo trabalho, estudos experimentais demonstraram que a espécie acumula metais por absorção ou por adsorção, podendo ser útil no biomonitoramento e na biorremediação de águas com poluição por metais.

2.2.5 O estudo de Klebsormidiales no Brasil

Nenhum estudo taxonômico com Klebsormidiales foi realizado até o momento, com material proveniente do Brasil, entretanto, alguns estudos enfocando macroalgas de ambientes lóticos citaram a presença de duas espécies de *Klebsormidium* no país: *K. rivulare* na Serra da Canastra (MG) (Necchi *et al.* 2003) e *K. fluitans* na Serra de Itatiaia (RJ, MG) (Necchi *et al.* 2008).

2.2.6 Klebsormidiales no Sul do Brasil

O gênero *Klebsormidium*

Descrição do gênero *Klebsormidium* P.C.Silva, K.Mattox & W.Blackwell

Como a ordem Klebsormidiales é monogénica, a descrição do gênero corresponde a descrição da ordem, no item “características morfológicas vegetativas e reprodutivas”.

Comentários taxonômicos:

Lokhorst (1996) sugeriu que para uma acurada identificação das espécies do gênero *Klebsormidium*, toda a amostra deveria ser cultivada e identificada com duas chaves, uma do material coletado em campo e outra para o material cultivado em laboratório. No presente estudo, só foram utilizadas amostras coletadas em campo, portanto, as chaves utilizadas para as

identificações foram aquelas condizentes com este tipo de material, tais como Ramanathan (1964) e John (2005).

Klebsormidium fluitans (F. Gay) Lokhorst, Figuras 9-15

Cryptog. Stud. 5: 20, 1996.

Basiônimo: *Stichococcus fluitans* F. Gay

Sinônimos: *Hormidium fluitans* (F. Gay) Heering, *Chlorhormidium fluitans* (F. Gay) Starmach

Filamentos retos ou curvados e às vezes torcidos, com junções em forma de “joelho” formando falsas ramificações e, em geral, desenvolvendo neste local uma base constituída por mucilagem firme. Células cilíndricas ou em forma de barril, levemente constrictas 0-11 % ($\bar{x} = 2,5 \pm 3,3$), compr. 4,8-14,2 μm ($\bar{x} = 9,0 \pm 2,4$), larg. 5,2-11,3 μm ($\bar{x} = 7,7 \pm 1,9$), RC/L 0,5-2,5 μm ($\bar{x} = 1,2 \pm 0,5$). Parede celular fina, 0,4-1,6 μm ($\bar{x} = 0,8 \pm 0,3$). Geralmente peças em H desenvolvem-se junto aos septos transversais, quando o filamento é quebrado. Cloroplasto em placa, situada na região periférica da célula em apenas um lado. Zoosporângios vazios com dimensões levemente menores, compr. 3,4-6,8 μm ($\bar{x} = 4,8 \pm 1,0$), larg. 4,5-5,8 μm ($\bar{x} = 5,2 \pm 0,3$), RC/L 0,7-1,4 μm ($\bar{x} = 0,9 \pm 0,2$), poro circular com contorno liso localizado na porção mediana da célula com diâmetro 2,4-4,0 μm ($\bar{x} = 3,0 \pm 0,5$).

Comentários taxonômicos:

As duas populações coletadas na área de estudos tiveram dimensões que diferiram sutilmente uma da outra. A população coletada no estado do Paraná mostrou valores métricos um pouco maiores do que a do Rio Grande do Sul, mas com uma grande sobreposição nos seus limites. Além disso, a primeira teve grande quantidade de zoosporângios vazios, enquanto na segunda os mesmos foram escassos. Entretanto, as demais características típicas da espécie como as junções em forma de joelho, as peças em H nos septos transversais e o cloroplasto em placa parietal foram comuns em ambas as populações e, por isso, supõe-se que esta variação morfométrica reflita tão somente as diferentes condições ambientais em que ambas vegetaram.

Distribuição no mundo:

América do Sul, América do Norte, Europa, Ilhas do Pacífico (Havaí).

Distribuição no Brasil:

Serra de Itatiaia (RJ, MG) (Necchi *et al.* 2008).

Ocorrência no Sul do Brasil:

Pontos de amostragem: 17, 103. PARANÁ: Ponta Grossa, Parque Estadual de Vila Velha, riacho dos Bombeiros, 25°13'57"S, 49°58'15"W, alt. 868m, 04.v.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29779; RIO GRANDE DO SUL: Cambará do Sul, Parque Nacional de Aparados da Serra, riacho próximo ao alojamento, 29°10'20"S, 50°06'42"W, alt. 938m, 31.v.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29784.

2.2.7 Distribuição ambiental e considerações biogeográficas das Klebsormidiales no Sul do Brasil

As variáveis ambientais dos pontos de amostragem com presença de Klebsormidiales (no caso da espécie *K. fluitans*) estiveram dentro dos valores globais encontrados para todos os riachos da região Sul do Brasil (Figura 16). Entretanto, o centro de sua ocorrência foi registrado em valores de pH e oxigênio dissolvido menores e em valores de velocidade da correnteza maiores do que a média global dos riachos amostrados. Necchi *et al.* (2008) encontraram a mesma espécie em quatro dos seus 14 pontos de amostragem na Serra de Itatiaia (MG, RJ) e comentam que os riachos tiveram baixos valores de pH ($\bar{x} = 6,0 \pm 0,5$). Em adição, *K. rivulare*, uma espécie semelhante a *K. fluitans* e também ocorrente em riachos, é descrita como sendo típica de ambientes com baixos valores de pH, sendo encontrada inclusive em drenagem de minas ácidas na América do Norte (Stevens *et al.* 2001).

As duas amostras de *K. fluitans* foram coletadas em bioma campestre sugerindo uma possível relação do grupo com este tipo de ambiente. Adicionalmente, o outro registro de *K. fluitans* para o Brasil (Necchi *et al.* 2008), assim como o único de *K. rivulare* no país (Necchi *et al.* 2003) também foram feitos a partir de material oriundo de bioma campestre. Entretanto, como poucas amostras foram estudadas, ainda não é possível uma conclusão definitiva sobre este padrão de distribuição biogeográfica.

2.3 ULOTRICHALES

2.3.1 Introdução histórica, taxonomia e sistemática de Ulotrichales

A ordem Ulotrichales foi criada por Borzi (1895, como Ulothrichiales) para agrupar “algas verdes, isogâmicas, multicelulares, portadoras de cloroplastos geralmente parietais e pirenóides amilíferos centrais”. De acordo com a descrição deste autor, esta ordem abrigaria as famílias Ulvaceae, Chaetophoraceae, Ctenocladaceae, além da ordem típica, Ulothrichiaceae (=Ulotrichaceae).

Desde a sua criação, a ordem Ulotrichales tem passado por enormes transformações e tem sido reconhecida de diferentes maneiras, abrigando diferentes gêneros, dependendo do autor (Heering 1914, Fritsch 1935, Smith 1950, Papenfuss 1955, Ramanathan 1964). De acordo com Ramanathan (1964), a razão dessas enormes divergências é o fato da distinção da ordem, bem como das famílias, gêneros e táxons infra-genéricos ser feita com base em caracteres vegetativos, ao contrário do que acontece com outras ordens, onde os caracteres reprodutivos são utilizados. Ramanathan (1964) propôs um sistema muito compreensivo utilizando-se basicamente do tipo de talo (filamentos simples, ramificados ou parenquimatosos), natureza dos cloroplastos (parietais ou axiais), natureza dos corpos reprodutivos e tipo de ciclo de vida. Este sistema separou Ulotrichales das ordens Chaetophorales e Ulvales.

A partir de dados de ultraestrutura e bioquímica, Stewart *et al.* (1973) e Stewart & Mattox (1975) reclassificaram a as algas verdes. Em consequência disso, a posição de gêneros reconhecidos dentro da ordem Ulotrichales sofreram grandes modificações, tais como transferência de *Klebsormidium* para a ordem Klebsormidiales (Charophyceae) e de *Uronema* para Chaetophorales (Chlorophyceae). Esta classificação foi seguida por importantes trabalhos posteriores, como van den Hoek (1981) e Silva (1982).

Diante disso, Lokhorst (1984), sustentado pelos trabalhos de Stewart *et al.* (1973), Stewart & Mattox (1975) e Silva (1982), propôs uma diagnose da ordem, a qual estaria incluída na classe Ulvophyceae. Esta proposta de inclusão nas Ulvophyceae foi plenamente aceita pelos autores posteriores (Graham & Wilcox 2000, Reviere 2006, Lee 2008) e a partir de então, a ordem tem experimentado um período de estabilidade taxonômica com exceção da taxonomia em níveis genéricos e infra-genéricos, os quais continuam passando por extensas modificações.

O gênero *Geminella* pertence a ordem Ulotrichales sendo composto por algas filamentosas unisseriadas circundadas por um envelope mucilaginoso. Ramanathan (1964)

informou que o gênero era pouco conhecido e que existia muita contradição e sobreposição com os gêneros *Gloeotila* Kützing e *Planctonema* Schmidle. Ettl & Gärtner (1995) propuseram a criação da ordem Gloeotilales e da família Gloeotilaceae as quais englobariam também o gênero *Geminella*. Entretanto, esses táxons foram criados provisoriamente e são inválidos por não apresentarem tipo designado. A proposta de classificação de Ettl & Gärtner (1995) foi seguida por Cambra-Sanchez *et al.* (1998), os quais ressalvaram o fato destes táxons serem inválidos e admitiu a classificação apenas pela provável desagregação destes gêneros de Ulotrichales. O estudo filogenético conduzido por Sluimann *et al.* (2008) a partir de dados de rDNA e sequências ITS corroborou a proposição dos autores acima além de supor que esses táxons provavelmente pertençam a classe Trebouxiophyceae.

Diante do exposto, provavelmente muitas mudanças taxonômicas são esperadas para a ordem Ulotrichales e, provavelmente, o gênero *Geminella* será transferido para outra ordem. Entretanto, nenhuma proposta foi de fato consumada até o presente momento e, por isso, o gênero continua sendo tratado de maneira convencional, na ordem Ulotrichales. Este posicionamento é inclusive recomendado por Guiry (*com. pess.*).

2.3.2 Características morfológicas vegetativas e reprodutivas

As seguinte diagnose da ordem Ulotrichales foi extraída de Lokhorst (1984).

Talo sarcinóide, unisseriado, ramificado ou não, multisseriado ou expandido formando lâminas monostromáticas, tubos ocos ou folhas distromáticas. Células fundamentalmente cilíndricas, uninucleadas no estágio vegetativo, possuindo um cloroplasto parietal, laminado, em forma de cinto ou copo e frequentemente projetando fios. Cloroplastos com um a vários pirenóides rodeados por uma bainha de grãos de amido. Parede celular continua e às vezes lamelada, sem plasmodesmas. Aderido por células basais simples ou rizoidais. Reprodução assexual por células bi ou quadriflageladas ou por aplanósporos. Reprodução sexual por gametas biflagelados com fusão iso ou anisogâmica. Ciclo de vida variando de haplobiôntico a diplobiôntico iso ou heteromórfico. Flagelos inseridos apicalmente com aparato flagelar cruciado. Corpos basais mostrando simetria rotacional de 180°, arranjados relativamente um a outro em configuração 11h/5h. Fórmula da raiz flagelar x-2-x-2 (x=4).

2.3.3 Caracteres de importância taxonômica

Os principais caracteres utilizados na taxonomia de Ulotrichales são o hábito e a forma do talo, as características da parede celular, tipo e forma das células e cloroplastos e presença de pirenóide.

2.3.4 Distribuição geográfica e ecologia

Os representantes das Ulotrichales são cosmopolitas e comumente marinhos (Reviere 2006), ocorrendo em costões rochosos aderidos a substratos estáveis. Algumas são encontradas em ambientes de água doce, tanto em ecossistemas lóticos como lênticos e algumas são subaéreas (Graham & Wilcox 2000).

2.3.5 O estudo de Ulotrichales no Brasil

Os estudos com Ulotrichales de água doce no Brasil são escassos e fragmentados. Os trabalhos mais importantes com a ordem são: Bicudo & Pereira (2003) no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP; Dias (1985) no estado do Rio de Janeiro e Franceschini (1992) no Rio Grande do Sul. Todos estes estudos enfocaram, basicamente, o gênero *Ulothrix*.

2.3.6 Ulotrichales no Sul do Brasil

O gênero *Geminella*

Descrição do gênero *Geminella* Turpin

Filamentos aderidos ou livre-flutuantes, unisseriados e não ramificados. Células em séries frouxas e equidistantes, em pares ou unidas topo a topo, envolvidas por uma bainha mucilaginosa. Células geralmente mais compridas do que largas, cilíndricas com ápices arredondados ou inflados e elipsoidais, ovais ou em forma de barril. Cloroplastos parietais, em forma de fita ou laminados, frequentemente no centro da célula, com um único pirenóide. Reprodução por fragmentação e formação de acinetos espessos com parede escura.

Comentários taxonômicos:

John (2005) indicou como característica diagnóstica do gênero *Geminella* a presença de uma bainha de mucilagem grossa, o que a diferencia dos outros gêneros mais relacionados.

Porém, o mesmo autor ainda ressaltou que estudos comparativos extensivos devem ser conduzidos para entender a verdadeira delimitação do gênero.

No Brasil, segundo Bicudo & Menezes (2006) jamais foi publicado um trabalho incluindo a descrição de mais de uma espécie deste gênero.

Chave artificial para as espécies de *Geminella* da região Sul do Brasil.

1. Filamentos com bainha de mucilagem inferior a 50 µm de diâmetro, células separadas, em pares *G. interrupta*
- 1`. Filamentos com bainha de mucilagem superior a 100 µm de diâmetro, células unidas, contínuas *G. sp.*

Geminella interrupta (Turpin) Lagerheim, Figuras 17-18

Öfv. Kongl. Sv. Vet.-Akad. Förhandl. 40 (2): 37, 1883.

Basiônimo: *Hormospora interrupta* Turpin

Sinônimo: nenhum encontrado

Filamentos com bainha mucilaginosa, diâm. 26,8-46,8 µm ($\bar{x} = 38,6 \pm 6,1$), células separadas, em pares, distância entre as células dos pares 0-3,1 µm ($\bar{x} = 1,2 \pm 0,8$), distância entre os pares 2,1-6,2 µm ($\bar{x} = 4,3 \pm 1,0$). Envoltório de mucilagem nos pares e mais comumente entre dois pares de células. Células cilíndricas ou globosas, mais largas do que compridas, comp. 6,0-11,9 µm ($\bar{x} = 8,6 \pm 1,6$), larg. 10,0-13,8(-15,3) µm ($\bar{x} = 12,0 \pm 1,1$), RC/L 0,5-0,9 ($\bar{x} = 0,7 \pm 0,1$). Cloroplastos laminados parietais ocupando no mínimo dois terços do volume celular, com 1 a 2 pirenóides.

Comentários taxonômicos:

A população encontrada no presente estudo diferiu daquelas apresentadas por Ramanathan (1964) e daquelas descritas por John (2005) por apresentar uma relação comprimento/largura inversa a de ambos os estudos (2 a 3 vezes mais longa do que larga). Esta diferenciação é produto de um menor comprimento celular do que o descrito por tais autores. Além disso, o diâmetro do filamento na população estudada foi um pouco maior.

Apesar dessas diferenças, a disponibilidade de descrições desta espécie é escassa, sendo portanto, mantida a identificação como *G. interrupta*.

Distribuição no mundo:

Europa, Australásia e África.

Distribuição no Brasil:

Não foi encontrada descrição desta espécie no Brasil. O único registro é o de Branco (*com. pess.*) em um riacho em Assis, oeste do estado de São Paulo, fazendo parte da comunidade de macroalgas.

Ocorrência no Sul do Brasil:

Ponto de amostragem: 19. PARANÁ: Ponta Grossa, Parque Estadual de Vila Velha, riacho da estrada da igreja, 25°14'41"S, 50°00'58"W, alt. 803m, 03.v.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29775.

Geminella sp., Figuras 19-21

Filamentos longos, com mais de uma centena de células, envolvidos por uma bainha mucilaginosa, diâm. 119,3-139,4 μm ($\bar{x} = 127,0 \pm 5,2$). Células sempre unidas formando um filamento contínuo. Células cilíndricas, compr. 11,2-16,9 μm ($\bar{x} = 14,0 \pm 1,5$), larg. 21,4-25,8 μm ($\bar{x} = 23,4 \pm 1,0$), RC/L 0,5-0,7 ($\bar{x} = 0,6 \pm 0,1$). Cloroplastos laminados parietais com 1 pirenóide, diâm. pirenóide 5,2-7,5 ($\bar{x} = 6,3 \pm 0,5$).

Comentários taxonômicos:

A disposição contínua das células formando o filamento e a forma do cloroplasto com um pirenóide bem visível tornam o material semelhante à *G. minor* (Naegeli) Heering, tendo inclusive muita semelhança com as pranchas e descrições apresentadas por Ramanathan (1964) e John (2005). Entretanto, os materiais analisados por ambos os autores possuem células consideravelmente mais estreitas (2-10 μm), relação comprimento/largura maiores (2 a 4 vezes mais longos do que largos) e bainha mucilaginosa significativamente menor (8-18 μm). Neste contexto, provavelmente esta população trata-se de uma nova espécie para a ciência. Entretanto, o material coletado é escasso, sendo insuficiente para a realização de análises mais profundas e a efetiva conclusão sobre a possibilidade da descrição de uma espécie nova.

Distribuição no Brasil e no mundo:

Primeiro registro.

Ocorrência no Sul do Brasil:

Ponto de amostragem: 98. RIO GRANDE DO SUL: Cambará do Sul, Parque Nacional da Serra Geral, rio do Segredo, 29°04'47"S, 49°59'17"W, alt. 1006m, 01.vi.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29791.

2.3.7 Distribuição ambiental e considerações biogeográficas das Ulotrichales no Sul do Brasil

Ramanathan (1964) e John (2005) comentaram que *G. interrupta* é típica de ambientes lênticos, ocorrendo em meio a outras algas verdes, em especial às desmídias. O primeiro autor ainda comentou o registro da espécie em um riacho na Índia. No presente estudo, as duas espécies foram encontradas em trechos de remansos de dois riachos, em meio a outras algas verdes (gêneros *Zygonium*, *Spirogyra*, *Mougeotia*, *Microspora*, *Oedogonium*). Um detalhe importante é que os dois pontos de amostragem onde o gênero foi encontrado pertencem ao bioma campos.

Analisando a distribuição ambiental do gênero (Figura 22) é possível notar que ambas as espécies ocorreram em valores menores de condutividade específica, pH e nitrogênio total e maiores de velocidade da correnteza, quando comparados com a média global dos riachos amostrados no Sul do Brasil. A espécie *G. interrupta* ocorreu em ambiente cujo oxigênio dissolvido e ortofosfato apresentaram valores inferiores que a média global. Enquanto *G. sp.* ocorreu em um riacho onde a temperatura foi menor e, turbidez e profundidade form maiores do que a média global.

Entretanto, como cada uma das espécies de *Geminella* ocorreu em apenas um ponto de amostragem, as suas relações com os parâmetros analisados precisam de mais investigações, para que padrões mais concretos de distribuição ambiental sejam efetivamente estabelecidos.

2.4 Referências Bibliográficas

- Bicudo, D.C. 1984. Algas epifíticas (exceto diatomáceas) do Lago das Ninféias, São Paulo: levantamento e aspectos ecológicos. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – Campus de Rio Claro. 479p.
- Bicudo, C.E.M. & Menezes, M. 2006. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil. São Paulo, Editora RIMA.
- 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.
- Biggs, B.J.F. & Kilroy, C. 2000: Stream periphyton monitoring manual. Christchurch, New Zealand, NIWA. 226 p.
- Bohlin, K. 1901. Utkast till de groan algernas och arkegoniaternas fylogeni. Almqvist & Wiksells, Uppsala 43pp.
- Bold, H.C. & Wynne, M.J. 1978. Introduction to the algae. - Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Borzi, A., 1895. Studi Algologici. Fasc. II. Reber. Palermo.
- Borge, O. 1918. Die von Dr. Löfren in São Paulo gesammelten Süßwasseralgen. *Ark. Bot.* 15(13): 1-108.
- Borge, O. 1925. Die von F.C. Hoehne während der Expedition Roosevelt-Rondon gesammelten Süßwasseralgen. *Ark. Bot.* 19(17): 1-56.
- Bourrely, P. 1972. Les algues d’eau douce. Initiation a la systématique. I. Les algues vertes. N. Boubée et Cie. Paris. 511pp.
- Bourrely, P. 1990. Les algues d'eau douce. Initiation a la systématique. 1. Les algues vertes. - Paris: Boubée.
- Branco, C.C.Z., Krupek, R.A. & Peres, C.K. 2009. Ecological distribution of stream macroalgal communities from mid-western region of Paraná State, Southern Brazil: evidence of the importance of local scale variation. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 52(2): 379-386.
- Branco, C.C.Z. & Necchi, O.Jr. 1996a. Distribution of stream macroalgae in the eastern Atlantic Rainforest of São Paulo State, sotheastern Brazil. *Algological Studies* 333: 139-150.
- Branco, C.C.Z. & Necchi, O.Jr. 1996b. Survey of stream macroalgae of eastern Atlantic Rainforest of São Paulo State, Southeastern Brazil. *Algological Studies* 80: 35-57.
- Cambra-Sanchez, J., Álvarez-Cobelas, M. & Aboal-Sanjurjo, M. 1998: Lista florística y

- bibliográfica de los clorófitos (Chlorophyta) de la Península Ibérica, Islas Baleares e Islas Canarias. In: García-Avilés, J. & Rico E. (eds.). Listas de la flora y fauna de las aguas continentales de la Península Ibérica No.14, Asociación Española de Limnología.
- DeNicola, D.M., Hogland, K.D. & Roemer, S.C. 1992. Influence of canopy cover on spectral irradiance and periphyton assemblages in a prairie stream. *Journal of the North American Benthological Society* 11: 391-404.
- 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. 1989. Chlorophyta filamentosas do Município de Cáceres e arredores, Mato Grosso, Brasil: uma contribuição a 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(1): 157-169.
- Dias, I.C.A. 1997. Chlorophyta filamentosas da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro: taxonomia e aspectos ecológicos. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, USP. São Paulo, SP.
- Dias, I.C.A. & Bicudo, C.E.M. 2001. Chaetophoraceae, Microsporaceae, Ulotrichaceae and Schizomeridaceae from Biological Reserve Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brazil. *Algological Studies* 102: 73-91.
- Dillard, G.E. 1989. Freshwater Algae of the Southeastern United States. Part 2. Chlorophyceae: Ulotrichales, Microsporales, Cylandrocapsales, Sphaeropleales, Chaetophorales, Cladophorales, Schizogoniales, Siphonales and Oedogoniales. *Biblioteca Phycologica*. Band 83. J. Cramer. Berlin, Stuttgart.
- Ettl, H. & Gärtner, G. 1995. Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen. G. Fischer. Stuttgart. 721pp.
- Foerster, J., Gutowski, A. & Schaumburg, J. 2004. Defining types of running waters in Germany using benthic algae: A prerequisite for monitoring according to the Water Framework Directive. *Journal of Applied Phycology* 16: 407-418.
- Fott, B. 1960. Taxonomische Übertragungen und Namensänderungen unter den Algen. – *Preslia* 32: 142-154.

- Franceschini, I.M. 1992. Algues d'eau douce de Porto Alegre, Brésil (les Diatomophycées exclues). *Bibliotheca Phycologica* 92: 1-81.
- Fritsch F.E. 1935. The structure and reproduction of the algae, Vol. 1. Cambridge University Press. Cambridge. 791 pp.
- Gay, F. 1888. Sur les *Ulothrix* aériens. Bulletin de la Société Botanique de France 35: 65-75.
- Graham, L.E. & Wilcox, L.W. 2000. Algae. Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Grönblad, R. 1945. De algis brasiliensibus, praecipue desmidiaceis, in regione inferiore fluminis Amazonas a professore August Ginzberger (Wien) ano MCMXXVII collectis. *Acta Soc. Sci. Fenn. Sér. B.* 2(6): 1-43.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2007. Algae Base version 4.2. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Disponível em <http://www.algaebase.org> (acessado em 09 de março de 2010).
- Heering, W. 1914. Chlorophyceae III. Ulotrichales, Microsporales, Oedogoniales. In: Pascher, A. (ed): Die Süßwasserflora Deutschland, Österreichs und der Schweiz. H. 6. Gustav Fischer, Jena. 250pp.
- Hu, B.F. & Xie, S.L. 2006. Effect of seasonality on distribution of macroalgae in a stream system (Xin'an Spring) in Shanxi Province, North China. *Journal of Integrative Plant Biology* 48(8): 889-896.
- John, D.M. 2005. 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. p. 287-612.
- Karol, K.G., McCourt, R.M., Cimino, M.T. & Delwiche, C.F. 2001. The closest living relatives of land plants. *Science* 294: 2351-3.
- Klebs, G. 1896. Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. Gustav Fischer, Jena.
- Krupek, R.A., Branco, C.C.Z. & Peres, C.K. 2007. Distribuição ecológica das comunidades de macroalgas da bacia de drenagem do Rio das Pedras, região centro-sul do estado do Paraná, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 30(2): 173-182.
- Krupek, R.A., Branco, C.C.Z. & Peres, C.K. 2008. Macroalgas de riachos da bacia do rio das Pedras, região Sul do Brasil. *Hoehnea* 35(2): 25-44.

- Kützing, F.T. 1843. *Phycologia generalis*. Brockhaus, Leipzig.
- Kützing, F.T. 1849. *Species Algarum*. Brockhaus, Leipzig.
- Lee, R.E. 2008. *Phycology*. Cambridge University Press, Cambridge. 547 pp.
- Lewis, L.A. & McCourt, R.M. 2004. Green Algae and the origin of land plants. *American Journal of Botany* 91(10): 1535-1556.
- Lokhorst, G.M. 1974. Taxonomic studies on the freshwater species of *Ulothrix* in the Netherlands. Thesis. Free University, Amsterdam.
- 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*, p. 179-206. Academic Press, London, New York.
- Lokhorst, G.M. 1985. The concepts of the genus *Ulothrix* (Chlorophyta) strengthened by comparative cytology. *Biosystems* 18: 357-368.
- Lokhorst, G.M. 1996. Comparative taxonomic studies on the genus *Klebsormidium* (Charophyceae) in Europe. *Cryptogamic Studies* 5: 1-132.
- Lokhorst, G.M. 1999. Taxonomic study of the genus *Microspora* Thuret (Chlorophyceae) – an integrated field, culture, and herbarium analysis. *Algological Studies* 93: 1-38.
- 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.
- 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*. Systematics Association Special, vol 27. Academic Press, London Orlando, p. 29-72.
- Melkonian, M., 1990: Phylum *Chlorophyta*. Class *Chlorophyceae*. In: Margulis, L., Corliss, J.O., Melkonian, M. & Chapman, D.J. (Eds): *Handbook of Protoctista*. pp.608-616. Boston: Jones & Barlett.
- Necchi, O.Jr., 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, O.Jr., Branco, L.H.Z. & Branco, C.C.Z. 2003. Ecological distribution of stream macroalgal communities from a drainage basin in the Serra da Canastra National Park, Minas Gerais, Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 63: 1-12.

- Necchi, O.Jr., Branco, L.H.Z. & Spezamiglio, D.N. 2008. Distribuição ecológica de comunidades de macroalgas de ambientes lóticos do Parque Nacional de Itatiaia (RJ, MG) Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 31(1):135-145.
- Necchi, O.Jr. & Pascoaloto, D. 1993. Seasonal dynamics of macroalgal communities in the Preto River basin, São Paulo, southeastern Brazil. *Archiv für Hydrobiologie* 129: 231-252.
- Necchi, O.Jr., Pascoaloto, D. & Branco, L.H.Z. 1994. Distribution of macroalgae in a tropical river basin from Southeastern Brazil. *Archiv für Hydrobiologie* 129: 459- 471.
- Necchi, O.Jr., 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, O.Jr., 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, O.Jr., 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. 2006. Taxonomy of *Klebsormidium* (Klebsormidiales, Charophyceae) in New Zealand streams and the significance of low-pH habitats. *Phycologia* 45:293–301.
- Oltmanns F. 1904. *Morphologie und Biologie der Algen*. Vol. 1. Jena.
- Papenfuss, G.F. 1955. Classification of the algae. In: *A century of progress in the Natural Sciences 1853-1953*. California Academy of Sciences, San Francisco. pp. 115-224.
- Prescott, G.W. 1951. *Algae of the Western Great Lakes Area exclusive of Desmids and Diatoms*. Cranbrook Inst. Science, Bull. 31: 1-660.
- Prescott, G.W. 1957. *The Machris Brazilian Expedition: Botany. Chlorophyta, Euglenophyta*. *Contr. Sci.* 11: 1-29.
- Qiu, Y. L., Li, L., Wang, B., Chen, Z., Knoop, V., Groth-Malonek, M., Dombrovskaya, O., *et al.* 2006. The deepest divergences in land plants inferred from phylogenomic evidence. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.* 103:15511-15516.
- Ramanathan, K.R. 1964. *Ulotrichales*. - New Delhi: Indian Council of Agricultural

- Research.188p.
- Reviere, B. 2006. *Biologia e Filogenia das Algas*; tradução Iara Maria Franceschini. Porto Alegre: Artmed. 280 p.
- Rindi, F., Guiry, M.D. & López-Bautista, J.M. 2008. Distribution, morphology, and phylogeny of *Klebsormidium* (Klebsormidiales, Charophyceae) in urban environments in Europe. *Journal of Phycology* 44: 1529-1540.
- Say, P.J., Diaz, B.M. & Whitton, B.A. 1977. Influence of zinc on lotic plants. I. Tolerance of *Hormidium* species to zinc. *Freshwater Biology* 7: 377- 384.
- Sheath, R.G. & Cole, K.M. 1992. Biogeography of stream macroalgae in North America. *Journal of Phycology* 28: 448-460.
- Silva, P.C. 1982. Chlorophyta. In: *Synopsis and classification of living organisms*. Vol. I. S.P. Parker. p.131-161. MC. Graw-Hill Book Company, New York.
- Silva, P. C., Mattox, K. R. & Blackwell, W. H. 1972. The generic name *Hormidium* as applied to green algae. *Taxon* 21:639–45.
- Skaloud, P. 2006. Variation and taxonomic significance of some morphological features in European strains of *Klebsormidium*. *Nova Hedwigia* 83:533-50.
- Sluiman, H. J., Guihal, C. & Mudimu, O. 2008. Assessing phylogenetic affinities and species delimitations in Klebsormidiales (Streptophyta): nuclear-encoded rDNA phylogeny and ITS secondary structure models in *Klebsormidium*, *Hormidiella*, and *Entransia*. *Journal of Phycology* 44:183–95.
- Smith, G.M. 1950. *The freshwater algae of the United States*. 2nd ed. McGraw-Hill, Nova York.
- Smith, G.M. 1955. *Botânica Criptogâmica*. Vol. I: Algas e Fungos. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa. 527p.
- 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: Série Botânica* 60(1): 25-47.
- Starmach, K. 1972. *Flora Slodkowodna Polski*. Tomo X. Chlorophyta III. p.224-263.
- Stevens, A.E., McCarthy, B.C. & Vis, M.L. 2001. Metal content of *Klebsormidium*-dominated (Chlorophyta) algal mats from acid mine drainage waters in Southeastern Ohio. *Journal of the Torrey Botanical Society* 128(3): 226-233.

- Stewart, K.D. & Mattox, K.R. 1975. Comparative cytology, evolution and classification of the green algae with some consideration of the origin with chlorophyll a and b. *Botanical Reviews* 41: 104-135.
- Stewart, K.D., Mattox, K.R. & Floyd, G.L. 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.
- Thuret, G. 1850. Recherches sur les zoospores des algues et les anthérides des Cryptogames. *Annales des Sciences Naturelles Botanique*, Ser.III. 14:214-260.
- Turmel, M., Ehara, M., Otis, C. & Lemieux, C. 2002. Phylogenetic relationships among streptophytes as inferred from chloroplast small and large subunit rRNA gene sequences. *Journal of Phycology* 38:364–75.
- Uherkovich, G. & Rai, H. 1979. Algen aus dem rio Negro und seinen Nebenflüssen. *Amazoniana* 6(4): 611-638.
- van den Hoek C. 1981. Chlorophyta: morphology and classification. In: *The Biology of Seaweeds*. Lobban C. & Wynne M.J. (eds), 86-132. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- West, G.S. 1916. *Algae*. Vol.I. Cambridge Univ. Press; Cambridge. 475pp.
- Whitton, B.A. & Kelly, M.G. 1995. Use of algae and other plants for monitoring rivers. *Australian Journal of Ecology* 20: 45-56.
- Wichmann, L. 1937. Studien über die durch H-Stück-Bau der Membran ausgezeichneten Gattungen *Microspora*, *Binuclearia*, *Ulotrichopsis* und *Tribonema*. *Pflanzenforschung* 20: 1-110.
- Zechman, F.W., Theriot, E.C., Zimmer, E.A. & Chapman, R.L. 1990. Phylogeny of the Ulvophyceae (Chlorophyta): cladistic analysis of nuclear-encoded rRNA sequence data. *Journal of Phycology* 26: 700-710.

ANEXOS DO CAPÍTULO 2 – Figuras

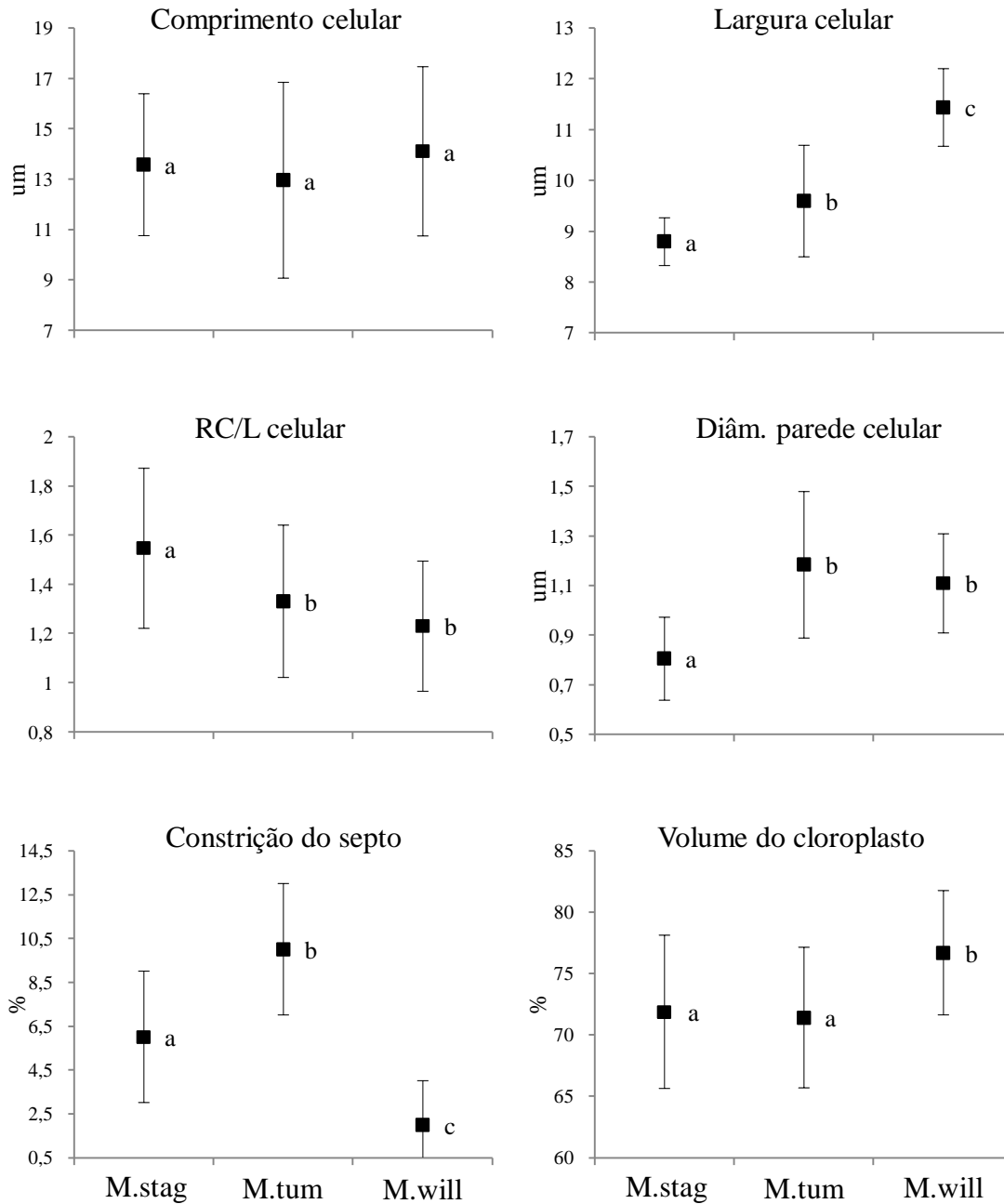
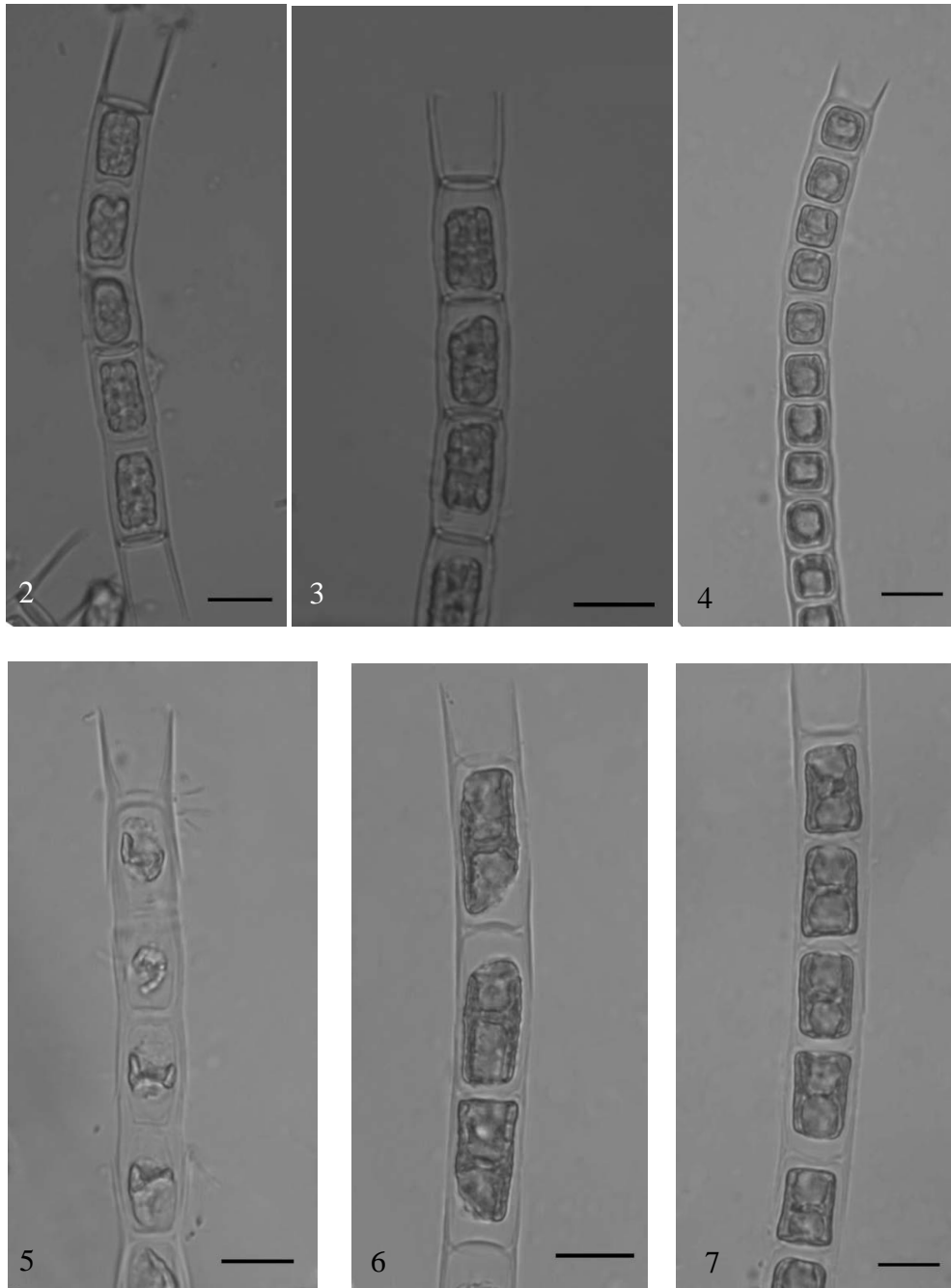


Figura 1. Variáveis morfométricas (média±desvio padrão) das espécies de *Microspora* encontrados em unidades de conservação no Sul do Brasil. (M.stag= *M. stagnarum*; M.tum= *M. tumidula* e; M.will= *M. willeana*). As letras (a, b e c) correspondem a diferenças detectadas no teste de Tukey (PC>95%) após ANOVA.



Figuras 2-7. Espécies de *Microspora*. 2-3. *M. stagnorum*; 4-5. *M. tumidula* e; 6-7. *M. willeana*. (Barras de escala. 10 μ m: 2-7).

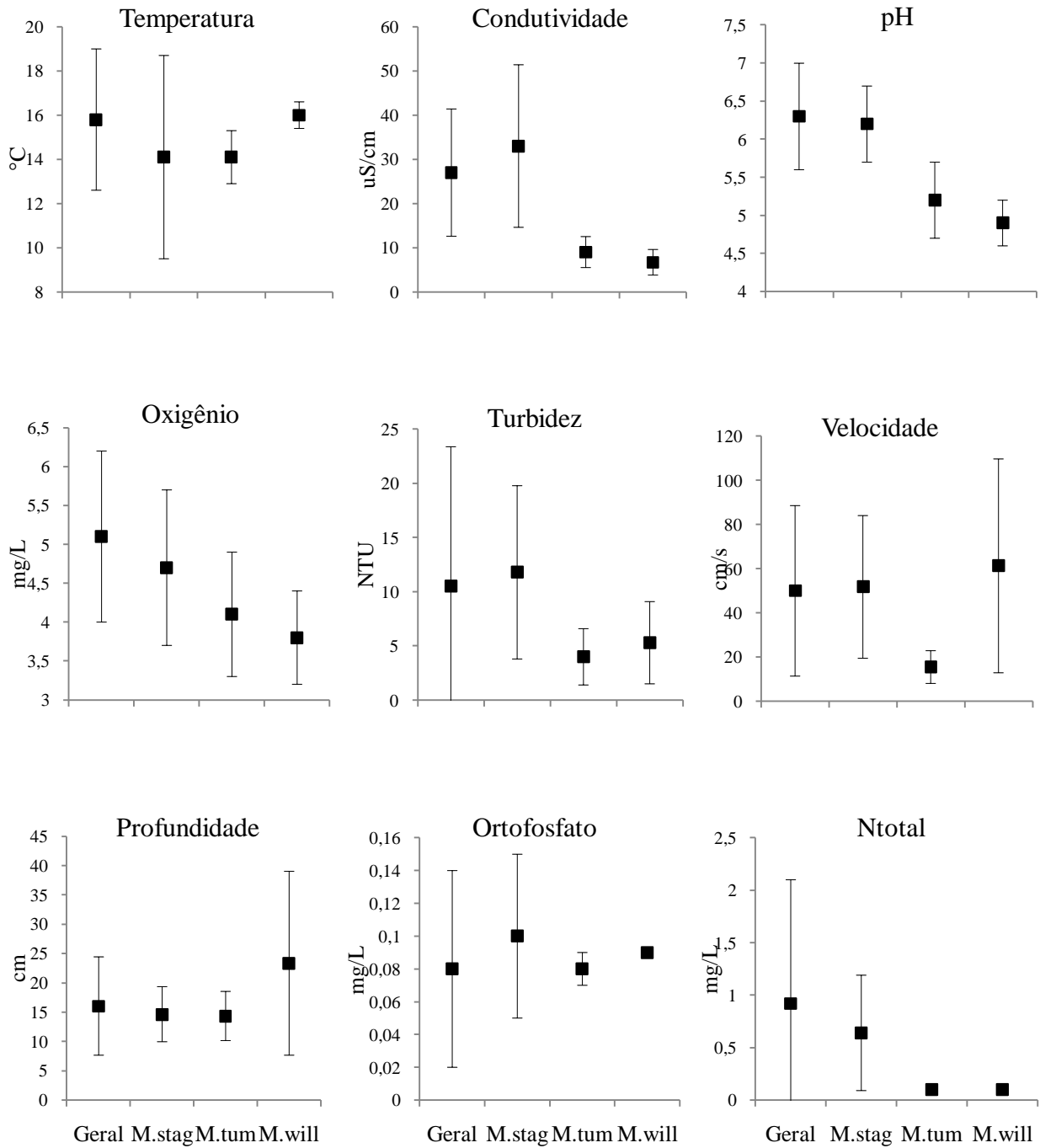
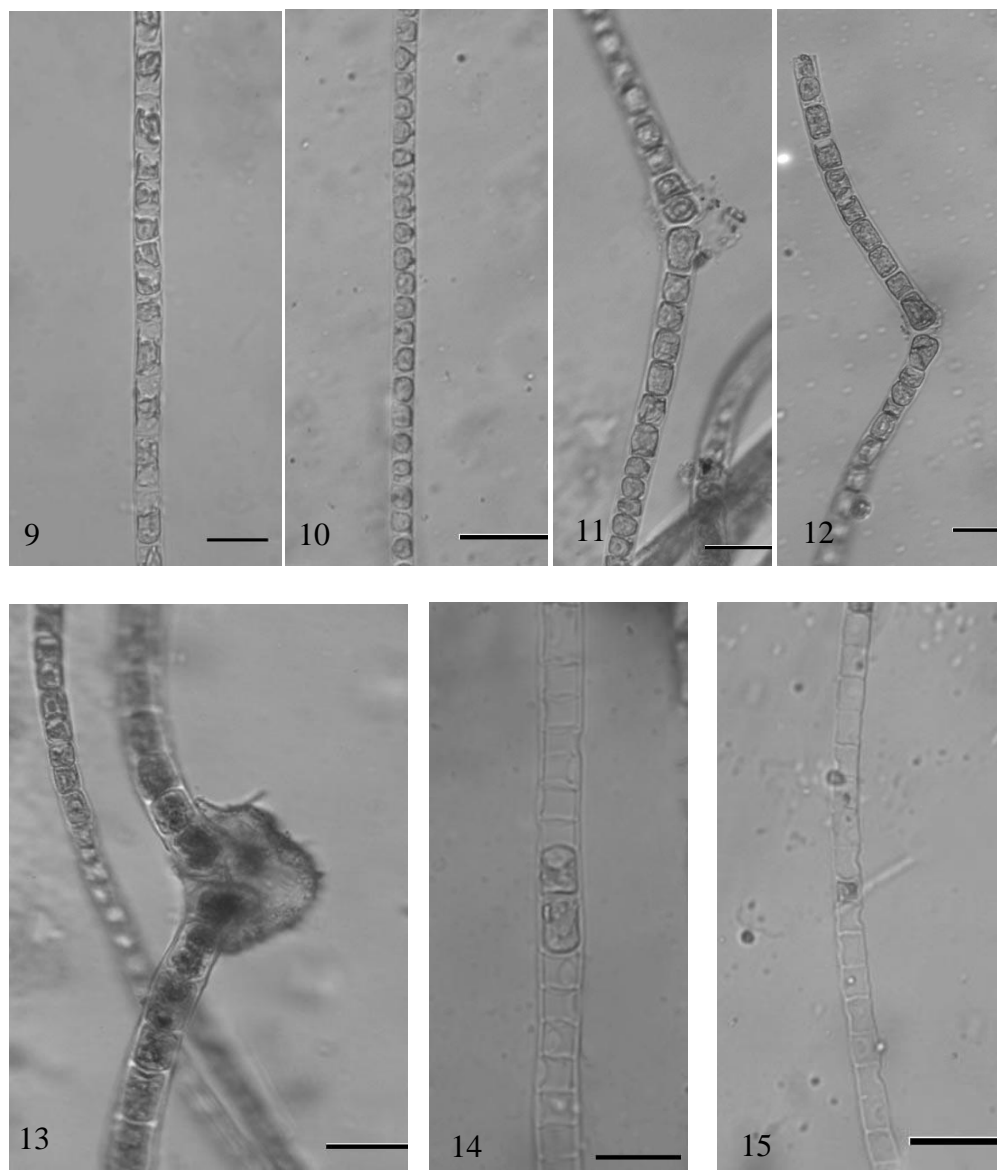


Figura 8. Variáveis ambientais (média±desvio padrão) para todos os riachos amostrados no Sul do Brasil (geral) e nos pontos com ocorrência das espécies de *Microspora*. (geral= todos os riachos amostrados no estudo; M.stag= *M. stagnorum*; M.tum= *M. tumidula* e; M.will= *M. willeana*).



Figuras 9-15. *Klesormidium fluitans*. 9-10. Aspecto geral dos filamentos; 11-13. Filamentos com juntas em forma de joelho e; 14-15. Zoosporângios vazios com poro lateral (Barras de escala. 10 μ m: 9 e 14; 20 μ m: 10-13 e 15).

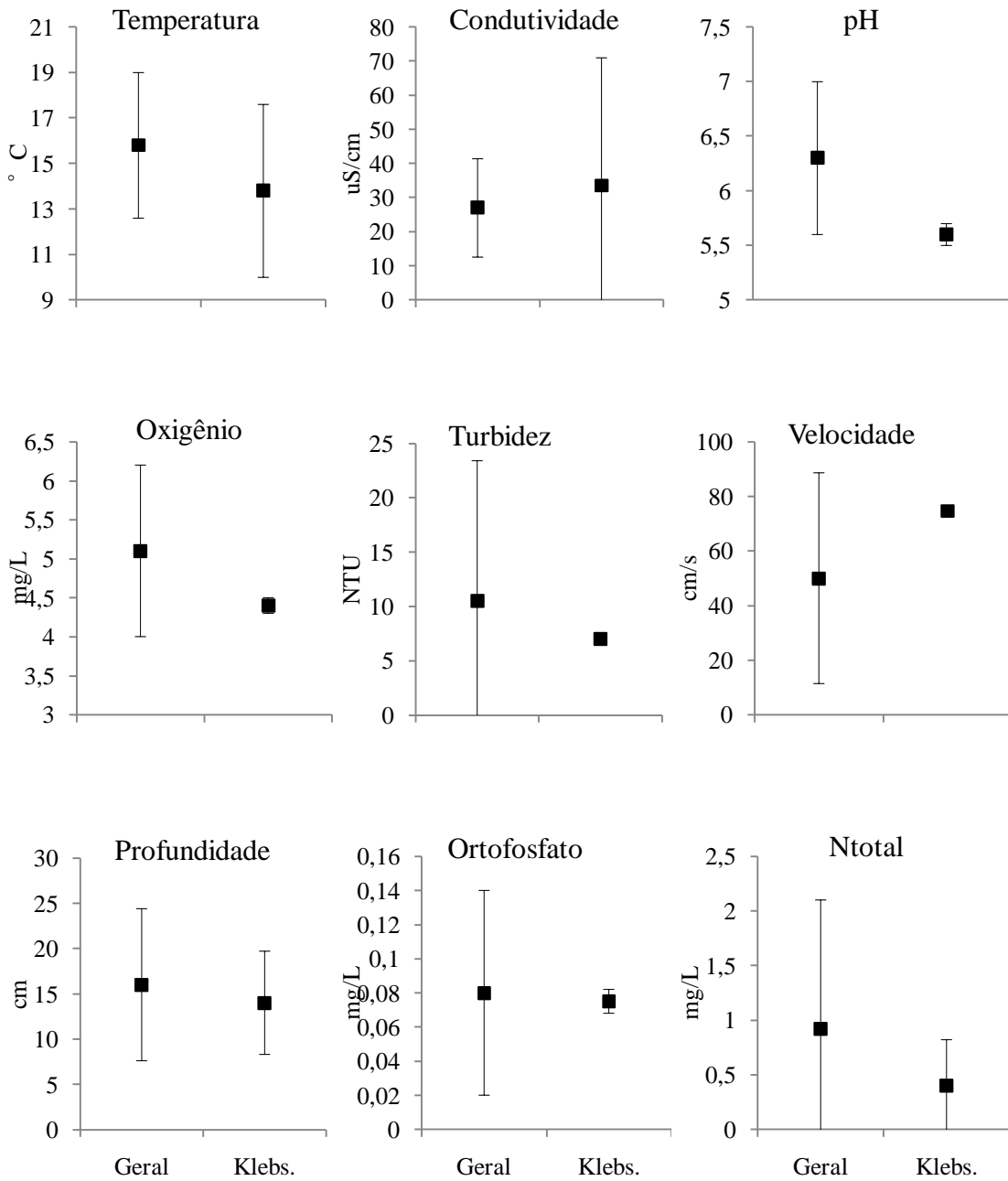
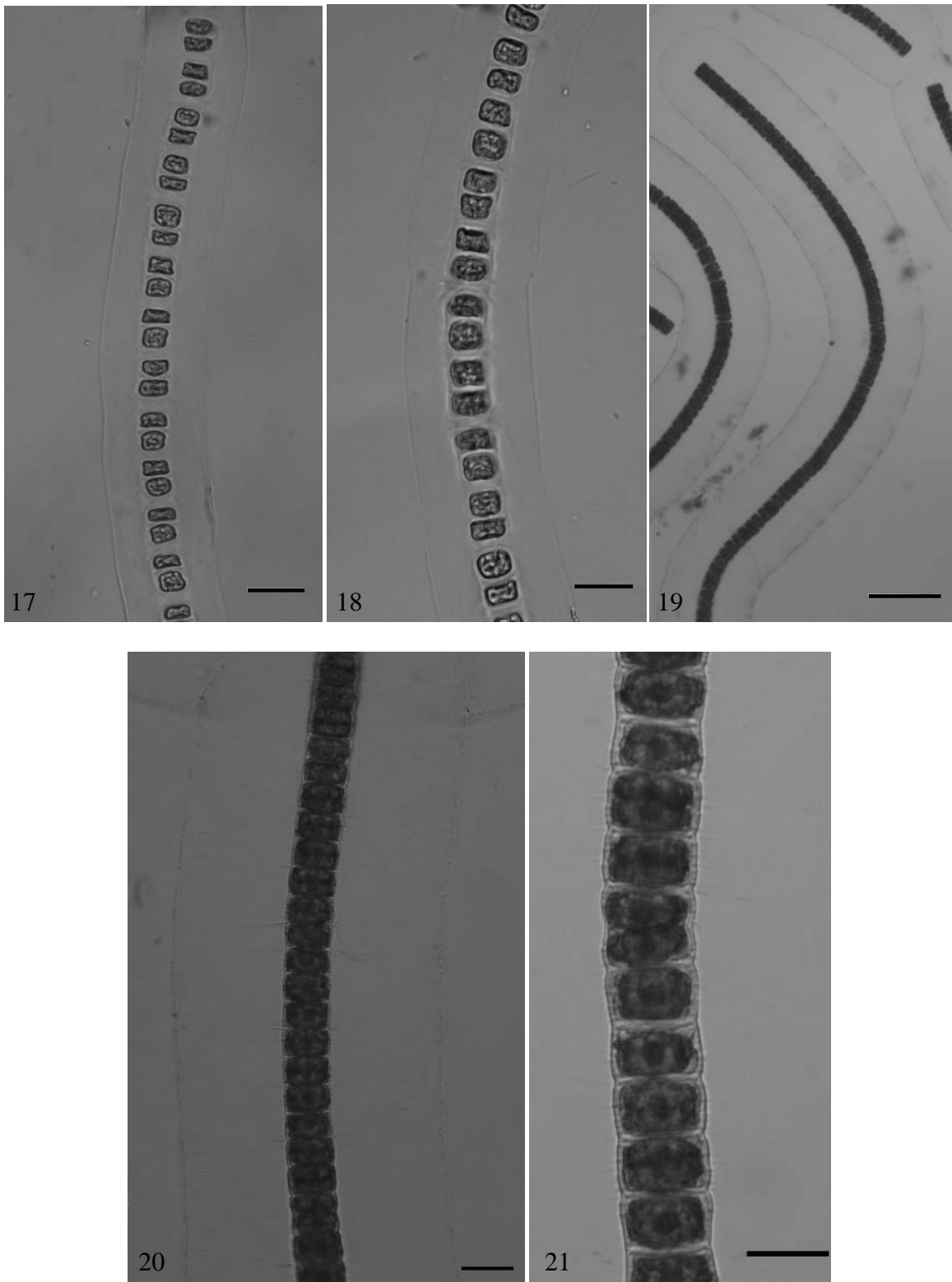


Figura 16. Variáveis ambientais (média±desvio padrão) para todos os riachos amostrados no Sul do Brasil (Geral) e nos pontos com ocorrência da espécie *Klebsormidium fluitans* (Klebs.).



Figuras 17-21. Espécies de *Geminella*. 17-18. *G. interrupta*; 19-21. *G. sp.* (Barras de escala: 100 μ m: 19; 20 μ m: 17-18, 20-21).

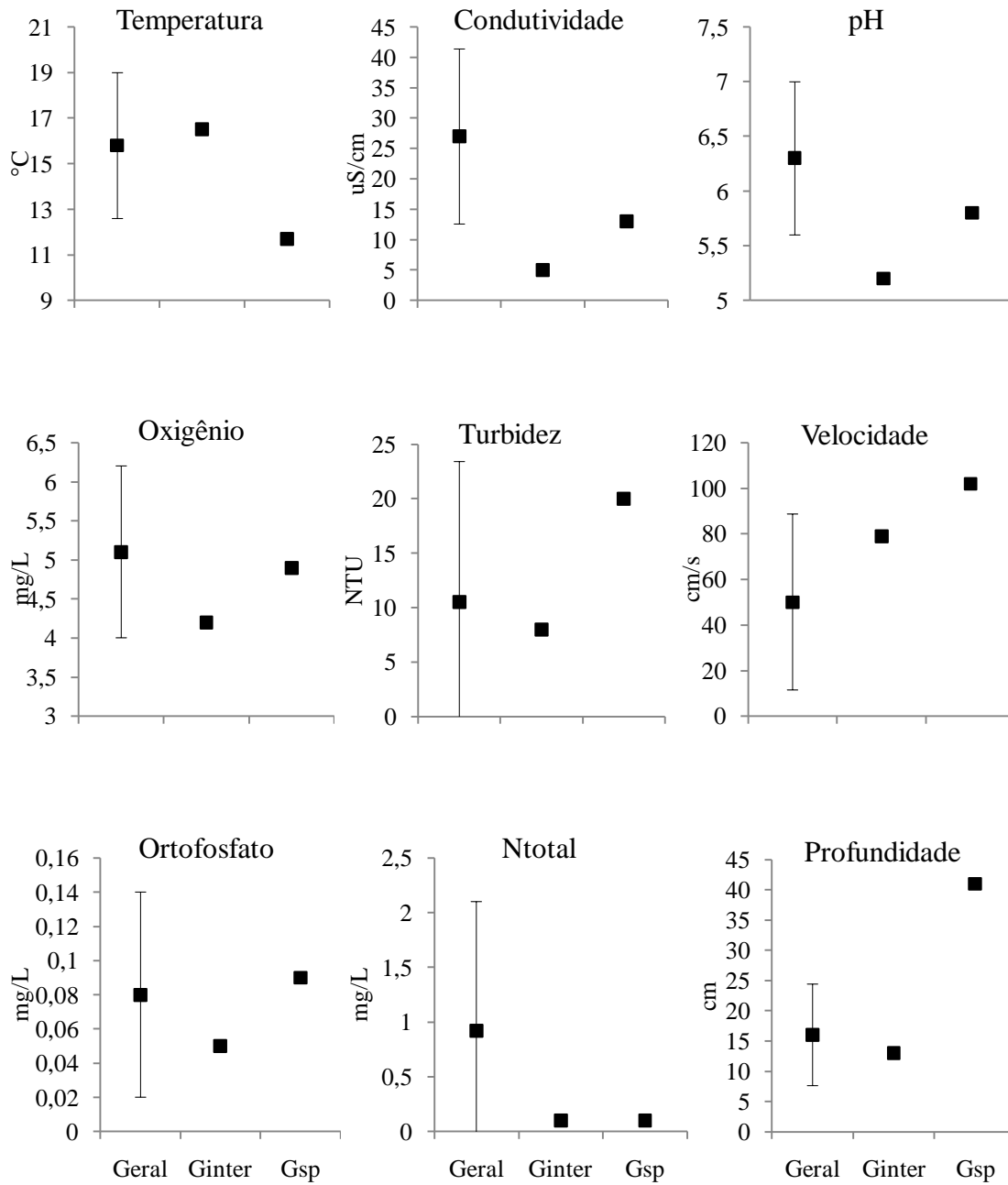


Figura 22. Variáveis ambientais (média±desvio padrão) para todos os riachos amostrados no Sul do Brasil (geral) e valores pontuais da ocorrência das espécies de *Geminella*. (geral= todos os riachos amostrados no estudo; Ginter= *G. interrupta* e; Gsp= *G. sp.*).

CAPÍTULO 3

TAXONOMIA E DISTRIBUIÇÃO ECOLÓGICA DE ALGAS VERDES
COLONIAIS DE AMBIENTES LÓTICOS EM UNIDADES DE
CONSERVAÇÃO DO SUL DO BRASIL

3. Introdução sobre algas verdes coloniais

Uma ampla variedade de algas, pertencendo a diferentes grupos, podem formar agregados coloniais de indivíduos, produzindo em última análise, um tipo morfológico denominado colônia. O tipo morfológico que cada espécie se apresenta na natureza está fortemente relacionado com a sua resposta funcional em relação ao ambiente (Steinman *et al.* 1992). Portanto, o conhecimento da diversidade dentro de cada tipo morfológico e o papel de cada um destes grupos nos ambientes onde vivem tornam-se de grande importância em estudos ecológicos e na compreensão da funcionalidade dentro de um ecossistema.

As algas verdes compreendem uma diversidade enorme de tipos morfológicos (por ex. monadais, cocóides, filamentos, pseudoparênquimas, etc), incluindo entre eles as colônias de indivíduos unicelulares. Tais colônias podem frequentemente ser encontradas fazendo parte da comunidade de macroalgas em ambientes lóticos, existindo registros desta natureza para diversas regiões do mundo (Sheath & Burkholder 1985, Entwisle 1989, Sheath & Cole 1992, Branco & Necchi 1996, Necchi *et al.* 2000, Hu & Xie 2006).

Estudos enfocando unicamente algas verdes coloniais são raros. Entwisle & Skinner (2001), em um estudo taxonômico na Austrália, investigaram este grupo de algas em ambientes aquáticos continentais e terrestres. No Brasil, até o presente momento, nenhum estudo semelhante foi registrado.

Diante da relevância ecológica de estudos de tipos morfofuncionais envolvendo a comunidade de macroalgas lóticas e da falta de informações desta natureza, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar aspectos taxonômicos e ecológicos das algas verdes coloniais macroscópicas ocorrentes em ambientes lóticos na região Sul do Brasil e investigar as possíveis relações dessas algas com variáveis ambientais selecionadas.

Chave artificial para identificação das algas verdes coloniais no Sul do Brasil:

1. Colônias dendróides, paredes gelatinizadas das gerações antigas acumulam-se na porção inferior das células resultando em um arranjo estratificado típico

..... *Ecballocystis pulvinata* var. *pulvinata*

1`. Colônias com consistência gelatinosa, células frequentemente arranjadas em 2 ou 4 e próximas a superfície com dois pseudocílios, estendendo fora da mucilagem:

2. Colônias vesiculares ou em forma de bolsa, não perfuradas *Tetraspora gelatinosa*

2`. Colônias tubulares, perfuradas *Tetraspora lubrica*

3.1 *Ecballocystis*

3.1.1. Introdução histórica, taxonomia e sistemática de *Ecballocystis*

O gênero *Ecballocystis* foi estabelecido por Bohlin (1897) a partir de um espécime coletado no Sul do Brasil e denominado *E. pulvinata*. Fritsch (1918) adicionou duas novas espécies coletadas na África do Sul, *E. ramulosa* e *E. simplex*. Um importante trabalho com o gênero foi realizado por Iyengar (1932), o qual incluiu material de várias partes do sul da Índia. Neste trabalho foram fundadas duas novas espécies, *E. fritschii* e *E. courtallensis*, duas novas variedades de *E. fritschii*, var. *typica* e var. *pulneyensis*, duas novas formas de *E. courtallensis*, f. *typica* e f. *jogensis* e, duas novas variedades de *E. pulvinata*, var. *minor* e var. *diffluens*. Em adição, Fritsch (1933 *apud* John & Tsarenko 2005) descreveu a espécie *E. fluitans*, a qual foi registrada posteriormente por John & Tsarenko (2005) para riachos e lagos das Ilhas Britânicas. Outros trabalhos importantes para uma melhor compreensão taxonômica do gênero incluem o estabelecimento de uma nova forma para *E. ramosa*, f. *minor*, por Bourrelly & Couté (1986), coletada na Ilha da Reunião no sul da África e o estabelecimento de *E. hubeiensis* por Liu & Hu (2005), como espécie nova para a China. No total, então, são estabelecidas 7 espécies de *Ecballocystis*, com 5 variedades e 3 formas, registradas em várias partes do mundo.

Iyengar (1932) caracterizou *E. pulvinata* como sendo colônias pequenas, em forma de almofada, com uma firme parede da célula mãe, não gelatinizando rapidamente, e com células filhas não aderidas na parte superior da célula mãe, a qual é obcônica ou em forma de taça; a parede das células mãe antigas de muitas gerações vão acumulando uma sobre as outras em arranjo estratificado típico. Essas características particulares a diferenciam de *E. fritschii* um vez que esta última possui colônias lobadas, com células embebidas em mucilagem, formadas pela gelatinização das paredes antigas e com as células filhas aderidas na parte superior da parede da célula mãe com formato em funil. Iyengar (1932) ainda diferenciou essas duas espécies de *E. ramulosa*, *E. simplex* e *E. courtallensis*, por essas últimas possuírem ramos livres não embebidos em mucilagem e seu talo ser frequentemente microscópico, diferente das primeiras onde as colônias são grandes, macroscópicas lobadas ou em almofada gelatinosa, repletas de eixos ramificados e as vezes embebidos em mucilagem. John & Tsarenko (2005) diferenciaram *E. fluitans* pelas suas células em séries lineares irregulares, conectados por material de parede e

formando uma colônia dendróide rodeada por uma bainha mucilaginosa desigualmente estratificada. Liu & Hu (2005), por sua vez, caracterizaram *E. hubeiensis* pelo seu talo de forma irregular, portando muitos eixos longos rastejando sobre a superfície do substrato.

Ao criar as duas variedades novas para *E. pulvinata*, Iyengar (1932) reconheceu a var. *typica* pelas células filhas serem aderidas por processos cônicos gelatinosos secretados na sua extremidade inferior e pela divisão celular resultar em somente duas células. Essas características a diferem da var. *minor*, a qual tem células aderidas por uma ampla secreção gelatinosa na sua extremidade inferior e a divisão celular resulta entre duas a oito células filhas e da var. *diffluens*, na qual as células filhas não são aderidas por nenhum tipo de secreção, as paredes são delicadas e rapidamente se gelatinizam e as células são grandes, mais arredondadas e irregularmente elípticas (Iyengar 1932). Mesmo Iyengar (1932) tendo diferenciado a var. *typica* das duas novas variedades propostas, o autor não descreveu a mesma. Somente no trabalho de Branco & Necchi (1996) pode ser encontrada a descrição de *E. pulvinata* var. *pulvinata* e pode ser considerada a descrição formal da variedade típica.

3.1.2. Caracteres de importância taxonômica

Poucos caracteres são utilizados na taxonomia do gênero *Ecballocystis*. Os principais são a forma do talo e o tipo de gelatinização da parede celular. Outros caracteres são a morfometria da célula e o tipo e número dos cloroplastos.

3.1.3. Distribuição geográfica e ecologia

Ecballocystis é um gênero encontrado principalmente em ambientes lóticos de montanha com substrato rochoso como litófito ou epífito e livre flutuante, embora raramente (Jose & Patel 1990). No Brasil, este gênero e particularmente a espécie *E. pulvinata* var. *pulvinata*, tem sido encontrado frequentemente fazendo parte da comunidade de macroalgas de riachos rasos (com até 34 cm) com substratos rochosos (Peres *et al.* 2008) e com velocidades de correnteza variando de moderada a alta (Krupek *et al.* 2008, Peres *et al.* 2008 e Branco *et al.* 2009b). Peres *et al.* (2009) estudando a distribuição ecológica de macroalgas de riachos da Serra da Prata, na porção leste do estado do Paraná comentaram que a espécie foi indicadora de riachos com sombreamento moderado (categoria “sombreado” de DeNicola *et al.* 1992). John & Tsarenko (2005) apontaram o gênero como sendo tropical, exceto por *E. fluitans* que ocorre somente em regiões temperadas.

3.1.4. O estudo do gênero *Ecballocystis* no Brasil

O gênero *Ecballocystis* foi fundado a partir de material coletado em um riacho no Sul do Brasil, mais especificamente no Rio Grande do Sul (“Cachoeira” segundo o autor, provavelmente no atual município de Cachoeira do Sul) por Bohlin (1897) que descreveu a espécie tipo *E. pulvinata*. Depois disso passaram-se quase 100 anos sem nenhum registro, até que Branco & Necchi (1996) registraram *E. pulvinata* var. *pulvinata* em riachos da porção oriental da Mata Atlântica do estado de São Paulo. A partir dessa data, vários trabalhos têm registrado a espécie em riachos do Sul e Sudeste do Brasil, particularmente para os estados de São Paulo e Paraná (Necchi *et al.* 2000, Krupek *et al.* 2007, 2008, Peres *et al.* 2008, Branco *et al.* 2008, 2009a, 2009b).

3.1.5. *Ecballocystis* no Sul do Brasil

Ecballocystis Bohlin

Colônias micro ou macroscópicas, consistindo de células, em geral, parcialmente cobertas por remanescentes da parede da célula mãe e embebidas dentro de um envelope mucilaginoso. As células são ovóides, elipsoidais ou cilíndricas e amplamente arredondadas apicalmente, às vezes levemente irregulares na forma. Cloroplastos parietais, com ou sem um pirenóide. Reprodução assexual por 2 ou 4 autósporos elipsoidais, ovais ou cilíndricos repousando obliquamente dentro da parede da célula mãe, liberados pela ruptura da mesma. Células filhas permanecem aderidas à parede celular e são parcialmente encobertas por ela.

Ecballocystis pulvinata Bohlin var. *pulvinata*, Figuras 1 e 2

Sv. Vet.-Akad. Hand., 23(7): 7. 1897.

Sinônimos: nenhum encontrado

Colônias formadas por numerosos ramos eretos ou dendróides, densamente agregados com base obcônica ou alargada. Células elípticas ou obcônicas, com compr. 17,4-41,7 (-43,1) μm (\bar{x} = 26,5 \pm 5,0), larg. 8,0-15,4 μm (\bar{x} = 11,3 \pm 1,5) e RC/L 1,5-3,7 (\bar{x} = 2,4 \pm 0,4). Cloroplastos de 4 a 8, parietais, em forma de discos. Somente duas células filhas são formadas depois da divisão

celular. As paredes gelatinizadas das gerações antigas acumulam-se na porção inferior das células resultando em um arranjo estratificado típico.

Comentários taxonômicos:

As medidas celulares correspondem ao descrito na publicação original da espécie feita por Bohlin (1897). Entretanto, no presente trabalho tais caracteres apresentaram limites mais amplos do que o inicialmente descrito (compr. 25-36 μm , larg. 10-13 μm). Esta variação é absolutamente esperada visto que Bohlin analisou apenas uma população. Os demais caracteres diagnósticos correspondem precisamente ao descrito por Bohlin (1897).

Distribuição no mundo:

América do Sul.

Distribuição no Brasil:

Paraná (Krupek *et al.* 2007, 2008, Peres *et al.* 2008, 2009, Branco *et al.* 2008, 2009a, 2009b), São Paulo (Branco *et al.* 1996, Necchi *et al.* 2000), Rio Grande do Sul (Bohlin 1897).

Ocorrência no Sul do Brasil:

Pontos de amostragem: 42, 43, 49, 50, 56, 58, 62, 73. PARANÁ: Matinhos, Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, cachoeira do Tigre, rio Cachoeira, 25°44'27''S, 48°36'66''W, C.C.Z. Branco *et al.*, UPCB 53116, UPCB 53117; *idem*, Paranaguá, Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, rio Cambará. 25°43'53''S, 48°35'86''W, C.C.Z. Branco *et al.*, UPCB 53120, UPCB 53121; SANTA CATARINA: Blumenau, Parque Nacional da Serra do Itajaí, rio Garcia Pequeno, 27°03'27''S, 49°04'42''W, alt. 281m, 29.v.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29749; *idem*, Indaial, Parque Nacional da Serra do Itajaí, ribeirão do Caçador, 27°01'22''S, 49°09'39''W, alt. 330m, 29.v.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29752; *idem*, São Domingos, Parque Estadual das Araucárias, riacho afluente do rio Jacutinga, 26°27'24''S, 52°33'57''W, alt. 692m, 14.viii.2007, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29765; *idem*, riacho afluente do rio Jacutinga, 26°27'03''S, 52°34'00''W, alt. 719m, 14.viii.2007, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29767; *idem*, riacho sem denominação, na borda do parque, 26°29'25''S, 52°34'27''W, alt. 689m, 15.viii.2007, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29771; RIO GRANDE DO SUL: Derrubadas, Parque Estadual

Florestal do Turvo riacho sem denominação, 27°13'49"S, 53°54'41"W, alt. 219m, 17.viii.2007, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29738.

3.2 *Tetraspora*

3.2.1 Introdução histórica, taxonomia e sistemática de *Tetraspora*

O gênero *Tetraspora* foi criado por Link, em 1809, para agrupar algas verdes coloniais com células possuindo dois pseudocílios que, geralmente, se estendem para fora da mucilagem.

O`Kelly & Floyd (1984) em um estudo utilizando aspectos ultraestruturais do aparato flagelar das células móveis propuseram que o gênero *Tetraspora* pode ter sido originado de alguma alga semelhante a *Chaetopeltis* Berthold. Além disso, estes autores sugeriram que organismos como *Chlamydomonas* são provavelmente originados de zoósporos liberados por algas semelhantes a *Tetraspora*, sendo esta última, portanto, considerada mais primitiva do que *Chlamydomonas*.

O gênero é atualmente posicionado na família Tetrasporaceae e na ordem Tetrasporales (Reviere 2006), sendo essa ordem reconhecida por Booton *et al.* (1998) como polifilética.

Existem na literatura 22 nomes específicos de *Tetraspora*, entretanto, apenas oito são reconhecidas taxonomicamente corretas (Guiry & Guiry 2010).

3.2.2 Caracteres de importância taxonômica

Os caracteres mais importantes no reconhecimento do gênero e das espécies de *Tetraspora* são o tipo de colônia, o tipo e a morfometria das células, tipo de cloroplasto e as características do acineto.

3.2.3 Distribuição geográfica e ecologia

De acordo com Pentecost (2005), o gênero é cosmopolita, vivendo aderido a plantas aquáticas quando jovem e podendo ocorrer como grandes massas gelatinosas, livre flutuantes em águas frias, correntes ou não. Os estudos realizados com as comunidades de macroalgas no Brasil identificaram, até o momento, duas espécies de *Tetraspora* em riachos com uma grande amplitude de variáveis ambientais (Branco & Necchi 1996, Krupek *et al.* 2008, Branco 2009b).

3.2.4 O estudo do gênero *Tetraspora* no Brasil

Bicudo & Menezes (2006) comentam que existem somente três espécies de *Tetraspora* documentadas para o Brasil: *T. gelatinosa* (Vaucher) Desvaux, *T. lacustris* Lemmermann e *T. lubrica* (Roth) C.Agardh. Em Bicudo & Ventrice (1968) pode ser encontrada a descrição de *T. lacustris*, enquanto as outras duas espécies têm sido documentadas, principalmente, como membros das comunidades de macroalgas de ambientes lóticos. Neste sentido, Branco & Necchi (1996) descreveram *T. lubrica* em riachos da mata atlântica do estado de São Paulo, enquanto Branco *et al.* (2009) a descreveram na região centro-oeste do estado do Paraná. No trabalho de Krupek *et al.* (2008), foram as espécies *T. gelatinosa* e *T. lubrica* na região centro-sul do Paraná.

3.2.5 *Tetraspora* no Sul do Brasil

Tetraspora Link

Células unidas por uma mucilagem formando colônias grandes, macroscópicas, de cor verde pálidas, com consistência gelatinosa, tendo formato esférico, em forma de bolsa, membranáceos, irregularmente lobados ou convolutos. Células esféricas, frequentemente arranjadas em 2 ou 4 e próximas a superfície, com dois pseudocílios geralmente estendendo fora da mucilagem. Cloroplastos parietais em forma de taça e cobrindo a maior parte da célula, com um único pirenóide, às vezes obscurecido por amido. Ocelos ausentes. Vacúolos contráteis às vezes presentes no citoplasma. Reprodução assexual pela formação de 2 a 4 células filhas ou por zoósporos biflagelados. Acinetos ocasionalmente com paredes esculpidas. Reprodução sexual isogâmica.

Comentários taxonômicos:

O gênero é facilmente confundido com *Tetrasporidium*, *Palmella*, *Palmellopsis* e *Parallela* (Entwisle & Skinner 2001). Entre esses gêneros, o único já registrado para águas brasileiras foi *Palmella*, a qual diferencia-se de *Tetraspora* pela presença de um envelope individual de mucilagem circundando grupos de 2-4 células. A espécie *P. mucosa* foi registrada por Krupek *et al.* (2008) na região centro-sul do estado do Paraná, enquanto que *P. aurantia* que foi encontrada no estado de São Paulo por Sant`Anna (1984).

Tetraspora gelatinosa (Vaucher) Desvaux, Figuras 3 e 4

Obs. Pl. Angers.: 18. 181.

Basiônimo: *Ulva gelatinosa* Vaucher

Sinônimos: *Tetraspora explanata* C. Agardh, *T. ulvacea* Kützing

Colônias vesiculares e em forma de bolsa, não perfuradas e com as células principalmente na periferia. Células com cor verde intenso, esféricas ou levemente elípticas, com diâm. 7,1-11,6 μm (\bar{x} = 9,1 \pm 0,8). Longos pseudocílios se estendendo para fora do envelope de mucilagem. Cloroplastos ocupando quase todo o volume aparente da célula.

Comentários taxonômicos:

T. gelatinosa é a espécie tipo (lectótipo) do gênero *Tetraspora*.

Distribuição no mundo:

América do Norte, América do Sul, Europa, Ásia, Australásia.

Distribuição no Brasil:

Paraná (Krupek *et al.* 2008).

Ocorrência no Sul do Brasil

Ponto de amostragem 102. RIO GRANDE DO SUL: Cambará do Sul, Parque Nacional de Aparados da Serra, rio Camisas, 29°10'43"S, 50°08'11"W, alt. 938m, 31.v.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29785.

Tetraspora lubrica (Roth) C. Agardh, Figuras 5 e 6

Syst. Algar., 1824.

Basiônimo: *Ulva lubrica* Roth

Sinônimo: *Tetrasporella lubrica* (Roth) Gaillon

Colônias tubulares, perfuradas e com as células principalmente na periferia. Células de cor verde claro a verde azulado, esféricas ou levemente elípticas, com diâm. 5,4-12,4 (-14,1) μm (\bar{x} = 8,2 \pm 1,5). Longos pseudocílios se estendendo para fora do envelope de mucilagem. Cloroplastos ocupando praticamente todo o volume aparente da célula.

Comentários taxonômicos:

Pentecost (2005) comentou que esta espécie é, provavelmente, uma forma de crescimento de *T. gelatinosa* com talo tubular. De fato, no único ponto de amostragem onde foi encontrada *T. gelatinosa*, também foi encontrada *T. lúbrica*. O registro dessas duas espécies em um mesmo riacho também foi reportado por Krupek *et al.* (2008).

Entretanto, a forma da colônia e o aspecto visual das células são notavelmente diferentes, o que nos levou a manter, no presente estudo, em separado.

Distribuição no mundo:

Europa, Ásia, Australásia e América do Sul.

Distribuição no Brasil:

São Paulo (Branco & Necchi 1996), Paraná (Krupek *et al.* 2008, Branco *et al.* 2009b).

Ocorrência no Sul do Brasil:

Pontos de amostragem: 97, 98, 101, 102, 103. RIO GRANDE DO SUL: Cambará do Sul, Parque Nacional de Aparados da Serra, riacho próximo ao alojamento, 29°10'20"S, 50°06'42"W, alt. 938m, 31.v.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29784; *idem*, rio Camisas, 29°10'43"S, 50°08'11"W, alt. 938m, 31.v.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29785; *idem*, Parque Nacional da Serra Geral, riacho afluente do rio Perdizes, 29°08'23"S, 50°05'21"W, alt. 969m, 01.vi.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29789; *idem*, riacho próximo a entrada principal do parque, 29°04'58"S, 49°59'41"W, alt. 1012m, 01.vi.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29790; *idem*, rio do Segredo, 29°04'47"S, 49°59'17"W, alt. 1006m, 01.vi.2008, C.C.Z. Branco *et al.*, SJRP 29791.

3.2.6 Distribuição ambiental e considerações biogeográficas de *Ecballocystis* e *Tetraspora* no Sul do Brasil

Com exceção de *Tetraspora gelatinosa*, a qual ocorreu em apenas um ponto de amostragem no presente estudo, as algas verdes coloniais tiveram uma ampla distribuição. *E. pulvinata* var. *pulvinata* foi encontrado em oito pontos de amostragem e *T. lúbrica* em cinco (7% e 4% do total, respectivamente).

O gênero *Tetraspora* ocorreu em riachos sem (ou no máximo com um leve) sombreamento marginal e com substrato predominantemente rochoso. Por sua vez, *E. pulvinata* var. *pulvinata* também foi encontrado em riachos com substratos rochosos, principalmente aqueles formados por rocha contínua e matacão, porém foram registrados, principalmente, em ambientes sombreados e parcialmente sombreados. Esse dado concorda com aquele apresentado por Peres *et al.* (2009), onde *E. pulvinata* var. *pulvinata* foi caracterizada como uma espécie indicadora de ambientes sombreados (sensu DeNicola *et al.* 1992).

A Figura 7 mostra as variáveis ambientais em que as algas verdes coloniais foram encontradas, quanto comparadas com os valores globais encontrados nos riachos do Sul do Brasil. *E. pulvinata* var. *pulvinata* ocorreu em temperaturas maiores do que a média global e as duas espécies de *Tetraspora* em valores menores. De fato, *Tetraspora* foi encontrada somente em bioma de campo, o qual foi caracterizado por mais baixas temperaturas. Por outro lado, *E. pulvinata* var. *pulvinata* não foi registrada neste tipo de bioma, assim, apesar desta última espécie ter sido descrita pela primeira vez em águas da região Sul do Brasil (Cachoeira do Sul/RS), sua ocorrência pode não estar diretamente ligada diretamente às baixas temperaturas comumente reportadas na região.

Os valores de pH nos quais as espécies de algas verdes coloniais foram encontradas não diferiram do valor global dos ambientes lóticos do Sul do Brasil. Porém, *E. pulvinata* var. *pulvinata* ocorreu em ambientes com valores menores daqueles de *Tetraspora*. Apesar da grande variação, *E. pulvinata* var. *pulvinata* ocorreu em valores maiores de velocidade da correnteza do que as outras algas verdes coloniais e do valor global dos riachos do Sul do Brasil. Outros estudos já demonstraram essa tendência de ocorrência da espécie em ambientes com velocidade da correnteza forte a moderada (e.g. $\bar{x}=46$ m.s⁻¹ em Branco & Necchi 1996; $\bar{x}=58,7$ m.s⁻¹ em Krupek *et al.* 2008; $\bar{x}=139$ m.s⁻¹ em Peres *et al.* 2008). Esses dados sugerem que essa condição pode ser essencial ao desenvolvimento desta espécie, possivelmente, por conta de sua forma rígida e bem aderida, a qual consegue tolerar a ação mecânica provocada pela correnteza.

As espécies de *Tetraspora* tiveram tendência de ocorrência em valores mais baixos de nitrogênio total e ortofosfato, aliados baixos a valores de condutividades. Esses dados indicam que as espécies deste gênero encontradas no presente estudo são adaptadas a esse tipo de ambiente e, possivelmente, a mucilagem que envolve as células e caracteriza a colônia seja também utilizada como um sítio de troca iônica e, conseqüentemente, de acúmulo de nutrientes.

Lock *et al.* (1984) sugeriram que a presença da mucilagem que envolve as células em determinadas algas coloniais pode funcionar como um local de absorção de fosfatos, tornando-se doador de nutriente quando este recurso é escasso. Isso permitiria uma vantagem competitiva para algas com este tipo morfológico em ambientes pobres deste nutriente, e isso pode ser válido também para outros nutrientes. Adicionalmente, Branco *et al.* (2005), estudando o processo de sucessão de macroalgas de ambientes lóticos, apontaram uma correlação significativa entre o aumento de riqueza e abundância das algas gelatinosas no final da colonização com a baixa disponibilidade de fósforo. Esses dados da literatura indicam que a presença das espécies de *Tetraspora* em ambientes com baixa concentração de nutrientes, observada no presente estudo, também pode estar relacionada à sua capacidade de armazenamento na sua bainha mucilaginosa, o que garantiria uma vantagem competitiva em ambientes oligotróficos.

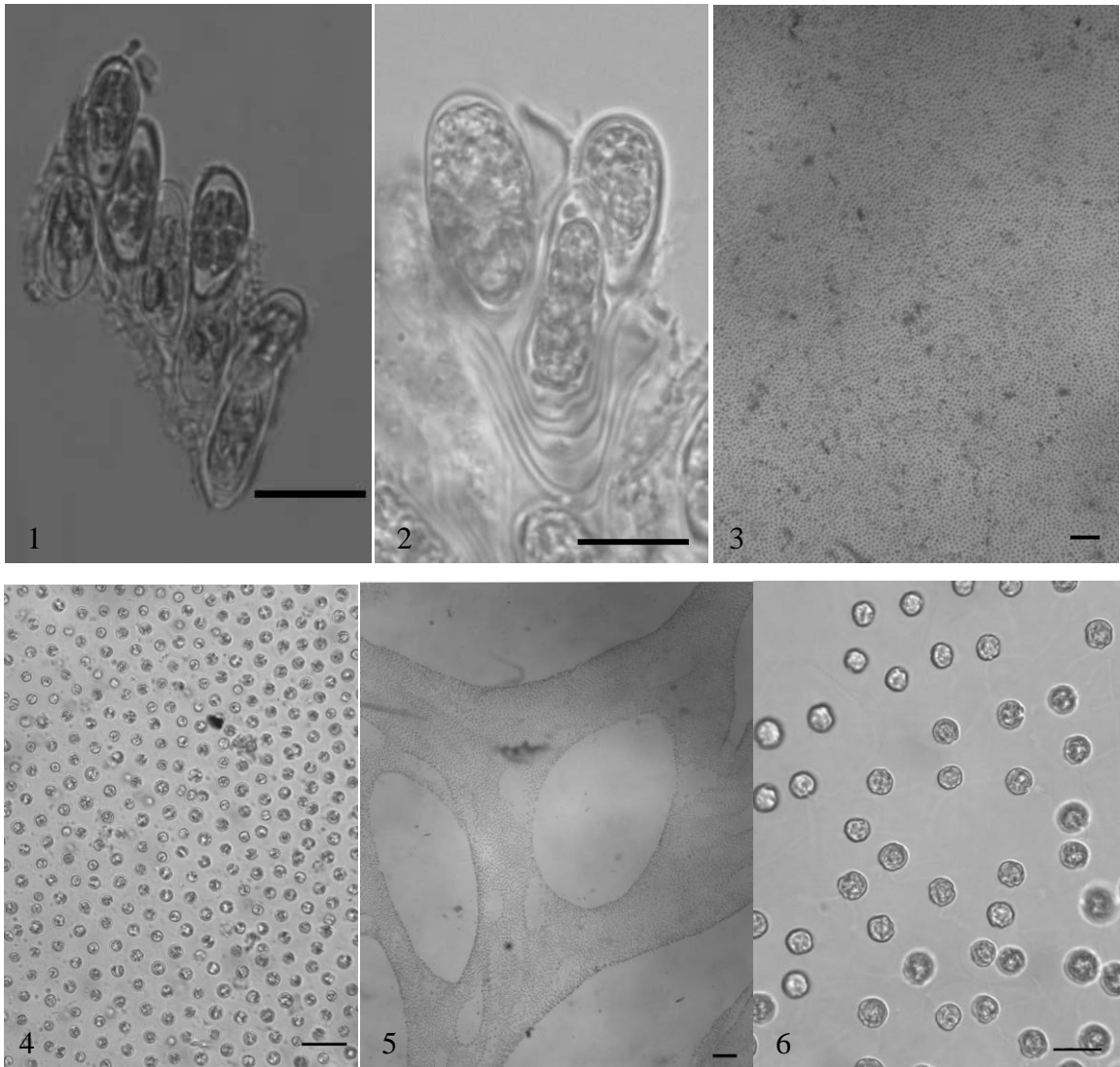
3.3 Referências Bibliográficas

- Agardh, C.A. 1824. *Systema Algarum*. Lund. 312 p.
- Bicudo, C.E.M. & Menezes, M. 2006. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil. São Paulo, Editora RIMA.
- Bicudo, C.E.M. & Ventrice, M.R. 1968. Algas do Brejo da Lapa, Parque Nacional do Itatiaia, Brasil. In *Anais do XIX Congresso da Sociedade Brasileira de Botânica*. Fortaleza, p.1-30.
- Bohlin, K. 1897. Die algen der Ersten Regnell'schen expedition. I. Protococcoideen. *Bih. Kong. Svensk Vet.-Akad. Handl.*, 23/III, no.7.
- 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 sequences. *Journal of Phycology* 34: 312-318.
- Bourrelly, P. & Coute, A. 1986. Algues d'eau douce de l'Ile Maurice (Diatomees exclues). *Rev. Hydrobiol. trop.* 19: 131-158.
- Branco, C.C.Z. & Necchi, O.Jr. 1996. Distribution of stream macroalgae in the eastern Atlantic Rainforest of São Paulo State, southeastern Brazil. *Algological Studies* 333: 139-150.
- Branco, C.C.Z., Branco, L.H.Z., Moura, M.O. & Bertusso, F.R. 2005. The succession dynamics of a macroalgal community after a flood disturbance in a tropical stream from São Paulo State, Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 28: 267-275.
- Branco, C.C.Z., Emed, R.G., Branco, L.H.Z. & Necchi, O. Jr. 2008. Macroalgas de riachos da Floresta Nacional de Irati, estado do Paraná, Sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 22(2): 437-451.
- Branco, C.C.Z., Krupek, R.A., Peres, C.K. 2009a. Distribution of stream macroalgal communities from the mid-western region of Paraná State, southern Brazil: Importance of local scale variation. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 52: 379-386.
- Branco, C.C.Z., Peres, C.K., Krupek, R.A., Bertusso, F.R. 2009b. Macroalgas de ambientes lóticos da região Centro-Oeste do Paraná, região Sul do Brasil. *Biota Neotropica* (Ed. Portuguesa) 9: 1-9.
- DeNicola, D.M., Hogland, K.D. & Roemer, S.C. 1992. Influence of canopy cover on spectral irradiance and periphyton assemblages in a prairie stream. *Journal of the North American Benthological Society* 11: 391-404.

- Entwisle, T.J. 1989. Macroalgae in Yarra River basin: flora and distribution. *Proceedings of the Royal Society of Victoria* 101: 1-76.
- Entwisle, T.J. & Skinner, S. 2001. Non-marine algae of Australia: 4. Floristic survey of some colonial green macroalgae (Chlorophyta). *Telopea* 9(3): 725-739.
- Fritsch, F.E. 1918. Contribution to our knowledge of the freshwater algae, mostly from the Cape peninsula. In the Herbarium of South Africa Museum. *Annals of South African Museum* 9: 483-611.
- Graham, L.E. & Wilcox, L.W. 2000. Algae. Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Guiry, M.D & Guiry, W. 2010. Algae Base version 4.1. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Disponível em <http://www.algaebase.org>. (acesso em março de 2010).
- Hu, B.F. & Xie, S.L. 2006. Effect of seasonality on distribution of macroalgae in a stream system (Xin'an Spring) in Shanxi Province, North China. *Journal of Integrative Plant Biology* 48(8): 889-896.
- Iyengar, M.O.P. 1932. Two little-known genera of green algae (*Tetrasporidium* and *Ecballocystis*). *Annals of Botany* 46(182): 191-231.
- John, D.M. & Tsarenko, P.M. 2005. Order Chlorococcales. 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, UK.
- Jose, L. & Patel, R.J. 1990. *Ecballocystis ramosa* f. *minor* Bourrelly et Couté, a rare green alga from India. *Cryptogamie, Algologie* 11(4): 305-308.
- Krupek, R.A., Branco, C.C.Z. & Peres, C.K. 2007. Distribuição ecológica das comunidades de macroalgas da bacia de drenagem do Rio das Pedras, região centro-sul do estado do Paraná, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 30(2): 173-182.
- Krupek, R.A., Branco, C.C.Z. & Peres, C.K. 2008. Macroalgas de riachos da bacia do rio das Pedras, região Sul do Brasil. *Hoehnea* 35(2): 25-44.
- Lewis, L.A. & McCourt, R.M. 2004. Green Algae and the origin of land plants. *American Journal of Botany* 91(10): 1535-1556.
- Liu, G.X & Hu, Z.Y. 2005. *Ecballocystis hubeiensis* sp. Nova (Chlorococcales, Chlorophyceae) from China. *Algological Studies* 116: 39-47.

- Lock, M.A., Wallace, R.R., Costerton, J.W., Ventulloan, R.M, Charlton, S.G. 1984. River epilithon: toward a structural-functional model. *Oikos* 42:10-22.
- 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. Systematics Association Special, vol 27. Academic Press, London Orlando, p. 29-72.*
- Necchi, O.Jr., Branco, C.C.Z. & Branco, L.H.Z. 2000. Distribution of stream macroalgae in São Paulo State, Southeastern Brazil. *Algological Studies* 97: 43-57.
- O`Kelly, C.J. & Floyd, G.L. 1984. Flagellar apparatus absolute orientations and the phylogeny of the green algae. *Biosystems* 16: 227-251.
- Pentecost, A. 2005. Order Tetrasporales. *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, UK.*
- Peres, C.K., Branco, C.C.Z. & Krupek, R.A. 2008. Macroalgas de riachos da Serra da Prata, leste do Paraná, Sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 22(2): 333-344.
- Peres, C.K., Branco, C.C.Z. & Krupek, R.A. 2009. Distribuição ambiental e temporal das comunidades de macroalgas de riachos da Serra da Prata, Estado do Paraná, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 32: 625-633.
- Reviere, B. 2006. *Biologia e Filogenia das Algas*; tradução Iara Maria Franceschini. Porto Alegre: Artmed. 280 p.
- Sant'Anna, C.L. 1984. Chlorococcales (Chlorophyceae) do Estado de São Paulo, Brasil. *Bibliotheca Phycologica* 67: 1-348.
- Sheath, R.G. & Burkholder, J. 1985. Characteristics of softwater stream in Rhode Island. II: Composition and seasonal dynamics of macroalgae communities. *Hydrobiologia* 128: 109-118.
- Sheath, R.G. & Cole, K.M. 1992. Biogeography of stream macroalgae in North America. *Journal of Phycology* 28: 448-460.
- Steinman, A. D., Mulholland, P. J. & Hill, W. R. 1992. Functional responses associated with growth form in stream algae. *Journal of North American Benthological Society* 11: 229-43.

ANEXOS DO CAPÍTULO 3 – Figuras



Figuras 1 a 6. 1 e 2. *Ecballocystis pulvinata* var. *pulvinata*, 1. colônia com arranjo estratificado, 2. gelatinização formada pela sobreposição de paredes de células de gerações antigas sobrepostas; 3 e 4. *Tetraspora gelatinosa*, 3. aspecto da colônia (não perfurada), 4. células; 5 e 6. *T. lubrica*, 5. aspecto da colônia (perfurada), 6. células (Barras de escala. 100 μ m: 3 e 5; 20 μ m: 1 e 4 e; 10 μ m: 2 e 6).

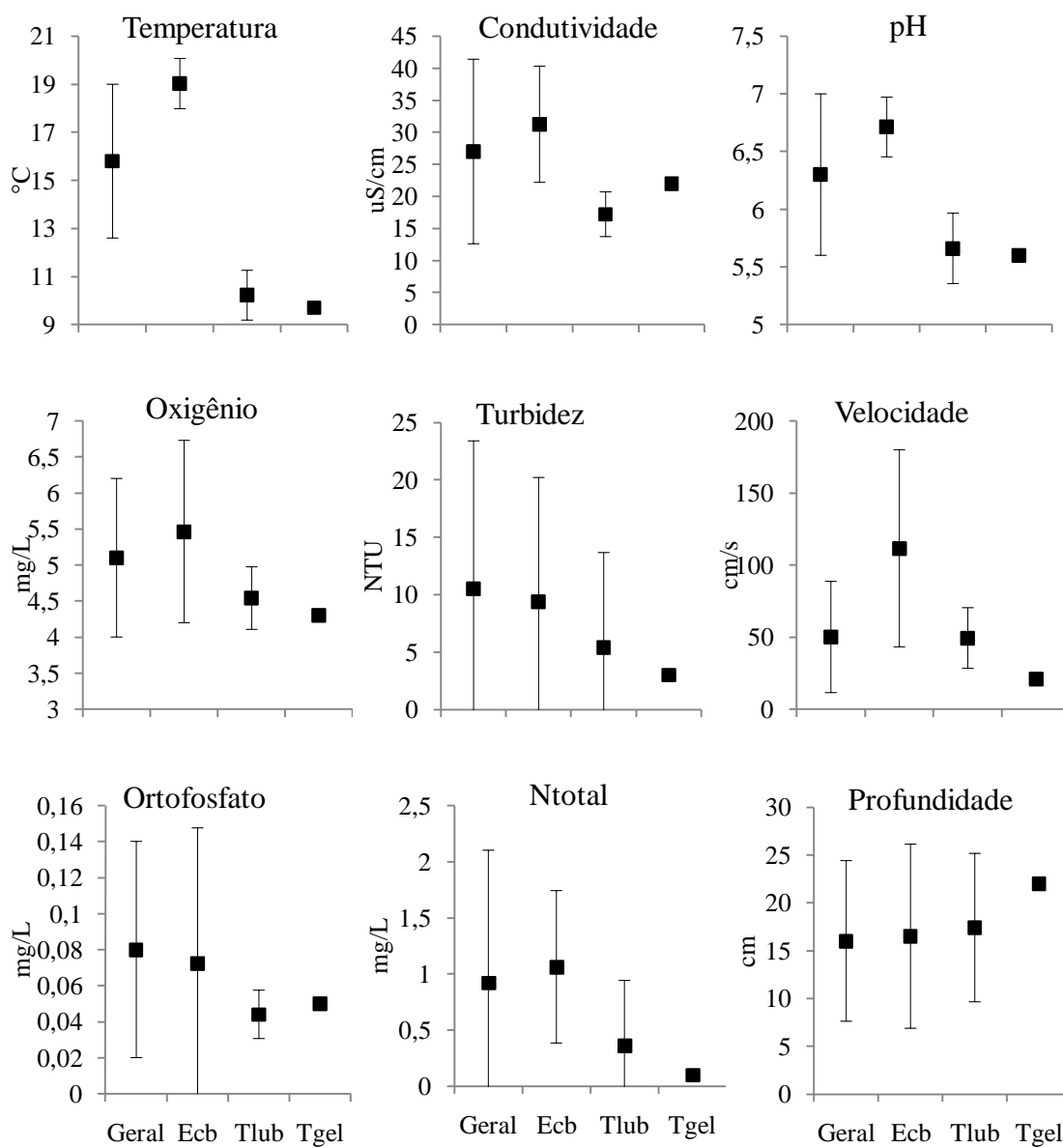


Figura 7. Valores médios e desvio-padrão das variáveis ambientais mensuradas na região Sul do Brasil, global para todos os riachos (geral, n=115), nos pontos com ocorrência de *Ecballocystis pulvinata* var. *pulvinata* (Ecb, n=8), *Tetraspora lubrica* (Tlub, n=5) e *T. gelatinosa* (Tgel, n=1).

CAPÍTULO 4

**ZYGNEMATACEAE E OEDOGONIACEAE EM RIACHOS: ASPECTOS
REPRODUTIVOS E SUA IMPLICAÇÃO NA TAXONOMIA E ECOLOGIA**

4.1. Introdução histórica e sistemática de Oedogoniaceae e Zygnemataceae

As Zygnemataceae são algas de ocorrência comum, encontradas em quase todos os tipos de ambientes de água doce em todos os continentes exceto a Antártica (Hoshaw & McCourt 1988). A família consiste de algas filamentosas, sendo a maioria não ramificada, com cloroplastos distintos sem produção de zoósporos ou gametas flagelados (Mccourt & Hoshaw 1990). Juntamente com as famílias Mesotaeniaceae e Desmidiaceae (ou a ordem Desmidiales, dependendo do sistema de classificação) formam um grupo considerado como um dos principais entre as algas verdes por motivos como: 1) são relacionados com as embriófitas e, portanto, são interessantes na compreensão da invasão do ambiente terrestre pelos vegetais; 2) dominam muitos ambientes aquáticos de água doce sendo fundamentais para a produtividade primária destes ambientes; 3) exibem uma diversidade enorme de formas, de tipos de parede celular e ornamentações (Hall *et al.* 2008).

O ciclo de vida é haplôntico com o conteúdo celular completo produzindo um gameta amebóide não flagelado, o qual é fecundado através de um processo sexual denominado conjugação (Mccourt & Hoshaw 1990). Esse mecanismo interessante de reprodução aliado a diversidade de formas proporcionou que fossem descritas uma enorme quantidade de espécies. Johnson (2005) estimou que existissem aproximadamente 700 espécies de Zygnemataceae descritas em todo o mundo.

Estudos com marcadores moleculares têm mostrado que a ordem Zygnematales (excluindo as desmídias) é monofilética, porém toda a construção taxonômica em nível de família, a qual tem se baseado principalmente no tipo de talo, filamentosos (Zygnemataceae) ou unicelular (Mesotaeniaceae) é artificial e, parece que o tipo de cloroplasto pode ser a característica mais importante de separação neste nível (Mccourt *et al.* 2000, Gontcharov *et al.* 2003).

As Oedogoniaceae também são algas comuns de ambientes aquáticos continentais, que consistem de filamentos unisseriados ramificados (*Bulbochaete* e *Oedocladium*) ou não ramificados (*Oedogonium*). Esses três gêneros compreendem cerca de 600 espécies descritas sendo a maioria pertencente a *Oedogonium*.

A característica mais importante no reconhecimento dos representantes dessa família se encontra no mecanismo de divisão celular. Dias (1997) descreveu em detalhes esse processo onde, logo após a mitose desenvolve-se na parede interna da porção distal da célula um espessamento interno (anel) de hemicelulose. A parede sobrejacente rompe-se e o anel expande, recebendo celulose e se tornando a parede celular da célula filha, na qual em seguida forma-se a nova parede transversal. Porém, entre a nova parede transversal e a célula mãe

permanecem cicatrizes do rompimento que originou a célula filha, de modo que o número destas calotas apicais indica as divisões sofridas pela célula. O ciclo de vida em Oedogoniaceae é haplôntico com reprodução oogâmica e meiose zigótica (Dias 1997).

Booton *et al.* (1998) com base em dados de SSU rDNA confirmaram a monofilia da ordem (e conseqüentemente da família) e a sua localização dentro da classe Chlorophyceae. Outros estudos moleculares têm evidenciado também as afinidades filogenéticas das ordens Oedogoniales, Chaetophorales e Chaetopeltidales formando o que se tem chamado de Clado OCC (Buchheim *et al.* 2001, Turmel *et al.* 2008, 2009).

4.2. Sistemática e taxonomia das Oedogoniaceae e Zygnemataceae baseada em caracteres reprodutivos: aplicações e limitações

Em Zygnemataceae a reprodução sexuada ocorre exclusivamente por conjugação com a união de dois gametas amebóides não flagelados (Hoshaw & McCourt 1988). A conjugação pode ocorrer entre duas células de um mesmo filamento sendo denominado lateral ou de filamentos distintos sendo denominado escalariforme (Hoshaw & McCourt 1988). Na conjugação escalariforme (mais comum), dois filamentos alinham-se lado a lado e formam uma série de tubos de conjugação entre pares de células dos filamentos adjacentes e o protoplasto de cada célula forma um único gameta (Mccourt & Hoshaw 1990). O gameta de cada célula move-se através do tubo e funde-se com o gameta na célula adjacente desenvolvendo um zigoto diplóide, seguido da formação de um zigósporo de parede espessa onde então a meiose ocorre (Mccourt & Hoshaw 1990). Portanto, as Zygnemataceae apresentam meiose zigótica (Hoshaw & McCourt 1988).

Uma das estruturas mais utilizada na taxonomia das Zygnemataceae é o zigósporo, o qual pode ter formato variando de esférico a elipsóide ou de quadrado a triangular (Johnson 2005). Ainda, a parede do zigósporo pode ter várias camadas sendo que a mediana, mesósporo, pode ser lisa ou distintivamente ornamentada e com variadas cores, características essas essenciais na determinação das espécies (Johnson 2005). Desta forma, para a identificação das espécies de Zygnemataceae, são pré-requisitos as informações sobre o processo de conjugação e formação de esporos (Simons *et al.* 1984).

A reprodução assexuada nas Zygnemataceae ocorre por divisão celular, fragmentação ou formação de células especializadas (acinetos, aplanósporos ou partenósporos) (Hoshaw & McCourt 1988). Além desses modos de reprodução assexuada ainda podem ocorrer a hibridização a qual possui poucos registros (Transeau 1919) e a poliploidia (ver tópico abaixo).

Em Oedogoniaceae a reprodução sexuada ocorre por oogamia podendo ser monóicas ou dióicas. As dióicas podem ser macrândricas quando a planta masculina tiver tamanho semelhante a feminina ou nanândricas quando a planta masculina for muito menor. Em todos os casos, o gameta feminino, oosfera, é formado pela divisão transversal de qualquer célula vegetativa dando origem a um ou vários oogônios, os quais dão origem a oosfera, e a uma célula suporte ou célula sufultória (Dias 1997).

Por outro lado, os gametas masculinos, anterozóides, são formados em anterídeos os quais são produzidos por dois mecanismos principais. Em espécies monóicas e nas macrândricas ocorre pela divisão celular de qualquer célula vegetativa. Nas espécies nanândricas os anterídeos se formam a partir de esporos flagelados (andrósporos) que são produzidos em androsporângios. Estes esporos depois de liberados nadam e fixam-se principalmente sobre as células sufultórias dando origem a um filamento extremamente curto denominado nanândrio o qual produz geralmente dois anterozóides.

A fecundação ocorre no interior do oogônio pela penetração de um anterozóide, dando origem assim, a um zigoto que posteriormente se transformará em um oósporo pelo espessamento de parede e acúmulo de substância de reserva. Quando maduro o oósporo apresenta a parede geralmente composta por três camadas. Após sua liberação o oósporo sofre meiose e forma zoósporos haplóides que dão origem a novos filamentos.

A reprodução assexuada ocorre por divisão celular, fragmentação ou formação de células especializadas como zoósporos, acinetos ou aplanósporos (Dias 1997). A forma mais comum de célula especializada é o zoósporo, sendo cada um derivado de uma célula e tendo formato esférico, ovóide ou piriforme possuindo uma coroa com até 120 flagelos.

Para Zygnemataceae, até o presente momento o trabalho mais importante sobre o grupo se trata da revisão mundial de Kadlubowska (1984) na qual 784 espécies foram descritas, sendo 386 de *Spirogyra*, 139 de *Zygnema*, 138 de *Mougeotia* e 121 dos demais gêneros. Em todos os estudos taxonômicos envolvendo as Zygnemataceae a delimitação das espécies é baseada na dimensão dos filamentos vegetativos, no tipo de septo transversal, no número de cloroplastos, na forma e orientação do cloroplasto dentro da célula, nos aspectos da conjugação e, na estrutura, dimensão, forma e cor da parede celular do zigósporo (McCourt & Hoshaw 1990). Utilizando-se da combinação destes caracteres, um número enorme e crescente de espécies tem sido descritos para a família, como em Transeau (1951 – 534 espécies), Randhawa (1959 – 580 espécies), Kadlubowska (1972 – 668 espécies) e Kadlubowska (1984 – 784 espécies). Entretanto, como discutido por McCourt & Hoshaw (1990), apesar deste número elevado de espécies, não se encontra nenhuma discussão sobre a

natureza destas espécies, retratando uma clara proliferação do número de espécies utilizando apenas o critério tipológico.

Assim como ocorre com Zygnemataceae, a taxonomia de Oedogoniaceae está fundamentada principalmente nas características de estruturas reprodutivas, sendo da fase vegetativa utilizadas somente a forma e dimensões das células. Da fase reprodutiva é utilizado o tamanho do gametófito masculino, a presença de ambas as células reprodutoras num mesmo filamento ou em filamentos diferentes, a forma, o número e a posição da abertura dos oogônios, a forma e a ornamentação dos oogônios/oósporos e a forma da célula sufultória (Dias 1997).

Os problemas taxonômicos com Oedogoniaceae não são extensivamente discutidos como acontece com Zygnemataceae, porém limitações da mesma natureza são encontradas para ambos os grupos. Neste sentido, podemos relacionar a reconhecida influência das condições ambientais sobre alguns caracteres morfológicos utilizados para identificação (Tiffany 1930) e problemas de descrição incompleta o que acarreta em ambigüidade na identificação de grande parte das espécies (Yung 1986). Além disso, Mrozinska (1991, 1993) estudando a aplicação de análises filogenéticas na taxonomia de dois gêneros de Oedogoniaceae (*Oedogonium* e *Bulbochaete*, respectivamente) destacou que o tamanho do gametófito masculino, o qual dá origem aos grupos de espécies macrândricas e nanândricas, que é a principal característica tradicionalmente utilizada, não reflete as relações filogenéticas dentro destes gêneros. O mesmo autor ainda relatou a necessidade de uma avaliação global dos caracteres utilizados e da validade dos táxons, considerando o grande número de espécies que tem sido descritas.

Neste contexto, especialmente para Zygnemataceae, as técnicas de cultivo de algas tem sido excepcionais em demonstrar esses problemas taxonômicos. Materiais que no campo são caracterizados como uma espécie podem no cultivo desenvolver uma grande amplitude morfológica que sobrepõem a várias espécies convencionalmente definidas, demonstrando que outros fatores estão envolvidos na produção de diversidade morfológica (McCourt & Hoshaw 1990). Zwirn (2010) estudando a aplicação do conceito de espécies em *Spirogyra* comentou que, mesmo na rara ocorrência de todos os traços morfológicos, a identificação é difícil porque muitos desses caracteres usados não são frequentemente aplicáveis na prática. A autora ainda ressaltou que esses caracteres morfológicos são frequentemente de amostras do campo sob a visualização de um único autor, ou seja, com um grande grau de subjetividade o qual certamente torna falho esse conceito morfológico. Por essas razões, Zwirn (2010) afirmou que o conceito de espécie tradicional, o qual é baseado exclusivamente em critérios

morfológicos, deve ser melhor examinado. Neste mesmo sentido, Cambra & Aboal (1992) comentaram que existe claramente uma superestimação do número de espécies de *Spirogyra* e *Oedogonium* ocorrentes em ambientes aquáticos na Europa.

4.3. Sistemática e taxonomia das Oedogoniaceae e Zygnemataceae baseada em caracteres reprodutivos: o caso dos ambientes lóticos

De maneira geral, os trabalhos mostram uma grande dificuldade na obtenção de material com estruturas reprodutivas sexuadas impossibilitando a identificação em nível específico tanto para Oedogoniaceae quanto para Zygnemataceae. Particularmente para *Spirogyra*, McCourt *et al.* (1986) em um estudo amplo observaram que somente 10% das 632 amostras coletadas apresentavam estágios reprodutivos.

Os estudos com macroalgas de riachos conduzidos em todo o mundo revelaram, de modo geral, uma situação ainda mais desfavorável para a identificação dos representantes destas duas famílias em nível específico (Tabela 1). Considerando 15 importantes trabalhos desta natureza, 11 deles (73% do total) não evidenciaram nenhuma população fértil de ambas as famílias e conseqüentemente a abordagem ecológica, objetivo principal da maioria deles, foi prejudicada. Mesmo assim, naqueles trabalhos onde populações férteis foram encontradas, as mesmas foram representadas por somente uma única população.

Ainda considerando os dados destes estudos com macroalgas de ambientes lóticos, é possível notar que para Zygnemataceae das 185 populações amostradas apenas quatro (2,16% do total) apresentavam estruturas de reprodução. Representantes das Oedogoniaceae não foram encontrados em estágios sexuais em nenhum destes estudos, aparecendo invariavelmente identificados somente em nível genérico.

Estes dados revelam que a proporção de populações férteis de Zygnemataceae de ambientes lóticos é menor do que a encontrada em ambientes lênticos (10 % em *Spirogyra* - McCourt *et al.* 1986, Hainz *et al.* 2009). Quanto a Oedogoniaceae não se tem na literatura dados mostrando a frequência de ocorrência de populações férteis em ambientes lênticos, entretanto, é evidente que a ocorrência de material fértil nestes ambientes seja maior do que em ambientes lóticos (Tabela 1).

Neste sentido, a explicação mais imediata para a baixa ocorrência de estágios férteis em ambientes lóticos seria que as características da correnteza poderiam estar envolvidas neste processo, dificultando o pareamento dos filamentos para a conjugação (Zygnemataceae) ou a aproximação dos gametas masculinos e femininos (em Oedogoniaceae), o que em última análise diminuiria as chances de fertilização. Entretanto, em outros grupos algais como

Batrachospermales (Rhodophyta), por exemplo, a reprodução sexuada em ambientes lóticos é comum, mesmo com o gameta masculino não flagelado sendo liberado na coluna d'água. Necchi & Branco (1999) relataram que em *Batrachospermum delicatulum* (Rhodophyta), a qual é típica de riachos, a reprodução sexuada é facilitada pelo agrupamento de plantas femininas e masculinas nas quais os ramos portando estruturas reprodutivas se inter cruzam facilitando a fecundação. Portanto, aparentemente a correnteza não é o fator limitante da reprodução sexuada de algas de ambientes lóticos.

4.4. Análise crítica do uso de técnicas de indução da reprodução sexuada em laboratório para aplicação em sistemática e taxonomia de Oedogoniaceae e Zygnemataceae

Como já comentado, entre os problemas na delimitação das espécies de ambas as famílias, existe a dificuldade de encontrar estruturas reprodutivas as quais são essenciais na identificação das espécies. Particularmente para *Spirogyra*, McCourt *et al.* (1986) observaram que somente 10% das 632 amostras coletadas apresentavam estágios reprodutivos, percentual este também encontrado por Hainz *et al.* (2009). Adicionalmente, os dados do presente estudo mostraram uma situação ainda pior e abrangendo inclusive outros gêneros de Zygnemataceae e Oedogoniaceae. Desta forma, a indução da reprodução seria muito útil em levantamentos onde se objetiva conhecer a biodiversidade, bem como em estudos ecológicos ou biomonitoramentos, onde cada espécie é tratada como uma variável que caracteriza uma observação.

Em Zygnemataceae as informações disponíveis referentes à indução da fertilização são relacionadas às espécies de *Spirogyra*. Neste sentido, Czurda (1933) foi o pioneiro buscando induzir a conjugação em *S. varians*, e concluiu que a disposição sexual ocorreria depois de um intenso período de crescimento vegetativo e estaria relacionada ao pH. Por outro lado, Allen (1958) encontrou que a indução da reprodução sexual poderia ocorrer sob baixa intensidade de luz, enquanto Grote (1977) induziu a conjugação de *S. majuscula* e formação de esporos na ausência de qualquer fonte de nitrogênio. Baseado nas experiências anteriores, Simons *et al.* (1984) realizaram um estudo buscando induzir a formação de estágios reprodutivos em espécies de *Spirogyra* coletadas na Holanda. Seus resultados mostraram que a depleção de nitrogênio e a luz são fatores chave na indução de formação de esporos.

Dentro desta perspectiva, Zwirn (2010) conduziu um extenso estudo examinando múltiplas linhagens de *Spirogyra* originadas de quatro países da Europa e considerando os potenciais fatores chave anteriormente descritos para a indução artificial da conjugação e formação de zigotos. Seus resultados mostraram que nenhuma variável ambiental mensurada

nos locais de amostragem apresentou diferença significativa entre com os pontos com presença de material fértil daqueles com ausência. O estudo experimental de Zwirn (2010) foi o mais amplo até então, examinando 95 linhagens de *Spirogyra* em 681 configurações amostrais onde foi variada uma série de condições ambientais. A autora assumiu a dificuldade de encontrar um conjunto de fatores responsáveis para a explicação da reprodução e concluiu que nenhum padrão ambiental responde diretamente pela indução de fases sexuadas em espécies de *Spirogyra*. Entretanto, os resultados mostraram pequenos indícios que de fato a luz e a depleção de nitrogênio e de fósforo podem ser fatores relacionados a indução da reprodução sexual neste gênero.

Assim, de maneira geral, esses estudos buscando a indução de fases sexuadas em laboratório têm demonstrado ser insuficientes para a utilização na taxonomia e, inviáveis quando se trata de estudos ecológicos onde uma resposta rápida e eficaz é necessária.

4.5. Análise crítica da técnica de DNA barcode como uma alternativa ao uso de caracteres reprodutivos na sistemática e taxonomia de Oedogoniaceae e Zygnemataceae

Neste cenário, onde a taxonomia tradicional tem se mostrada fraca e incapaz de representar as espécies como grupos naturais, surgiu a alternativa da abordagem molecular. Atendendo a este propósito, Hebert *et al.* (2003) desenvolveram um estudo buscando um marcador molecular que fosse útil na identificação de táxons funcionando como um código de barras, ou no correspondente em inglês (mais utilizado) “DNA barcode”. Neste trabalho, os autores sustentaram principalmente a partir de estudos com diversos grupos de animais que o gene mitocondrial da citocromo c oxidase I (COI) poderia servir como DNA barcode em um sistema global de identificação de animais.

Entretanto, em plantas os genes mitocondriais apresentam baixas taxas de substituição, o que levou os pesquisadores a procurar regiões alternativas para serem utilizadas como DNA barcode. Neste contexto, para tentar a validação de um marcador em plantas, os pesquisadores do CBOL Plant Working Group (2009) testaram sete possíveis regiões do DNA plastidial que poderiam servir como DNA barcode. Seus resultados mostraram que nenhum dos marcadores atende realmente bem a todos os requisitos, entretanto, o uso dos genes *rbcL* juntamente com *matK* pareceu ser uma boa alternativa nos estudos com vegetais, identificando valores superiores a 72% das espécies de diferentes grupos de angiospermas. Recentemente, Chen *et al.* (2010) testaram sete marcadores incluindo, além dos genes e espaçadores plastidiais, os dois espaçadores transcritos internos nucleares (ITS e ITS2) como potenciais para identificação de plantas medicinais. Além disso, os autores analisaram o perfil dos possíveis

DNA barcode de genes plastidiais, mitocondriais e nucleares de plantas. Seus resultados revelaram o ITS2 como sendo um excelente DNA barcode para plantas medicinais por possuir características importantes como fácil amplificação, alto nível de divergência interespecífica e grande poder de discriminação, identificando 92,7% das espécies testadas.

Nas algas verdes, o tema da discriminação de espécies usando DNA barcode ainda não é comum, sendo que os estudos moleculares conduzidos até o momento têm sido principalmente para verificar as relações filogenéticas [vários exemplos em Buchheim *et al.* (2011) e na introdução geral desta tese]. No entanto, alguns desses estudos têm revelado que o espaçador nuclear ITS2 rRNA (ITS2) possui um enorme potencial na identificação de espécies intimamente relacionadas, o que indiretamente o coloca como potencial para servir como DNA barcode das algas verdes (Buchheim *et al.* 2011). Além disso, a utilização dos genes propostos pelo CBOL Plant Working Group (2009) não é viável visto a ausência do *matK* nas Chlorophyta e a dificuldade da identificação de primers universais para o *rbcL*, o que torna o uso do ITS2 como o único candidato viável para o imediato uso como DNA barcode nas algas verdes (Buchheim *et al.* 2011).

De maneira geral, o advento do DNA barcode tem se mostrado eficaz em vários grupos e, mesmo naqueles onde os níveis de resolução não são elevados, a concentração de esforços de pesquisa são promissores. Entretanto, em Oedogoniaceae e Zygnemataceae a utilização do DNA barcode exige uma discussão mais profunda particularmente em relação a dois pontos principais. Primeiro, como já comentado, a taxonomia dos grupos está baseada em caracteres que são discutíveis e, pelo menos em *Spirogyra*, a grande maioria tem mostrado não corresponder com linhagens naturais de espécies (Zwirn 2010). Em segundo lugar, como discutido acima, estruturas reprodutivas são raramente encontradas nestes grupos e algumas espécies podem inclusive sequer apresentar qualquer tipo de reprodução sexuada, o que acarreta ainda mais problemas práticos na aplicação do DNA barcode e diminui drasticamente o número de caracteres morfológicos que poderiam ser úteis para a reconstrução da taxonomia dos grupos. Além disso, a utilização do DNA barcode sem correspondentes morfológicos pode acarretar em outros problemas que levariam a sub ou superestimativa da diversidade devido a taxas diferenciais nas mudanças dependendo do grupo (exemplo prático em Piganeau *et al.* 2011). Assim, apesar do inegável poder desta ferramenta, ela pode não somente ser ineficaz na resolução destes problemas taxonômicos como ser também criar outros de grande magnitude.

Neste sentido, o DNA barcode deveria no primeiro momento ser utilizado como uma ferramenta sistemática, assistida por caracteres morfológicos obtidos tanto de material de

campo quanto de material em cultivo a fim de reconhecer as variações intraespecíficas e encontrar as linhagens naturais. Somente em um segundo momento, quando os atuais problemas taxonômicos fossem resolvidos, e traços morfológicos consistentes sejam encontrados especialmente em estruturas reprodutivas, o DNA barcode poderia ser apropriado para testes iniciais na identificação específica.

4.6. Implicações dos problemas taxonômicos de Oedogoniaceae e Zygnemataceae em estudos ecológicos: análise de abordagens alternativas

Estudos ecológicos ou de biomonitoramento, principalmente aqueles que utilizam as espécies como variáveis para explicar diferenças no ambiente, necessitam de grupos que tenham ampla distribuição diminuindo o efeito de espécies raras. Diante desse pressuposto, Hainz *et al.* (2009) comentou que o gênero *Spirogyra* pode ser considerado como potencial indicador do estado ecológico de ambientes aquáticos, sendo facilmente encontrado por todo o mundo em uma grande amplitude de habitats. Da mesma forma, outros gêneros de Zygnemataceae e Oedogoniaceae também apresentam essa característica e a mesma consideração pode ser feita.

Outro pressuposto da utilização destes organismos neste tipo de estudo é que a identificação dos táxons seja segura e represente da melhor forma unidades confiáveis de medida. Assim, a utilização de táxons em nível específico se torna a opção mais recomendada e a indução da reprodução sexuada dos organismos estéreis seria a melhor alternativa. Entretanto, como já discutido acima, a indução da reprodução sexuada é considerada inviável em estudos ecológicos por dois motivos principais: 1) apesar de vários estudos buscarem induzir a reprodução sexuada em laboratório, não se conhece uma maneira eficaz de consegui-la, além de provavelmente existirem diferenças na indução entre táxons distintos e; 2) a taxonomia destes grupos tem se baseado na combinação de alguns caracteres que são reconhecidamente variáveis e sofrem efeitos especialmente da poliploidia não representando, portanto, linhagens naturais. Além disso, ainda no contexto dos trabalhos ecológicos, mesmo se considerados somente os organismos férteis coletados no campo há o problema de que a reprodução sexuada é induzida por condições desfavoráveis (Hainz *et al.* 2009) e, portanto, a presença de uma espécie pode estar mais relacionada a um estresse ambiental do que propriamente a uma condição ecológica.

Portanto, até que se tenha uma revisão da taxonomia destes grupos que elucide as reais afinidades entre as espécies e as mesmas sejam suportadas por caracteres que possam ser de fato utilizados, alternativas tem que ser levadas em consideração neste tipo de abordagem.

A primeira alternativa seria o uso do DNA barcode como uma importante ferramenta potencial na identificação de espécies. Porém, essa alternativa se torna inviável pelos motivos taxonômicos acima discutidos e pelo alto custo que ela geraria em trabalhos ecológicos e de biomonitoramento onde um grande número de amostras tem que ser identificadas. Além disso, as técnicas moleculares requerem material puro e livre de contaminantes o que dificulta ainda mais a utilização desta ferramenta neste tipo de estudo.

Uma segunda alternativa seria a utilização de morfotipos como unidades taxonômicas. Hainz *et al.* (2009) em um estudo conduzido com o gênero *Spirogyra* predominantemente em ambientes lênticos da Europa, descreveram um método de separação de linhagens em morfotipos baseado unicamente em características vegetativas. De acordo com a hipótese desses autores, o gênero pode conter morfotipos indicadores cuja aparência pode estar relacionada a certas condições ambientais. Esta hipótese está baseada em alguns trabalhos prévios que encontraram filamentos com diâmetros maiores estando relacionados a valores superiores de temperatura da água (Wang *et al.* 1986), elevados valores de temperatura da água e irradiância (Berry & Lembi 2000), ou ainda adaptados a climas mais severos (McCourt *et al.* 1986).

Além disso, morfotipos podem representar melhor os variantes ploidais que apresentam diferentes estratégias ecológicas relacionadas às suas dimensões e aos conjuntos cromossômicos.

No trabalho de Hainz *et al.* (2009) com *Spirogyra*, alguns critérios foram utilizados para a separação dos morfotipos como o tipo de parede celular (que no caso foi plana ou replicada), o número médio de cloroplastos e o diâmetro celular. A partir desses critérios os 333 tipos de filamentos coletados resultaram em 13 morfotipos, sendo 10 criados a partir de filamentos com parede celular plana e três a partir de paredes replicadas. Como a hipótese prévia, os morfotipos criados por Hainz *et al.* (2009) correlacionaram com as variações no ambiente, particularmente aquelas relacionadas ao gradiente trófico registrado entre os pontos de amostragem. Desta forma, parece que a utilização de morfotipos neste tipo de estudo parece ser muito útil e representar de forma relativamente adequada unidades de medida. Tais unidades representariam genericamente variantes poliplóides as quais respondem fisiologicamente diferente ao ambiente. Por outro lado é evidente que essa separação tem um nível de arbitrariedade e sofre um efeito do observador, além de não considerar as diferenças ecológicas e estratégias que as espécies reais possuem.

4.7. A hipótese da poliploidia como possível fator gerador de variabilidade em Oedogoniaceae e Zygnemataceae

4.7.1. A poliploidia e sua ocorrência em Oedogoniaceae e Zygnemataceae

Poliploidia é a condição herdável de possuir mais que dois conjuntos completos de cromossomos (Comai 2005). Poliplóides são muito comuns entre plantas e ocorrem também com frequência em peixes e anfíbios (Comai 2005). A poliploidia pode ter origem através de dois mecanismos básicos, através da duplicação do seu material genético (autopoliploidia) ou pela combinação de dois ou mais genomas (alopoliploidia) (Udall & Wendel 2006).

Stebbins (1971) comentou que a poliploidia é provavelmente a alteração citogenética mais importante na especiação e evolução vegetal, promovendo uma especiação rápida. Estudos recentes têm demonstrado que a poliploidia está presente na maioria das plantas (Leitch & Bennet 1997) e que a hibridação seguida de poliploidia foi importantíssima na evolução. Neste mesmo raciocínio, Soltis *et al.* (2009) enfatizaram que a poliploidia representou um dramático papel na diversificação da maioria, se não todas, as linhagens eucarióticas e que as relações entre poliplóides e destes com seus ancestrais diplóides tornam o conceito de espécies problemático nas plantas. O mesmo autor ainda comentou que houve uma ressurgência do interesse sobre a poliploidia nos últimos 10 anos e muitas informações importantes têm sido levantadas sobre os seus mecanismos e frequência de ocorrência, sobre seus aspectos genéticos, além das suas implicações ecológicas.

Comai (2005) em uma revisão sobre o tema destacou algumas vantagens da poliploidia como a heterose, que é a característica do aumento do desempenho do poliplóide comparado com seus ancestrais, e a redundância genética, que aumenta o efeito protetor contra mutações recessivas deletérias e genotoxicidade, além de aumentar o número de cópias de genes importantes. Por outro lado, o autor comentou que a poliploidia pode oferecer algumas desvantagens principalmente relacionadas a alterações na arquitetura celular e suas implicações (poliplóides tem volume celular maior), dificuldades na mitose, alterações na regulação da expressão gênica e instabilidade epigenética.

Ecologicamente a mudança de ploidia confere aparentemente a característica de melhor colonizador ocupando habitats pioneiros em função de uma maior capacidade de adaptação, o qual está ligado ao fato dos poliplóides possuírem mais cópias genômicas as quais, em última análise, conferem mais variabilidade potencial (de Wet 1980). Soltis *et al.* (2009) comentaram que poliplóides são típicos de ambientes extremos como crateras de vulcões e ambientes insulares. Os autores ainda comentaram que nas Ilhas Havaianas ocorre a mais alta incidência de poliplóides em angiospermas já conhecida. Esses dados demonstram

claramente o papel dos poliplóides na invasão e colonização de ambientes. Outras evidências bem claras sobre o papel da poliploidia em vegetais superiores podem ser encontradas em Morawetz (1986) que estudou os padrões cariológicos associados a eventos de vicariância de plantas neotropicais, além de Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger (2006), que ressaltaram o papel fundamental da poliploidia em adaptações ecomorfológicas especialmente ligadas à invasão de plantas de ambientes florestais a ambientes campestres do Cerrado brasileiro.

Apesar de uma série de estudos terem sido conduzidos em relação à ocorrência da poliploidia em vegetais (vários exemplos em Comai 2005), poucos estudos tem sido conduzidos para verificar mudanças ploídais em algas (Hoshaw *et al.* 1985), ainda assim, a poliploidia é conhecida na maior parte das divisões algais, especialmente nas algas verdes (Nichols 1980).

Poliplóides em algas podem ser produzidos no laboratório por tratamentos químicos ou radiação e são conhecidos surgindo espontaneamente em culturas através de processos sexuais ou assexuais (Hoshaw *et al.* 1985). Allen (1958) foi pioneira em registrar a poliploidia em Zygnemataceae e registrar os problemas com a taxonomia tradicional. Neste trabalho, uma cultura clonal de *Spirogyra pratensis* produziu dois tipos de filamentos morfológicamente distintos através de divisão celular vegetativa, ou seja, através de autopoliploidia, os quais diferiram em diâmetro celular, número de cloroplastos, número de cromossomos e tamanho do zigósporo.

Hoshaw *et al.* (1985) descreveram a ocorrência de poliploidia em uma cultura de *S. communis*. Os autores comentaram que a cultura clonal produziu filamentos de quatro diâmetros distintos por meio de ciclos sexuais e vegetativos. Esses quatro grupos apresentaram diferenças discretas de diâmetro (não apresentando gradiente) e essas diferenças foram acompanhadas por mudanças euplóídicas dos cromossomos.

Apesar dessas consistentes evidências da ocorrência da poliploidia em *Spirogyra* e dos seus problemas taxonômicos relacionados, os estudos estavam restritos a culturas de laboratório. Neste contexto, Wang *et al.* (1986) retornaram alguns anos depois aos locais de coleta de Hoshaw *et al.* (1985) e encontraram dois morfotipos os quais apresentavam as características morfológicas e cromossômicas descritas para o material obtido em cultura. Estes achados comprovaram que essas mudanças na ploídica poderiam ocorrer naturalmente no campo. Além disso, os autores comentaram o fato da autopoliploidia ser reversível ocorrendo, portanto, não somente a produção de poliplóides a partir de diplóides, mas também o inverso.

Na sequência, McCourt *et al.* (1986) reportaram evidências que complexos de espécies em *Spirogyra* podem ser amplamente encontrados na natureza, os quais podem ser efeito

principalmente da poliploidia. Esses autores coletaram centenas de linhagens em diversas áreas dos Estados Unidos e encontraram que em todos os pontos mais de um tipo de filamento (até oito em um determinado local) de *Spirogyra* ocorreram juntos e, em geral, formando uma massa de emaranhados. Como esses tipos de filamentos frequentemente diferiram somente em caracteres quantitativos como diâmetro do filamento e número de cloroplastos, os autores puderam supor que essa diversidade morfológica seria resultado de variação ploidal. Desta forma, segundo os autores, filamentos distintos que ocorrem em um mesmo local tendem a ser geneticamente mais próximos do que aqueles de outras regiões geograficamente distintas.

Adicionalmente, é notável que a ploidia esteja diretamente relacionada com o diâmetro do filamento. De modo geral, em *Spirogyra* os trabalhos têm demonstrado que filamentos com diâmetros distintos respondem de modo diferente às características ambientais, devido a atributos fisiológicos que são provenientes das alterações morfológicas (Transeau 1916, Berry & Lembi 2000, McCourt *et al.* 1986).

Para Oedogoniaceae, especificamente, os registros da ocorrência de poliploidia são escassos, porém evidenciam com clareza que é um fenômeno também recorrente nesta família. Srivastava & Sharma (1979) em um estudo cariológico com espécies de *Oedogonium* descreveram que os rearranjos cromossômicos representam um importante fator na especiação deste gênero. Os mesmos autores ainda enfatizaram que em Oedogoniaceae a aneuploidia ocorre mais frequentemente do que a euploidia, ou seja, em geral os números cromossômicos não sofrem mudanças discretas e são encontrados em gradientes. Adicionalmente, Tiffany (1954) estudando a distribuição geográfica da família Oedogoniaceae na América do Norte relatou que o número básico de cromossomos em *Oedogonium* é oito ou nove, e que algumas espécies por ele encontradas tiveram 17 a 19, sugerindo eventos de poliploidia. Estes achados evidenciaram claramente, como encontrado em Zygnemataceae e em vegetais superiores, a relação da poliploidia com condições ambientais.

Considerando o exposto acima, a poliploidia pode ser proposta como uma estratégia ecológica destas algas, de modo que, se ela ocorre extensamente, é possível que desempenhe um papel importante garantindo a adaptabilidade destes grupos em uma infinidade de ambientes no mundo todo.

4.7.2. A poliploidia como uma estratégia ecológica

O objetivo principal da reprodução sexuada é aumentar a variabilidade genética dentro de uma população, o que em última análise garantiria a aptidão de determinadas linhagens no caso de mudanças ambientais. É possível que em ambientes lóticos onde a variação das

condições físicas, químicas e estruturais do habitat é tão drástica ao longo do tempo e do espaço (Allan & Castillo 2007), a variabilidade gerada pela reprodução sexuada não seja suficientemente rápida para acompanhar essas mudanças, ou seja, a alteração ambiental é mais rápida do que a mudança genotípica gerada pela reprodução sexuada. Neste sentido, podemos hipotetizar que a autoploidia pode estar atuando de modo a gerar de maneira mais rápida e eficiente, a poliplóides nestas duas famílias adaptados a diferentes condições ambientais, de forma mais eficiente neste tipo de ambiente.

Essa hipótese pode ser sustentada por algumas evidências. Em representantes de outras famílias como Cladophoraceae, Microsporaceae e Chaetophoraceae, os quais também são extensamente coletados em ambientes lóticos (vide Sheath & Cole 1992, Necchi *et al.* 2000, presente estudo), a reprodução sexuada raramente é observada sendo desconhecida na maioria dos casos. Como esperado, existem registros de poliploidia tanto em representantes de Cladophoraceae (Sinha 1968) quanto em Chaetophoraceae (Michetti *et al.* 2010). De modo contrário, porém, gametófitos de Rhodophyta são facilmente coletados portando estruturas de reprodução sexuada (Necchi 1990). Entretanto, as algas vermelhas, especialmente as Batrachospermales, típicas de riachos, possuem um ciclo de três fases, sendo o segundo esporófito morfologicamente distinto do gametófito e capaz de explorar habitats diferenciados. Além disso, como comentado acima em relação a poliploidia em vegetais superiores, existem evidências seguras de que variantes ploidais são adaptadas a condições onde os correspondentes diplóides não sobrevivem e que ambientes extremos, insulares e de colonização primária são ricos em poliplóides, de Angiospermas pelo menos.

Portanto, a alteração de fases morfológicas ao longo do tempo e espaço e a ausência de reprodução sexuada parece ser uma importante característica de algas de ambientes lóticos, características essas que possivelmente são necessárias para compensar essa grande variação observada neste tipo de ambiente. Neste sentido, a hipótese acima pode ser válida e estudos mostrando as variações espaço-temporais destes poliplóides em ambientes lóticos, associada a dados moleculares que comprovem sua origem, podem ajudar a esclarecer as estratégias ecológicas deste grupo neste tipo de ambiente.

4.8. Utilização de morfotipos de Oedogoniaceae e Zygnemataceae de riachos no Sul do Brasil

Baseado nestes trabalhos acima comentados, algumas análises foram conduzidas com o material encontrado nos riachos da região Sul do Brasil com o objetivo de realizar uma separação dos grupos vegetativos em morfotipos e, posteriormente tentar relacionar a sua

presença com variáveis ambientais dos locais onde foram amostradas. Neste caso, apesar do estudo de Hainz *et al.* (2009) ter sido baseado no gênero *Spirogyra*, a mesma proposta foi testada também com os outros gêneros de Zygnemataceae e com os gêneros de Oedogoniaceae.

Nas linhagens de *Spirogyra* coletadas no presente estudo foram adotados os mesmos caracteres utilizados por Hainz *et al.* (2009). Porém, em todas as amostras os septos da parede celular foram planos e essa característica não foi utilizada. Desta forma, a partir do número de cloroplastos e o diâmetro celular, três morfotipos foram separados (Tabela 2).

O gênero *Bulbochaete* teve valores de diâmetro semelhantes entre as populações amostradas e foi considerado como somente um morfotipo. O grupo das Zygnemataceae com dois cloroplastos centrais, cada um portando um pirenóide, foi separado inicialmente em dois gêneros, sendo o primeiro caracterizado por cloroplastos estrelados - *Zygnema*, e o segundo por cloroplastos arredondados - *Zygogonium*.

Zygnema foi representada por somente um morfotipo, para o gênero *Mougeotia* foram designados três morfotipos (Tabela 3), enquanto para *Oedogonium* e *Zygogonium* foram designados dois (Tabela 4). No caso destes gêneros, não se tem na literatura nenhum traço morfológico que possa ser usado com eficiência na separação de material a partir de caracteres vegetativos. Assim, o diâmetro celular foi o único critério de separação pelos mesmos motivos da sua utilização em *Spirogyra*. Procurou-se enquadrar as linhagens em grupos discretos de diâmetro, porém, nem sempre esse objetivo foi conseguido e certo grau de subjetividade foi inevitável, como discutido por Hainz *et al.* (2009).

A partir destes critérios, 12 morfotipos foram designados para os seis gêneros pertencentes às famílias Zygnemataceae e Oedogoniaceae ocorrentes nos riachos amostrados na região Sul do Brasil. Com esses morfotipos procurou-se testar suas relações com variáveis ambientais dos riachos onde foram coletados. Para tanto, foram utilizados os seguintes parâmetros abióticos: temperatura, turbidez, condutividade específica, oxigênio dissolvido, pH, velocidade da correnteza, profundidade, ortofosfato e nitrogênio total. Todos esses parâmetros foram mensurados de acordo com o apresentado nos demais capítulos.

Para verificar a relação dos morfotipos com as variáveis ambientais foi conduzida uma Análise de Correspondência Canônica (CCA) (ter Braak 1986). Para tanto foram utilizados os dados de presença/ ausência de cada morfotipo e as variáveis ambientais de cada ponto de amostragem. Antes de perfazer a análise, os dados das variáveis ambientais foram logaritimizadas e padronizadas e uma análise de correlação r de Pearson foi conduzida para verificar as variáveis que eram redundantes. Assim, somente quatro grupos de variáveis

ambientais foram utilizados: 1) velocidade da correnteza + temperatura; 2) pH + condutividade específica + oxigênio dissolvido + nitrogênio total; 3) ortofosfato + turbidez e; 4) profundidade.

Apesar dos valores baixos de explicabilidade, a partir dos resultados da CCA, pode ser observado que os filamentos com diâmetros maiores ficaram separados no primeiro eixo daqueles com menores diâmetros (Figura 1). Interessante notar que neste caso filamentos de diferentes gêneros foram utilizados na análise o que mostra que os achados anteriores para o gênero *Spirogyra* provavelmente podem ser aplicados para estes gêneros.

A partir da CCA foi possível notar que os filamentos com diâmetros maiores foram característicos de pontos de amostragem com maiores valores de velocidade da correnteza, temperatura, pH, condutividade específica, oxigênio dissolvido e nitrogênio total, enquanto filamentos com diâmetros menores foram característicos de pontos de amostragem com maiores valores de turbidez, ortofosfato e profundidade.

Desta forma, apesar da explicabilidade da CCA ter sido baixa, significando que as relações encontradas são fracas, esses resultados revelaram que existiram relações entre diferentes diâmetros de filamentos e as variáveis ambientais em riachos da região Sul do Brasil como previamente proposto. Desse modo, as análises apresentadas no presente estudo podem ser utilizadas em estudos ecológicos ou de biomonitoramento de ambientes lóticos quando representantes das famílias Zygnemataceae e Oedogoniaceae forem encontrados. Por outro lado, trabalhos focando essa relação e estabelecendo critérios mais rigorosos são fortemente recomendados.

4.9. Referências bibliográficas

- Allan, J.D. & Castillo, M.M. 2007. Stream Ecology: structure and function of running waters. Second Edition. Springer, Netherlands.
- Allen, M.A., 1958. The biology of a species complex in *Spirogyra*. Indiana University, Bloomington. Ph.D. thesis.
- Berry, H.A. & Lembi, C.A. 2000. Effects of temperature and irradiance on the seasonal variation of a *Spirogyra* (Chlorophyta) population in a midwestern lake (U.S.A.). *Journal of Phycology* 36: 841-851.
- 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 sequences. *Journal of Phycology* 34: 312-318.
- Branco, C.C.Z., Krupek, R.A. & Peres, C.K. 2009. Ecological distribution of stream macroalgal communities from mid-western region of Paraná State, Southern Brazil: evidence of the importance of local scale variation. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 52(2): 379-386.
- Branco, C.C.Z. & Necchi, O.Jr. 1996. Distribution of stream macroalgae in the eastern Atlantic Rainforest of São Paulo State, southeastern Brazil. *Algological Studies* 333: 139-150.
- Branco, L.H.Z. & Necchi, O.Jr. 1998. Distribution of macroalgae in three tropical drainage basins of Southeastern Brazil. *Archiv für Hydrobiologie* 142: 241-256.
- Buchheim, M.A., Michalopoulos, E.A. & Buchheim, J.A. 2001. Phylogeny of the Chlorophyceae with special reference to the Sphaeropleales: a study of 18S and 26S rDNA data. *Journal of Phycology* 37: 819–835.
- Buchheim, M.A., Keller, A., Koetschan, C., Foerster, F., Merget B, *et al.* (2011) Internal Transcribed Spacer 2 (nu ITS2 rRNA) Sequence-Structure Phylogenetics: Towards an Automated Reconstruction of the Green Algal Tree of Life. *PLoS ONE* 6(2): e16931.
- CBOL Plant Working Group. 2009. A DNA barcode for land plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106: 12794–12797.
- Chen, S., Yao, H., Han, J., Liu, C., Song, J. *et al.* 2010. Validation of the ITS2 region as a novel DNA Barcode for identifying medicinal plant species. *PLoS ONE* 5: e8613.
- Comai, L. 2005. The advantages and disadvantages of being polyploid. *Nature Reviews Genetics* 6: 836–846.

- Czurda, V., 1933. Experimentelle Analyse der kopulationsauslösenden Bedingungen bei Mikroorganismen - 1. Untersuchungen an Algen (*Spirogyra*, *Zygnema* und *Hyalotheca*). Sonderabdruck aus "Beihefte zum Bot. Centralbl." 51 Abt. I., 711 - 761.
- De Wet, J.M.J. 1980. Origins of polyploids. In: Lewis, W.H. (Ed.). Polyploidy: biological relevance. New York: Plenum.
- Dias, I.C.A. 1997. Chlorophyta filamentosas da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro: taxonomia e aspectos ecológicos. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, USP. São Paulo, SP.
- Gontcharov, A.A., Marin, B. & Melkonian, M. 2003. Molecular phylogeny of conjugating green algae (Zygnemophyceae, Streptophyta) inferred from SSU rDNA sequence comparisons. *Journal of Molecular Evolution* 56: 89-104.
- Gottsberger, G. & Silberbauer-Gottsberger, I. 2006. Life in the Cerrado: a South American tropical seasonal vegetation. Vol. I: origin, structure, dynamics and plant use. Reta Verlag, Ulm.
- Grote, M. 1977. Über die Auslösung der generativen Forpflanzung unter kontrollierten Bedingungen bei der Grünalge *Spirogyra majuscula*. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie* 83: 95-07.
- Hainz, R., Wöber, C. & Schagerl, M. 2009. The relationship between *Spirogyra* (Zygnematophyceae, Streptophyta) filament type groups and environmental conditions in Central Europe. *Aquatic Botany* 91: 173-180.
- Hall, J.D., Karol, K.G., McCourt, R.M. & Delwiche, C.F. 2008. Phylogeny of the conjugating green algae based on chloroplast and mitochondrial nucleotide sequence data. *Journal of Phycology* 44: 467-477.
- Hebert, P.D.N., Ratnasingham, S. & de Waard, J.R. 2003. Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *Proceedings. Biological sciences/The Royal Society* 270: S96–S99.
- Hoshaw, R.W. & McCourt, R.M., 1988. The Zygnemataceae (Chlorophyta): a twenty-year update of research. *Phycologia* 27: 511-548.
- Hoshaw, R.W., Wang, J.C., McCourt, R.M. & Hull, H.M. 1985. Ploidal changes in clonal cultures of *Spirogyra communis* and implications for species definition. *American Journal of Botany* 72: 1005-1011.
- Hu, B.F. & Xie, S.L. 2006. Effect of seasonality on distribution of macroalgae in a stream system (Xin`an Spring) in Shanxi Province, North China. *Journal of Integrative Plant Biology* 48(8): 889-896.

- Johnson, 2005. The Oedogoniales. In: John, D.M (ed.). The British Freshwater Algal Flora. Cambridge University Press.
- Kadlubowska, J.Z. 1972. Flora Slodkowodna Polski, Tom 12A, Zygnemaceae. Krakow: Polska Akademia Nauk Instytut Botaniki.
- Kadlubowska, J.Z. 1984, Conjugatophyceae I - Zygnemales. In: Ettl, H., Gerloff, H., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (Eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, Chlorophyta VIII. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- Kress, W.J., Wurdack, K.J., Zimmer, E.A., Weigt, L.A. & Janzen, D.H. 2005. Use of DNA barcodes to identify flowering plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 102: 8369–8374.
- Krupek, R.A., Branco, C.C.Z. & Peres, C.K. 2007. Distribuição ecológica das comunidades de macroalgas da bacia de drenagem do Rio das Pedras, região centro-sul do estado do Paraná, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 30(2): 173-182.
- Leitch, I.J., Bennet, M.D. 1997. Polyploidy in angiosperms. *Trends in Plant Science* 2: 470-476.
- McCourt, R.M. & Hoshaw, R.W. 1990. Noncorrespondence of breeding groups, morphology, and monophyletic groups in *Spirogyra* (Zygnemataceae: Chlorophyta) and the application of species concepts. *Systematic Botany* 15: 69-78.
- McCourt, R.M., Hoshaw, R.W. & Wang, J.C. 1986. Distribution, morphological diversity and evidence for polyploidy in North American Zygnemataceae (Chlorophyta). *Journal of Phycology* 22: 307-315.
- McCourt, R.M., Karol, K.G., Bell, J. & Helm-Bychowski, K.M., Grajewska, A., Wojciechowski, M.F., Hoshaw, R.W. 2000. Phylogeny of the conjugating green algae (Zygnemophyceae) based on *rbcL* sequences. *Journal of Phycology* 36: 747-758.
- Michetti, K.M., Leonardi, P.I. & Cáceres, E.J. 2010. Morphology, cytology and taxonomic remarks of four species of *Stigeoclonium* (Chaetophorales, Chlorophyceae) from Argentina. *Phycological Research* 58(1): 35–43.
- Morawetz, W. 1986. Remarks on karyological differentiation patterns in tropical woody plants. *Plant Systematic and Evolution* 152: 49-100.
- Mrozinska, T. 1991. A preliminary investigation of the taxonomical classification of the genus *Oedogonium* Link (Oedogoniales) based on the phylogenetic relationship. *Archiv für Protistenkunde* 139:85-101.
- Necchi, O.Jr. 1990. Revision of the genus *Batrachospermum* Roth (Rhodophyta, Batrachospermales) in Brazil. *Bibliotheca Phycologica* 84: 1-201.

- Necchi, O.Jr. & Branco, C.C.Z. 1999. Phenology of a dioecious population of *Batrachospermum delicatulum* (Batrachospermales, Rhodophyta) in a stream from southeastern Brazil. *Phycological Research* 47: 251-256.
- Necchi, O.Jr., 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, O.Jr., Branco, L.H.Z. & Branco, C.C.Z. 2003. Ecological distribution of stream macroalgal communities from a drainage basin in the Serra da Canastra National Park, Minas Gerais, Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 63: 1-12.
- Necchi, O.Jr., Branco, L.H.Z. & Spezamiaglio, D.N. 2008. Distribuição ecológica de comunidades de macroalgas de ambientes lóticos do Parque Nacional de Itatiaia (RJ, MG) Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 31(1):135-145.
- Nichols, H.W. 1980. Polyploidy in algae. In W.H. Lewis [ed.], *Polyploidy: biological relevance*, pp. 151-161. Plenum Press, New York.
- Piganeau, G., Eyre-Walker, A., Grimsley, N. & Moreau, H. 2011 How and why DNA Barcodes underestimate the diversity of microbial eukaryotes. *PLoS ONE* 6(2): e16342.
- Randhawa, M.S. 1959. Zygnemataceae. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi.
- Sheath, R.G. & Cole, K.M. 1992. Biogeography of stream macroalgae in North America. *Journal of Phycology* 28: 448-460.
- Sheath, R.G. & Cole, K.M. 1996. Stream macroalgae of the Fiji Islands: a preliminary study. *Pacific Science* 50(1): 46-54.
- Sheath, R.G., Hamilton, P.B., Hambrook, J.A. & Cole, K.M. 1989. Stream macroalgae of Eastern boreal forest region of North America. *Canadian Journal of Botany* 67: 3553-3562.
- Sheath, R.G., Morison, M.O., Korch, J.E., Kaczmarczyk, D. & Cole, K.M. 1986. Distribution of stream macroalgae in South-central Alaska. *Hydrobiologia* 135: 259-269.
- Sheath, R.G. & Müller, K.M. 1997. Distribution of stream macroalgae in four high arctic drainage basins. *Arctic* 50: 355-364.
- Sherwood, A.R., Rintoul, T.L., Müller, K.M. & Sheath, R.G. 2000. Seasonality of epilithic diatoms, macroalgae and macrophytes in a spring-fed stream system in Ontario, Canada. *Hydrobiologia* 435: 143-152.
- Sherwood, A.R. & Sheath, R.G. 1999. Seasonality of macroalgae and epilithic diatoms in spring-fed streams in Texas, U.S.A. *Hydrobiologia* 390: 73-82.

- Simons, J., Van Beem, P. & De Vries, P.J.R. 1984. Induction of conjugation and spore formation in species of *Spirogyra* (Chlorophyceae, Zygnematales). *Acta Botanica Neerlandica* 33: 323-334.
- Sinha, J.P. 1968. Cytotaxonomical studies on *Cladophora glomerata*, four freshwater forms. *International Journal of Cytology* 32: 507-518.
- Soltis, D.E., Albert, V.A., Leebens-Mack, J., Bell, C.D., Paterson, A.H. Zheng, C., Sankoff, D., de Pamphilis, C.W., Wall, P.K., & Soltis P.S. 2009. Polyploidy and angiosperm diversification. *American Journal of Botany* 96: 336-348.
- Srivastava, S. & Sharma, Y.S.R.K. 1979. Karyological studies on the genus *Oedogonium* Link (Oedogoniales, Chlorophyceae). *Phycologia* 18(3): 228-236.
- Stebbins, G.L. 1971. Chromosomal evolution in higher plants. Reading: Addison-Wesley, 1971.
- Ter Braak, C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.
- Tiffany, L.H. 1930. The Oedogoniaceae, a monograph. Columbus, Ohio.
- Tiffany, L.H. 1954. Distribution of the Oedogoniales in North America. *Huitieme Congres International de Botanique* 17: 168-169.
- Transeau, E.N. 1916. The periodicity of freshwater algae. *American Journal of Botany* 3: 121-133.
- Transeau, E.N. 1919. Hybrids among species of *Spirogyra*. *American Naturalist* 53: 109-119.
- Transeau, E.N. 1951. The Zygnemataceae (fresh-water conjugate algae). The Ohio State University Press.
- 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: 739–50.
- Turmel, M., Gagnon, M.C., O’Kelly, C.J., Otis, C. & Lemieux, C. 2009. The chloroplast genomes of the green algae *Pyramimonas*, *Monomastix*, and *Pycnococcus* shed new light on the evolutionary history of prasinophytes and the origin of the secondary chloroplasts of euglenids. *Molecular Biology and Evolution* 26: 631–48.
- Udall, J.A. & Wendel, J.F. 2006. Polyploidy and crop improvement. *The Plant Genome* (a supplement to Crop Science) 46: 3-14.
- Vis, M.L., Sheath, R.G., Hambrook, J.A. & Cole, K.M. 1994. Stream macroalgae of the Hawaiian islands: a preliminary study. *Pacific Science* 48: 175-187

- Wang, J.C., Hoshaw, R.W., McCourt, R.M. 1986. A polyploid species complex of *Spirogyra communis* (Chlorophyta) occurring in nature. *Journal of Phycology* 22, 102-107.
- Yung, Y.K. 1986. The use of clustering analysis on a selected number of *Oedogonium* taxa, Chlorophyta. *Nova Hedwigia* 42(2-4): 541-551.
- Zwirn, M. 2010. Sexuelle Fortpflanzung und taxonomische Fragestellungen bei der Süßwasseralge *Spirogyra* (Zygnemataceae, Streptopyhta). Akademischer Grad Magistra der Naturwissenschaften. Universität Wien. 68 p.

ANEXOS DO CAPÍTULO 4 – Tabelas e Figuras

Tabela 1. Levantamento de trabalhos científicos de várias regiões do mundo abordando macroalgas de ambientes lóticos evidenciando em cada um o número de populações de representantes das Oedogoniaceae e Zygnemataceae e o número correspondente de populações férteis.

| Trabalho | Região | N° de pontos | Pop. Zyg. | Zyg. fért. | Pop. Oed. | Oed. fért. |
|--------------------------|----------------------------------|---------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Sheath et al. (1986) | Alasca (América do Norte) | 40 | 5 | 0 | 0 | - |
| Sheath et al. (1989) | Leste Boreal (América do Norte) | 51 | 30 | 1 | 7 | 0 |
| Vis et al. (1994) | Havaí | 34 | 19 | 0 | 2 | 0 |
| Sheath & Cole (1996) | Ilhas Fiji (Havaí) | 27 | 20 | 1 | 0 | - |
| Branco & Necchi (1996) | Mata Atlântica (São Paulo) | 51 | 4 | 0 | 1 | 0 |
| Sheath & Müller (1997) | Alto Ártico (América do Norte) | 83 | 19 | 0 | 0 | - |
| Branco & Necchi (1998) | Noroeste de São Paulo | 9 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| Sherwood & Sheath (1999) | Texas (América do Norte) | 6 | 2 | 0 | 2 | 0 |
| Sherwood et al. (2000) | Ontário (América do Norte) | 4 | 2 | 0 | 0 | - |
| Necchi et al. (2003) | Serra da Canastra (Minas Gerais) | 12 | 12 | 1 | 3 | 0 |
| Hu & Xie (2006) | China | 4 | 9 | 0 | 5 | 0 |
| Krupek et al. (2007) | Centro Sul do Paraná | 19 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| Necchi et al. (2008) | Itatiaia (RJ, MG) | 14 | 10 | 0 | 1 | 0 |
| Branco et al. (2009) | Centro-oeste do Paraná | 22 | 6 | 0 | 5 | 0 |
| Presente estudo | Sul do Brasil | 105 | 43 | 1 | 16 | 0 |
| Total | | 481 | 185 | 4 | 39 | 0 |

Pop. Zyg. = Populações de Zygnemataceae encontradas

Zyg. fért. = Populações de Zygnemataceae férteis

Pop. Oed. = Populações de Oedogoniaceae encontradas

Oed. fért. = Populações de Oedogoniaceae férteis

Tabela 2. Morfotipos criados a partir de populações do gênero *Spirogyra* amostradas em ambientes lóticos no Sul do Brasil tendo como critérios o número de cloroplastos e o diâmetro do filamento.

| Morfotipo | Ponto | Menor diâm. (μm) | Maior diâm. (μm) | N° de cloroplastos |
|----------------------|-------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| <i>Spirogyra</i> spA | 84 | 21,1 | 28,5 | 1 |
| | 89 | 24,6 | 27,8 | 1-2 |
| | 101 | 20,1 | 22,1 | 1 |
| | 16 | 39,2 | 44,5 | 1 |
| | 99 | 30,5 | 38,7 | 1 |
| S. spB | 42 | 32,5 | 37,5 | 2-3 |
| | 57 | 39,4 | 41,9 | 3 |
| S. spC | 01 | 53,6 | 75,1 | 3-4 |
| | 07 | 58,7 | 62,2 | 3-4 |
| | 24 | 55,1 | 64,7 | 3-4 |
| | 103 | 59,6 | 74,2 | 4 |
| | 101 | 49,5 | 68,8 | 4-5 |
| | 98 | 51,7 | 68,9 | 3-4 |

Tabela 3. Morfotipos criados a partir de populações do gênero *Mougeotia* amostradas em ambientes lóticos no Sul do Brasil tendo como critérios o diâmetro do filamento.

| Morfotipo | Ponto | Menor | Maior |
|----------------------|-------|-------------------------|-------------------------|
| | | diâm. (μm) | diâm. (μm) |
| <i>Mougeotia</i> spA | 84 | 9,2 | 12,4 |
| | 91 | 9,6 | 12,7 |
| | 12 | 6,3 | 16,4 |
| | 13 | 13,4 | 14,7 |
| | 103 | 9,4 | 12,1 |
| | 97 | 8,1 | 10,4 |
| | 98 | 12,6 | 15,2 |
| | 99 | 8 | 9,7 |
| <i>M. spB</i> | 84 | 23,8 | 27,6 |
| | 74 | 14 | 22,6 |
| | 07 | 17,6 | 26,7 |
| | 14 | 26,2 | 38,6 |
| | 103 | 18,5 | 22 |
| | 102 | 26,3 | 32,1 |
| | 105 | 24,4 | 28,7 |
| <i>M. spC</i> | 101 | 16,7 | 26,5 |
| | 97 | 20,2 | 23,4 |
| | 18 | 36,9 | 49,5 |

Tabela 4. Morfotipos criados a partir de populações dos gêneros *Oedogonium* e *Zygonium* amostradas em ambientes lóticos do Sul do Brasil tendo como critérios o diâmetro do filamento.

| Morfotipo | Ponto | Menor diâm. (µm) | Maior diâm. (µm) |
|-----------------------|-------|---------------------|---------------------|
| <i>Oedogonium</i> spA | 78 | 14,6 | 17 |
| | 68 | 19,1 | 28 |
| | 89 | 25,9 | 37 |
| | 88 | 16,5 | 33,3 |
| | 48 | 13,5 | 25,5 |
| | 08 | 9,5 | 15 |
| | 10 | 10 | 22,5 |
| | 07 | 12,7 | 15,6 |
| | 19 | 15,9 | 18,9 |
| | 20 | 12,6 | 20,1 |
| <i>O.</i> spB | 25 | 45,2 | 59,1 |
| | 90 | 33,8 | 45,1 |
| | 93 | 30,3 | 54,2 |
| <i>Zygonium</i> spA | 07 | 14,5 | 18,9 |
| | 14 | 13,1 | 15,1 |
| | 19 | 17,1 | 21 |
| | 17 | 9,4 | 17,4 |
| | 18 | 10,2 | 23,2 |
| <i>Z.</i> spB | 102 | 30,6 | 33,3 |

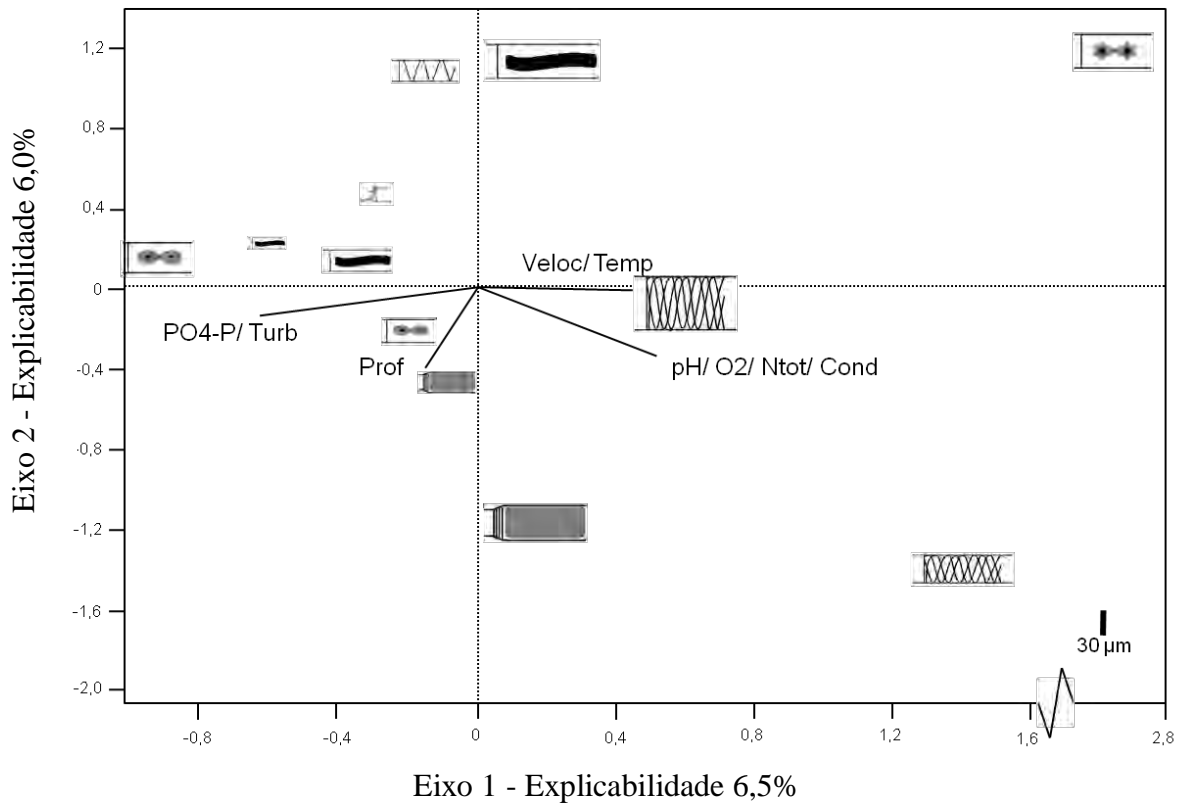


Figura 1. Análise de Correspondência Canônica (CCA) realizada a partir dos dados de presença/ ausência dos morfotipos das famílias Oedogoniaceae e Zygnemataceae e das variáveis ambientais mensuradas em ambientes lóticos na região Sul do Brasil. As figuras representam os gêneros (*Spirogyra*: células com cloroplastos helicoidais; *Mougeotia*: células com cloroplasto em fita plana; *Zygnema*: célula com dois cloroplastos estrelados; *Zygononium*: células com dois cloroplastos circulares; *Oedogonium*: células estriadas sem pêlos e; *Bulbochaete*: célula estriada com pêlo). Cada morfotipo é representado pelo seu tamanho médio de acordo com a escala no canto inferior direito.

CAPÍTULO 5

**DISTRIBUIÇÃO AMBIENTAL DAS ALGAS VERDES MACROSCÓPICAS
DE RIACHOS NOS PRINCIPAIS BIOMAS DA REGIÃO SUL DO BRASIL**

Introdução

Algas verdes são definidas como eucariotos fotossintetizantes que portam cloroplastos com dupla membrana contendo as clorofilas *a* e *b*, a luteína como principal carotenóide e amido intraplastidial geralmente associado a um pirenóide, além de uma única estrutura estrelada ligando os nove pares de flagelos na base flagelar e zoóides isocontes (Mattox & Stewart 1984, van den Hoek *et al.* 1995, Graham & Wilcox 2000, Lewis & McCourt 2004). A maioria das espécies de algas verdes é de água doce, mas podem viver também em águas salobras, ou serem terrestres (Graham & Wilcox 2000, Reviere 2006)

As algas verdes têm sido amplamente designadas Chlorophyta, porém muitos são os sistemas de classificação que consideram Chlorophyta representada como somente uma parte deste grupo, particularmente, aquelas menos associadas às Embryophyta (Mattox & Stewart 1984, Graham & Wilcox 2000, Pröschold & Leliaert 2007). Por esta razão, atualmente não há uma terminologia formal para designá-las em separado, e a utilização do nome vernáculo “algas verdes” tem sido recomendada (Lewis & McCourt 2004, Reviere 2006, Pröschold & Leliaert 2007). As algas verdes consideradas no presente estudo são aquelas de hábito bentônico em riachos e que podem ser observadas no campo a olho nu, ou seja, esteja enquadrada na definição de macroalgas proposta por Sheath & Cole (1992).

Estudos de distribuição de algas verdes em regiões geográficas amplas são escassos, podendo citar apenas o trabalho de Branco *et al.* (2002) que descreveram a distribuição da família Chaetophoraceae em 172 segmentos de riachos distribuídos em todo o estado de São Paulo, Sudeste do Brasil. Entretanto, informações desta natureza podem ser tomadas pela síntese de um vasto corpo de informações provindas de várias regiões do mundo (Sheath *et al.* 1986, 1989, Sheath & Cole 1992, Necchi *et al.* 2000, 2008, Hu & Xie 2006).

De maneira geral, os estudos com macroalgas de riachos revelaram que a imensa maioria das espécies apresenta um típico padrão de distribuição espaço-temporal em mosaico, associado à ocorrência restrita a poucos pontos de amostragem, mesmo quando investigadas regiões geográficas amplas (Sheath & Cole 1992, Necchi *et al.* 2000, 2008, Hu & Xie 2006, Krupek *et al.* 2007, Branco *et al.* 2009). Por outro lado, embora a distribuição restrita pareça ser um padrão observado de forma genérica entre as comunidades de macroalgas lótic, a observação de novos registros para a ciência é raríssima, indicando baixo grau de endemismo (Krupek *et al.* 2007, Branco *et al.* 2009).

Considerando a escassez de informações a respeito da distribuição ecológica destas algas e, levando em consideração que o grupo pode demonstrar padrões ainda não observados, o estudo realizado neste capítulo, foi desenvolvido com o objetivo de descrever o padrão de

distribuição ambiental das algas verdes macroscópicas de riachos, investigando suas relações com os principais biomas da região Sul do Brasil. Especificamente, buscou-se responder as seguintes questões: 1) Os padrões recorrentemente encontrados para a comunidade de macroalgas de riachos como um todo se aplicam às algas verdes macroscópicas? 2) Existem diferenças entre as características ambientais dos riachos com presença em relação àqueles com ausência de algas verdes macroscópicas na região Sul do Brasil? 3) Existem relações entre o tipo de bioma e os padrões de riqueza, abundância e diversidade das algas verdes macroscópicas de riachos na região Sul do Brasil? 4) Existe, para este grupo algal, um padrão de distribuição na região de estudos baseado na composição florística, o qual pode ser explicado pelo conjunto de variáveis ambientais e/ou espaciais investigados?

Material e Métodos

Os materiais e métodos relacionados aos trabalhos de campo e laboratório utilizados neste estudo estão descritos na introdução geral. Por sua vez, as análises aplicadas ao tratamento dos dados estão descritas a seguir.

Análise dos dados

Os dados físicos, químicos e biológicos foram inicialmente submetidos à estatística descritiva. As variáveis ambientais dos pontos de amostragem com presença e ausência de algas verdes macroscópicas foram comparadas através do teste *t* de Student para avaliar possíveis preferências do grupo por alguma condição ambiental.

A Análise de Regressão (Finlay & Wilkinson 1963) foi aplicada para os dados globais de riqueza e abundância de espécies para avaliar a existência de possíveis relações entre ambas. Com os resíduos desta análise foram obtidos os valores de riqueza padronizada pela abundância.

Para cada unidade de conservação (UC) foram encontrados os valores médios de abundância, as espécies exclusivas e os valores de diversidade alfa, beta e gama. A diversidade alfa foi considerada a riqueza por ponto de amostragem, enquanto a diversidade gama o total de espécies em cada UC (que tinham entre 9 e 14 pontos de amostragem cada uma). A diversidade beta foi calculada para os biomas através do coeficiente médio de 1 - similaridade de Jaccard. Para tanto, foram construídas matrizes para todos os biomas com seis pontos cada (já que este foi o número mínimo de pontos com algas verdes macroscópicas observado entre os biomas). Nos biomas que tinham mais de seis pontos com presença de algas verdes foi realizado um sorteio para se atingir este número.

Por sua vez, a Análise de Agrupamento (baseada no índice de Jaccard) (McCune & Mefford 1999), com base na presença/ausência de espécies de algas verdes foi aplicada para testar as relações de composição de espécies entre os biomas e entre os pontos de amostragem. Por outro lado, para avaliar possíveis espécies tipicamente associadas a um bioma em particular foi utilizada a Análise de Espécies Indicadoras (ISA) (Dufrene & Legendre 1997).

Para avaliar a relação da composição florística com as variáveis ambientais e espaciais, os dados de similaridade de espécies (matriz gerada pelo índice de Jaccard) foram submetidos ao Teste de Mantel (Manly 1997) comparando com as seguintes matrizes hipóteses geradas pela Distância Euclidiana: 1) variáveis físicas da água (pH, condutividade específica e oxigênio dissolvido); 2) variáveis químicas da água (nitrogênio total e ortofosfato); 3) variáveis estruturais da coluna d'água (velocidade da correnteza e profundidade); 4) variável estrutural dos leitos dos riachos (diversidade Simpson do substrato pelas classes de Gordon *et al.* 1992); 5) altitude e; 6) distância geográfica (em quilômetros).

Para averiguar o quanto da variação da composição florística das algas verdes macroscópicas nos biomas era de fato explicada pelos dados ambientais e/ou espaciais foi realizada uma Análise de Partição de Variância conforme proposto por Borcard *et al.* (1992), sendo adotada a seguinte rotina: 1) foi realizada preliminarmente uma Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) (Hill & Gauch 1980) a partir de dados de presença/ausência das espécies nos biomas. Como os valores dos eixos da DCA foram menores que 2, indicando que os dados eram lineares, o método escolhido para a ordenação dos dados foi a Análise de Redundância (RDA); 2) A RDA foi realizada com mais duas matrizes, além daquela utilizada na DCA. A primeira matriz foi criada a partir das variáveis ambientais (exceto sombreamento, uma variável categórica) com os dados logaritimizados e padronizados. A segunda matriz foi criada para representar a variação espacial, sendo adotado o método descrito por Legendre (1990), onde as duas coordenadas geográficas (latitude - x e longitude - y) são transformadas em nove termos de ordem superior das coordenadas (x ; y ; x^2 ; y^2 ; x^3 ; y^3 ; $x.y$; $x^2.y$; $y^2.x$) e; 3) A partir dos autovalores obtidos em sucessivas Análises de Redundância (RDA) foram encontrados os valores percentuais de explicação da variabilidade de cada componente conforme proposto por Borcard *et al.* (1992).

Todos os testes acima indicados foram realizados com uso dos pacotes estatísticos Statistica (Statisoft Software), NT-SYS (Rohlf 1998), PC-ORD 4.0 (McCune & Mefford 1999) e Canoco (ter Braak 1988).

Resultados

Foram identificadas 32 espécies de algas verdes macroscópicas, distribuídas em 11 famílias (Tabela 1). Deste total, 10 espécies foram delimitadas a partir de caracteres vegetativos dos espécimes estéreis analisados, sendo tratados portanto, como morfotipos (ver capítulo 4).

A família melhor representada foi Zygnemataceae, com 10 espécies, seguida por Chaetophoraceae, com 6 e Microsporaceae e Oedogoniaceae, ambas com 3 espécies (Figura 1). A espécie de alga verde macroscópica melhor distribuída foi o morfotipo *Oedogonium* spA, o qual ocorreu em 10 pontos de amostragem de três biomas, seguido por *Mougeotia* spB, que ocorreu em nove pontos de amostragem de três biomas.

As algas verdes macroscópicas tiveram ocorrência em aproximadamente metade (51%) dos riachos amostrados. Na maioria dos pontos de amostragem onde observou-se a presença destas algas, a riqueza variou de 1 a 2 espécies (Figura 2). Quanto a abundância, na maioria dos pontos de amostragem com ocorrência destas espécies, observou-se valores oscilando entre 1 e 10% de cobertura do leito (classe 2, segundo Branco & Necchi 1996), seguido por valores inferiores a 1% de cobertura (classe 1) (Figura 2).

Em geral, as espécies tiveram ocorrência restrita a poucos pontos de amostragem e somente 7 espécies (21,9% do total) ocorreram em mais do que 5% do total de ambientes amostrados. Por outro lado, 10 espécies (31,2% do total) ocorreram em somente um único ponto de amostragem. Além disso, pontos com mais espécies de algas verdes também registraram os maiores valores de abundância ($R^2_{\text{ajustado}} = 0,19$; $p < 0,001$).

As variáveis ambientais quantitativas apresentaram valores muito diferentes entre os pontos de amostragem e, de maneira geral, não foram encontradas diferenças significativas para estes parâmetros entre riachos com presença de algas verdes macroscópicas daqueles com ausência (Figura 3). Exceções foram observadas para o pH ($t = -2,01$; $p = 0,04$), onde as algas verdes ocorreram em riachos com valores menores desta variável e com a velocidade da correnteza ($t = 2,34$; $p = 0,02$), onde as algas verdes foram registradas em riachos com valores maiores. Quanto ao sombreamento, o qual foi medido como variável categórica, os pontos de amostragem com maior disponibilidade de luz foram os que tiveram a maior frequência de ocorrência de algas verdes (Figura 4). Os seguintes percentuais de pontos de amostragem com a ocorrência de algas verdes foram registrados para cada classe de sombreamento: 84% para a escala de sombreamento A (aberto), 70% para B (parcialmente sombreado), 52% para C (sombreado) e 4,5% para D (fortemente sombreado).

Os valores de riqueza e abundância mais elevados para as algas verdes foram registrados no bioma campos. Por outro lado, o bioma floresta ombrófila densa teve os menores valores, enquanto os biomas floresta ombrófila mista e floresta estacional apresentaram valores intermediários (Figura 5). A riqueza padronizada pela abundância manteve a mesma tendência (Figura 6) observada para a riqueza bruta, ou seja, maiores valores no bioma campestre.

Assim como a riqueza (=diversidade alfa) e a abundância, as diversidades beta e gama das UC's revelaram valores mais elevados para o bioma campos e os menores para a floresta ombrófila densa, com valores intermediários para os biomas floresta estacional e floresta ombrófila mista (Tabela 2). Além disso, os campos registraram os maiores valores de espécies exclusivas, ao mesmo tempo que 75% de toda a flora de algas verdes encontrada no presente estudo esteve representada no bioma (Figura 7).

A análise de riqueza e abundância dos pontos de amostragem sem sombreamento marginal (categoria A) localizados em biomas essencialmente florestados mostrou que tais riachos apresentaram valores menores para esses parâmetros em comparação com aqueles localizados no bioma campos (Figura 8).

Entre as UC's, o Parque Nacional de Aparados da Serra apresentou o maior número de espécies restritas (6 espécies, 50% do total) e também os maiores valores médios de riqueza e abundância e de diversidade alfa e gama (Tabela 2).

A Análise de Agrupamento, baseada na composição de espécies (Índice de Jaccard; McCune & Mefford 1999) dos biomas amostrados revelou baixa similaridade (Figura 9). Porém, alguns padrões puderam ser observados, tais como a maior similaridade entre os biomas floresta estacional e floresta ombrófila mista, de ambas com campos e a fraca similaridade do bioma floresta ombrófila densa com todos os demais. Ainda, a partir da Análise de Agrupamento dos diferentes pontos de amostragem baseada na composição de espécies de algas verdes macroscópicas, não foi possível reconhecer padrões claros de agrupamento e, além disso, os valores de similaridade foram muito baixos (Figura 10).

A Análise de Espécies Indicadoras (ISA) mostrou que oito espécies podem ser consideradas significativamente indicadoras dos diferentes biomas amostrados (Tabela 3). As cladoforáceas *Basycladia* sp. e *Cladophora sterrocladia* foram indicadoras do bioma floresta estacional, a espécie colonial *Ecballocystis pulvinata* var. *pulvinata* e o morfotipo *Spirogyra* spB foram indicadores de floresta ombrófila densa e três morfotipos de Zygnemataceae (*Mougeotia* spA, *M.* spB e *Zygonium* spA) e a colonial *Tetraspora lubrica* foram indicadores do bioma campos.

O Teste de Mantel (Tabela 4), que comparou a matriz de similaridade das espécies de algas verdes macroscópicas com as matrizes hipóteses geradas com dados ambientais e estruturais, apresentou valores significativos. Entretanto, os valores das correlações foram baixos ($r < 0,13$) o que torna o dado inconsistente.

Por fim, a Análise de Partição de Variância (Figura 11) demonstrou que a maior parte da variação na composição de espécies nos biomas (75%) não pode ser explicada pelas variáveis ambientais e/ou espaciais. Os demais 25% da variação foram explicados principalmente pelo espaço (10,9%), e variáveis ambientais (7,9%) e, em menor grau, pelo componente das variáveis ambientais influenciado pelo fator espacial (6,2%).

Discussão

No presente estudo houve uma maior representatividade, em número de espécies, da família Zygnemataceae, enquanto que em dois outros levantamentos de grandes regiões geográficas (Sheath & Cole 1992 – em 1000 pontos de amostragem na América do Norte e, Necchi *et al.* 2000 – em 172 pontos de amostragem no estado de São Paulo) a família Chaetophoraceae foi a melhor representada. Entretanto, isso ocorreu pela classificação dos espécimes desta família em morfotipos, o que não foi realizado nos outros dois trabalhos. Se não forem consideradas as separações dos morfotipos na família Zygnemataceae, então, a família Chaetophoraceae aparece como aquela de maior número de espécies na região estudada, resultado que concorda com os trabalhos anteriores. De qualquer forma, esses dados sugerem que as Chaetophoraceae e as Zygnemataceae representam as famílias de algas verdes macroscópicas mais bem representadas em ambientes lóticos, quando se analisa o número de espécies.

A espécie melhor distribuída foi um morfotipo do gênero *Oedogonium* (*O.* spA), o que impossibilitou a comparação com outros trabalhos. Porém, de maneira geral, *Oedogonium* spp. tem sido ampla e recorrentemente encontrado em estudos com macroalgas de ambientes lóticos em diversas partes do mundo (Sheath & Cole 1992, Necchi *et al.* 2000).

Apesar de ter sido mensurado categoricamente, os resultados do presente trabalho sugerem que o sombreamento pode ser considerado como a variável mais relevante na determinação da ocorrência de algas verdes em um segmento de riacho. Esta consideração é suportada pela maior frequência de ocorrência de algas verdes em pontos de amostragem com níveis menores de atenuação da luz provocado pela cobertura vegetal. Resultado semelhante foi encontrado por Peres *et al.* (2009), estudando riachos de floresta ombrófila densa no estado do Paraná, onde as algas verdes estiveram ligadas a ambientes com menores

intensidades de sombreamento. Também, Biggs & Price (1987) e Okada & Watanabe (2002) revelaram a preferência de algas verdes por ambientes com altos níveis de irradiância. Adicionalmente, Sheath & Burkholder (1985), estudando a sazonalidade de macroalgas em rios da América do Norte, comentaram que no verão uma densa camada de vegetação instalase nas margens dos rios diminuindo drasticamente a incidência de luz, e isso leva a uma diminuição da riqueza e abundância das macroalgas como um todo e a quase total eliminação das algas verdes em particular. Já no inverno a floresta caducifolia típica da região perde as suas folhas aumentando a incidência de luz no rio, e os valores de riqueza e abundância de macroalgas passam a ser maiores, em especial para as algas verdes, apesar das baixas temperaturas ocorrentes na região nesta época. Possivelmente essa melhor adaptação das algas verdes a ambientes com altas irradiâncias deva estar associada às respostas fotossintéticas do grupo. Necchi (2004) estudou as características fotossintéticas de 42 populações de macroalgas de riacho e mostrou que estas algas são plantas de sol, caracterizadas por altos valores do parâmetro de saturação inicial, baixos de eficiência fotossintética e baixa, ou mesmo a ausência, de fotoinibição.

De maneira geral, não foi possível encontrar um claro padrão de distribuição das algas verdes macroscópicas associado às demais variáveis ambientais, quando considerados os pontos de amostragem com presença e ausência destes organismos. Este resultado indica que o grupo tem alta tolerância às grandes variações encontradas na região estudada, para a maior parte dos parâmetros analisados. Entretanto, os pontos de amostragem com algas verdes diferiram significativamente daqueles sem algas verdes por apresentarem valores menores de pH e maiores de velocidade da correnteza. Em todos os riachos, o pH oscilou entre o neutro e o levemente ácido e a diferença entre as médias dos pontos com e sem algas verdes foi tênue (6,2 e 6,4 respectivamente). Apesar desta diferença de média ser pequena, ela pode estar relacionada a maior disponibilidade de CO₂ nos ambientes mais ácidos, que representa a forma de carbono mais facilmente assimilada por estas algas (Allan & Castillo 2007). Da mesma forma, as diferenças de médias entre os valores de velocidade da correnteza em pontos com e sem algas verdes foram pequenas (58 e 41 cm.s⁻¹, respectivamente). Entretanto, Okada & Watanabe (2002) sugeriram que as espécies de algas verdes se caracterizaram por ocorrerem em ambientes com velocidades da correnteza elevados (>30 cm.s⁻¹), os quais conferiam a esses ambientes uma ótima aeração pelas bolhas causadas pela turbulência.

Portanto, apoiado em nossos dados e em informações de literatura, é possível sugerir que os segmentos de riachos sem sombreamento marginal, com velocidades da correnteza

maiores e pH levemente ácido parecem ser as condições ambientais mais fortemente associadas à ocorrência das algas verdes macroscópicas na área de estudo.

A Análise de Agrupamento dos biomas mostrou baixa similaridade florística entre eles, com uma tendência de maior proximidade entre a floresta estacional e floresta ombrófila mista.

O bioma campestre, por sua vez, registrou os maiores valores de riqueza, abundância, diversidades alfa, beta e gama de algas verdes macroscópicas. Além disso, esse bioma apresentou o maior número de espécies exclusivas, uma maior contribuição do grupo em relação ao total de macroalgas e o maior número de espécies indicadoras. Esses dados indicam que o bioma campos, em especial naquelas áreas amostradas no Sul do Brasil, representa regiões de alta importância na conservação das algas verdes.

A despeito da maior riqueza de espécies de algas verdes nos pontos de amostragem do bioma campos ter sido atribuída a uma típica menor influência da vegetação marginal sobre a disponibilidade de luz nestes ambientes, o papel do sombreamento marginal sobre as algas verdes macroscópicas de riachos precisa ser analisado no contexto geral da paisagem. Neste sentido, os dados aqui apresentados mostraram que pontos de amostragem que também exibiram ausência de sombreamento marginal, localizados em biomas tipicamente florestais, registraram valores de riqueza de espécies inferiores aos observados no bioma campos. Neste contexto, é possível inferir que as condições globais da paisagem também são de extrema relevância na determinação dos padrões de riqueza e abundância de espécies de algas verdes macroscópicas nos riachos da região Sul do Brasil. A relevância da paisagem na determinação de padrões ecológicos tem sido descrita para outros grupos de organismos (Farina 1998, Tockner *et al.* 2002).

O bioma floresta ombrófila densa registrou os menores valores para diversidade de espécies de algas verdes macroscópicas. Esses resultados podem ser relacionados, como discutido acima, com os altos níveis de sombreamento marginal. Esse padrão de baixa riqueza já foi descrito para as comunidades de macroalgas de riachos como um todo por Peres *et al.* (2009) em uma unidade de conservação de floresta ombrófila densa no estado do Paraná e por Branco & Necchi (1996), também no mesmo tipo de bioma, no estado de São Paulo.

O padrão de distribuição em mosaico das algas verdes, encontrado no presente estudo, foi evidenciado pela correlação positiva entre riqueza e abundância. Este padrão vem sendo recorrentemente encontrado em estudos envolvendo as comunidades de macroalgas de ambientes lóticos (Sheath *et al.* 1986, 1989, Branco & Necchi 1996, 1998, Necchi *et al.* 2000, 2003, Borges & Necchi 2006). Outro padrão comumente encontrado em comunidades de

macroalgas lólicas e que também foi observado para as algas verdes na região de estudo foi o alto número de espécies restritas a poucos pontos de amostragem (Sheath & Burkholder 1985, Sheath *et al.* 1986, 1989, Branco & Necchi 1996, 1998, Necchi *et al.* 2000, 2003, Hu & Xie 2006).

A Análise da Partição de Variância mostrou que 75% da variação da composição florística das algas verdes macroscópicas não puderam ser explicadas pelos fatores ambientais e/ou espaciais investigados. Segundo Borcard *et al.* (1992), essa variância inexplicada é devida principalmente a efeitos locais não mensurados (bióticos e abióticos) ou a estruturas espaciais que foram perdidas porque requerem funções mais complexas para descrevê-las.

Branco *et al.* (2009), estudando macroalgas de riachos da região centro-oeste do estado do Paraná, não encontraram uma relação consistente entre variáveis bióticas e abióticas e propuseram, a partir dos seus dados e dos da literatura, que a heterogeneidade espacial dos ambientes lólicos e a combinação dessas variáveis em cada fragmento (“manchas”) do riacho são os fatores que definem a diversidade e a distribuição espacial nestes ambientes. Adicionalmente, Nabout *et al.* (2009) encontraram dados similares ao estudarem os processos de estruturação de comunidades fitoplanctônicas em lagoas marginais de um rio na região central do Brasil. Neste estudo, os autores comentaram que nem os preditores ambientais nem os espaciais (ligados a dispersão) foram responsáveis pela distribuição das comunidades na região de estudo e indicaram que tais comunidades podem ser reguladas por eventos estocásticos ou por variáveis não mensuradas, como as interações bióticas ou a variação ambiental em uma escala menor. Assim, os dados do presente estudo concordam com o observado por Branco *et al.* (2009) e sugerem que este padrão pode não ser restrito a comunidades de macroalgas lólicas, mas pode estar associado a grupos algais de diferentes ambientes, conforme também registrado por Nabout *et al.* (2009).

Os dados do presente estudo também sugerem que a estruturação da composição florística das algas verdes na região Sul do Brasil não está diretamente ligada a nenhuma das variáveis mensuradas. Como sugerido por Nabout *et al.* (2009) para fitoplâncton, a estrutura destas comunidades algais pode estar ligada a fatores estocásticos, a interações bióticas ou ainda a variáveis na escala microambiental, as quais não foram mensuradas.

Em resumo, as análises da distribuição das algas verdes macroscópicas de riachos revelaram que: 1) a ocorrência ou não do grupo está essencialmente ligada ao sombreamento e, em menor grau, ao pH e a velocidade da correnteza do trecho que está sendo amostrado; 2) uma vez ocorrendo em um dado segmento, os padrões de riqueza, abundância e diversidade destas algas são determinados pelas características da paisagem (no caso do bioma), os quais

provavelmente também estão relacionados à disponibilidade de luz, mas neste caso não somente do trecho mas de todo o sistema; 3) por último, a estruturação da composição florística do grupo não está fortemente associada com fatores ambientais e nem com os espaciais, sendo provavelmente determinada por fatores estocásticos ou por interações bióticas e/ou variáveis microambientais não mensurados.

Referências bibliográficas

- Allan, J.D. & Castillo, M.M. 2007. Stream Ecology: structure and function of running waters. Second Edition. Springer, Netherlands.
- Biggs, B.J.F. & Price, G.M.A. 1987. A survey of filamentous algal proliferation in New Zealand rivers. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 21: 175-191.
- Biggs, B.J.F., Goring, D.G. & Nikora, V.I. 1998. Subsidy and stress responses of stream periphyton to gradients in water velocity as a function of community growth form. *Journal of Phycology* 34:598–607.
- Borges, F.R. & Necchi, O.Jr. 2006. Patterns of spatial distribution in macroalgal communities from tropical lotic ecosystems. *Revista Brasileira de Botânica* 29(4): 669-680.
- Borcard, D., Legendre, P. & Drapeau, P. 1992. Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology* 73(3): 1045-1055.
- Branco, C.C.Z., Krupek, R.A. & Peres, C.K. 2009. Ecological distribution of stream macroalgal communities from mid-western region of Paraná State, Southern Brazil: importance of local scale variation. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 52(2): 379-386.
- Branco, C.C.Z. & Necchi, O.Jr. 1996. Distribution of stream macroalgae in the eastern Atlantic Rainforest of São Paulo State, southeastern Brazil. *Algological Studies* 333: 139-150.
- Branco, L.H.Z. & Necchi, O.Jr. 1998. Distribution of macroalgae in three tropical drainage basins of Southeastern Brazil. *Archiv für Hydrobiologie* 142: 241-256.
- Dufrêne, M. & Legendre, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366.
- Farina, A. 1998. Principles and methods in landscape ecology. Chapman & Hall, London.
- Finlay, K.W. & Wilkinson, G.N. 1963. The analysis of adaptation in a Plant-Breeding Programme. *Australian Journal of Agricultural Research* 14(5): 742-754.
- Graham, L.E. & Wilcox, L.W. 2000. Algae. Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Hill, M.O. & Gauch, H.G. 1980. Detrended Correspondence Analysis: an improved ordination technique. *Vegetatio* 42: 47-58.
- Hu, B.F. & Xie, S.L. 2006. Effect of seasonality on distribution of macroalgae in a stream system (Xin'an Spring) in Shanxi Province, North China. *Journal of Integrative Plant Biology* 48(8): 889-896.

- Krupek, R.A., Branco, C.C.Z. & Peres, C.K. 2007. Distribuição ecológica das comunidades de macroalgas da bacia de drenagem do Rio das Pedras, região centro-sul do estado do Paraná, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 30(2): 173-182.
- Legendre, P. 1990. Quantitative methods and biogeographic analysis. In: Garbary, D.J. & South, R.R. eds. *Evolutionary biogeography of the marine algae of the North Atlantic*. NATO ASI Series, Vol. 22, Springer-Verlag, Berlin, Germany. pp.9-34.
- Lewis, L.A. & McCourt, R.M. 2004. Green Algae and the origin of land plants. *American Journal of Botany* 91(10): 1535-1556.
- Manly, B.F.J. 1997. *Randomization, bootstrap and Monte Carlo methods in biology*. London: Chapman & Hall. 281 p.
- 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*. Systematics Association Special, vol 27. Academic Press, London Orlando, p. 29-72.
- McCune, B. & Mefford, M.J. 1999. *Multivariate analysis of ecological data*. MjM Software, Glendem Beach, OR.
- Nabout, J.C., Siqueira, T., Bini, L.M. & Nogueira, I.S. 2009. No evidence for environmental and spatial processes in structuring phytoplankton communities. *Acta Oecologica* 35: 720-726.
- Necchi, O.Jr. 2004. Light-related photosynthetic characteristics of lotic macroalgae. *Hydrobiologia* 525: 139-155.
- Necchi, O.Jr., 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, O.Jr., Branco, L.H.Z. & Branco, C.C.Z. 1995. Comparison of three techniques for estimating periphyton abundance in bedrock streams. *Archiv für Hydrobiologie* 134: 393-402.
- Necchi, O.Jr., Branco, L.H.Z. & Branco, C.C.Z. 2003. Ecological distribution of stream macroalgal communities from a drainage basin in the Serra da Canastra National Park, Minas Gerais, Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 63: 1-12.
- Necchi, O.Jr., Branco, L.H.Z. & Spezamiglio, D.N. 2008. Distribuição ecológica de comunidades de macroalgas de ambientes lóticos do Parque Nacional de Itatiaia (RJ, MG) Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 31(1):135-145.
- Okada, H. & Watanabe, Y. 2002. Effect of physical factors on the distribution of filamentous green algae in the Tama River. *Limnology* 3:121-126.

- Peres, C.K., Branco, C.C.Z. & Krupek, R.A. 2009. Distribuição ambiental e temporal das comunidades de macroalgas da Serra da Prata, estado do Paraná, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 32(4): 625-633.
- 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*. Cap.7: 123-153.
- Reviere, B. 2006. *Biologia e Filogenia das Algas*; tradução Iara Maria Franceschini. Porto Alegre: Artmed. 280 p.
- Rohlf, F.J. 1998. *NTSYS-pc: Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System*, Version 2.0, User's Guide. New York: Exeter Software.
- Sheath, R.G. & Burkholder, J. 1985. Characteristics of softwater stream in Rhode Island. II: Composition and seasonal dynamics of macroalgae communities. *Hydrobiologia* 128: 109-118.
- Sheath, R.G. & Cole, K.M. 1992. Biogeography of stream macroalgae in North America. *Journal of Phycology* 28: 448-460.
- Sheath, R.G., Hamilton, P.B., Hambrook, J.A. & Cole, K.M. 1989. Stream macroalgae of Eastern boreal forest region of North America. *Canadian Journal of Botany* 67: 3553-3562.
- Sheath, R.G., Morison, M.O., Korch, J.E., Kaczmarczyk, D. & Cole, K.M. 1986. Distribution of stream macroalgae in South-central Alaska. *Hydrobiologia* 135: 259-269.
- ter Braak, C.J.F. 1988. CANOCO - as extension of DECORANA to analyze species-environment relationships. *Vegetatio* 75: 159-160.
- Tockner, K., Ward, J.V., Edwards, P.J. & Kollmann, J. 2002. Riverine landscapes: an introduction. *Freshwater Biology* 47: 497-500.
- van den Hoek, C., Mann, D.G. & Jahns, H.M. 1995. *Algae: an introduction to phycology*. Cambridge: Cambridge University Press. 623 p.

ANEXOS DO CAPÍTULO 5 – Tabelas e Figuras

Tabela 1. Lista de espécies e a sua ocorrência nos diferentes pontos de amostragem na região Sul do Brasil com os respectivos biomas (FE – floresta estacional; FOM – floresta ombrófila mista; FOD – floresta ombrófila densa e; Cam – campos).

| Espécies | Biomas | Pontos de amostragem |
|--|--------------|--------------------------------|
| Botryococcaceae | | |
| <i>Ecballocystis pulvinata</i> Bohlin var. <i>pulvinata</i> | FOD, FE, FOM | 42, 43, 49, 50, 56, 58, 62, 73 |
| Chaetophoraceae | | |
| <i>Chaetophora</i> aff. <i>atenuata</i> Hazen | Cam | 102 |
| <i>C. pisiformis</i> (Roth) C. Agardh | FOM, Cam | 87, 99 |
| <i>Draparnaldia mutabilis</i> (Roth) Bory | Cam | 97, 102 |
| <i>Stigeoclonium amoenum</i> Kützing | FE, FOM, Cam | 09, 79, 84, 93, 102, 103, 105 |
| <i>S. fasciculare</i> Kützing | FOD | 57 |
| <i>S. lubricum</i> (Dillwyn) Kützing | FE | 68 |
| Characeae | | |
| <i>Nitella leptostachys</i> (A. Braun) R.D. Wood var. <i>leptostachys</i> | Cam | 12, 14, 19 |
| Cladophoraceae | | |
| <i>Basicladia</i> sp. | FE | 24, 31, 69, 70, 71, 72 |
| <i>Cladophora sterrocladia</i> Skuja | FE | 68, 76, 77, 78 |
| Desmidiaceae | | |
| <i>Hyalotheca dissilens</i> (Smith) Brebs. ex Ralfs | FOM | 03 |
| Gloeotilaceae | | |
| <i>Geminella interrupta</i> | Cam | 19 |
| <i>Geminella</i> sp. | Cam | 98 |
| Klebsormidiaceae | | |
| <i>Klebsormidium fluitans</i> (Kützing) Morison & Sheath | Cam | 17, 103 |
| Microsporaceae | | |
| <i>Microspora stagnorum</i> (Kützing) Lagerheim | FOM, Cam | 50, 51, 91, 93, 102 |
| <i>Microspora tumidula</i> Hazen | FOM, Cam | 87, 99, 100 |

Tabela 1. Continuação...

| | | |
|---|--------------|--|
| <i>Microspora willeana</i> Lagerheim | FOM, Cam | 12, 19, 87 |
| Oedogoniaceae | | |
| <i>Bulbochaete</i> sp. | FOM, Cam | 07, 99, 100 |
| <i>Oedogonium</i> spA (célis 9-33 µm diâm) | FE, FOM, Cam | 07, 08, 10, 19, 20, 48, 68, 78, 88, 89 |
| <i>Oedogonium</i> spB (célis 30-60 µm diâm) | FOM, FE | 25, 90, 93 |
| Tetrasporaceae | | |
| <i>Tetraspora gelatinosa</i> (Vaucher) Desvaux | Cam | 102 |
| <i>Tetraspora lubrica</i> (Roth) C. Agardh | Cam | 97, 98, 101, 102, 103 |
| Zygnemataceae | | |
| <i>Mougeotia</i> spA (célis 8-16 µm diâm) | FE, FOM, Cam | 12, 13, 84, 91, 97, 98, 99, 103 |
| <i>Mougeotia</i> spB (célis 14-32 µm diâm) | FE, FOM, Cam | 07, 14, 74, 84, 97, 101, 102, 103, 105 |
| <i>Mougeotia</i> spC (célis 37-50 µm diâm) | Cam | 18 |
| <i>Spirogyra</i> spA (cloroplasto único) | FE, FOM, Cam | 16, 84, 89, 99, 101 |
| <i>Spirogyra</i> spB (mais de um cloroplasto, célula 30-42 µm diâm) | FOD | 35, 42, 57 |
| <i>Spirogyra</i> spC (mais de um cloroplasto, célula 50-75 µm diâm) | FOM, FE, Cam | 01, 07, 24, 98, 101, 103 |
| <i>Zygnema</i> sp. | FOD, Cam | 43, 101 |
| <i>Zygogonium ericetorum</i> (Roth) Kuetzing | FOD | 37 |
| <i>Zygogonium</i> spA (célis 9-23 µm diâm) | FOM, Cam | 07, 14, 17, 18, 19, 98, 100 |
| <i>Zygogonium</i> spB (célis 30-33 µm diâm) | Cam | 102 |

Tabela 2. Valores de abundância, espécies exclusivas e das diversidades alfa, beta e gama em cada unidade de conservação amostrada com os respectivos biomas (FE – floresta estacional; FOM – floresta ombrófila mista; FOD – floresta ombrófila densa e; Cam – campos).

| Bioma | Parque (UC) | Abundância média | Espécies exclusivas | Diversidade | | |
|-------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------|-----------|
| | | | | alfa | beta | gama |
| FE | PE do Turvo | 1,75 ($\pm 2,54$) | 1 | 1,00 ($\pm 0,82$) | | 6 |
| | PE Fritz Plaumann | 4,73 ($\pm 7,07$) | 0 | 0,89 ($\pm 1,36$) | | 5 |
| | PN do Iguaçu | 0,13 ($\pm 0,27$) | 0 | 0,40 ($\pm 0,70$) | | 3 |
| | Total FE | 2,12 ($\pm 4,48$) | 3 | 0,76 ($\pm 0,99$) | 0,68 | 10 |
| FOM | FLONA Irati | 1,60 ($\pm 2,60$) | 1 | 0,91 ($\pm 1,45$) | | 7 |
| | PE do Caracol | 1,68 ($\pm 2,45$) | 0 | 1,20 ($\pm 1,23$) | | 9 |
| | PE das Araucárias | 2,03 ($\pm 4,16$) | 1 | 0,54 ($\pm 0,69$) | | 3 |
| | Total FOM | 1,77 ($\pm 3,09$) | 2 | 0,88 ($\pm 1,16$) | 0,87 | 15 |
| FOD | PN Saint- Hilaire/Lange | 0,34 ($\pm 0,72$) | 1 | 0,40 ($\pm 0,84$) | | 2 |
| | PN Serra do Itajaí | 0,82 ($\pm 1,51$) | 1 | 0,30 ($\pm 0,48$) | | 2 |
| | Total FOD | 0,50 ($\pm 1,11$) | 3 | 0,30 ($\pm 0,63$) | 0,87 | 5 |
| Cam | PE Vila Velha | 4,93 ($\pm 7,07$) | 3 | 1,80 ($\pm 1,55$) | | 10 |
| | PN Aparados da Serra/Serra Geral | 9,60 ($\pm 12,03$) | 6 | 3,80 ($\pm 2,57$) | | 18 |
| | Total Cam | 7,26 ($\pm 9,90$) | 10 | 2,80 ($\pm 2,31$) | 0,89 | 23 |

Tabela 3. Espécies significativamente indicadoras de biomas e o valor respectivo de p (FE – floresta estacional; FOM – floresta ombrófila mista; FOD – floresta ombrófila densa e; Cam – campos).

| Espécies Indicadoras | Biomas | p |
|--------------------------------|--------|---------|
| <i>Basicladia</i> sp. | FE | 0,003** |
| <i>Cladophora sterrocladia</i> | FE | 0,013* |
| <i>Ecballocystis pulvinata</i> | FOD | 0,009** |
| <i>Mougeotia</i> spA | CAM | 0,018* |
| <i>Mougeotia</i> spB | CAM | 0,034* |
| <i>Spirogyra</i> spB | FOD | 0,002** |
| <i>Tetraspora lubrica</i> | CAM | 0,018* |
| <i>Zygogonium</i> spA | CAM | 0,008** |

Tabela 4. Teste de Mantel comparando a matriz de similaridade das espécies de algas verdes (construída com o Índice de Jaccard utilizando dados de presença/ausência) com as matrizes hipóteses (construídas com o Índice de Distância Euclidiana).

| Matrizes comparadas | Valor de r | Valor de <i>p</i> |
|--|------------|-------------------|
| Espécies x pH, Condutividade e Oxigênio dissolvido | -0,12 | 0,0002 |
| Espécies x Velocidade da correnteza e Profundidade | -0,06 | 0,003 |
| Espécies x Nitrogênio total e Ortofosfato | -0,06 | 0,03 |
| Espécies x Diversidade do substrato (Simpson) | -0,03 | 0,15 |
| Espécies x Altitude | -0,11 | 0,0006 |
| Espécies x Distância geográfica | -0,13 | 0,0004 |

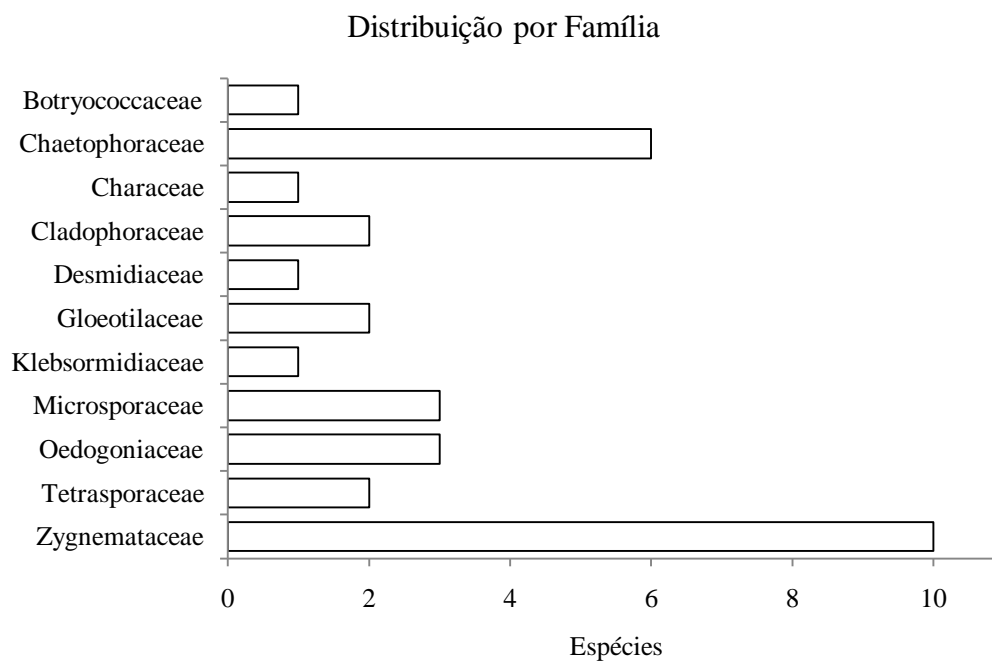


Figura 1. Representatividade de cada família de algas verdes encontradas nos diferentes biomas na região Sul do Brasil

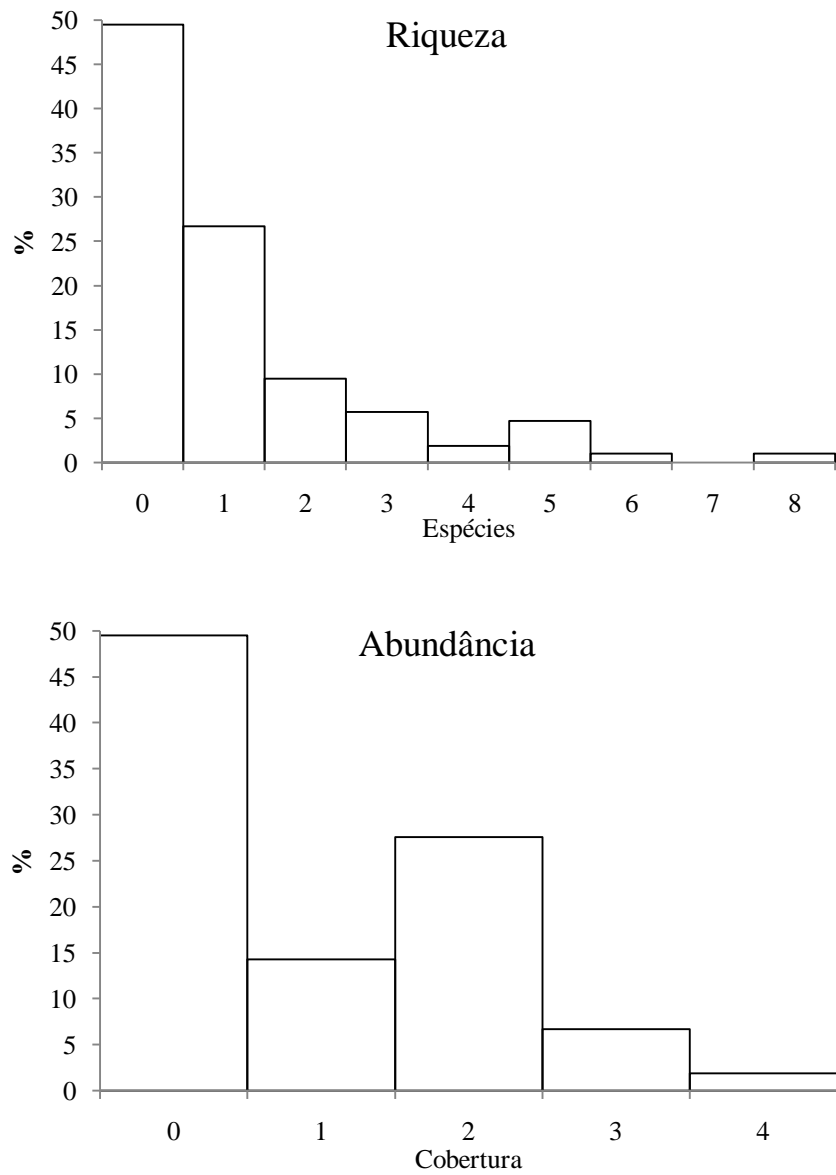


Figura 2. Distribuição de freqüência de algas verdes para riqueza e abundância nos biomas amostrados no Sul do Brasil (classes de abundância representando a cobertura percentual: 0 – nenhum; 1 – <1%; 2 – 1 a 10%; 3 – 10 a 25%; 4 – 25 a 50%)

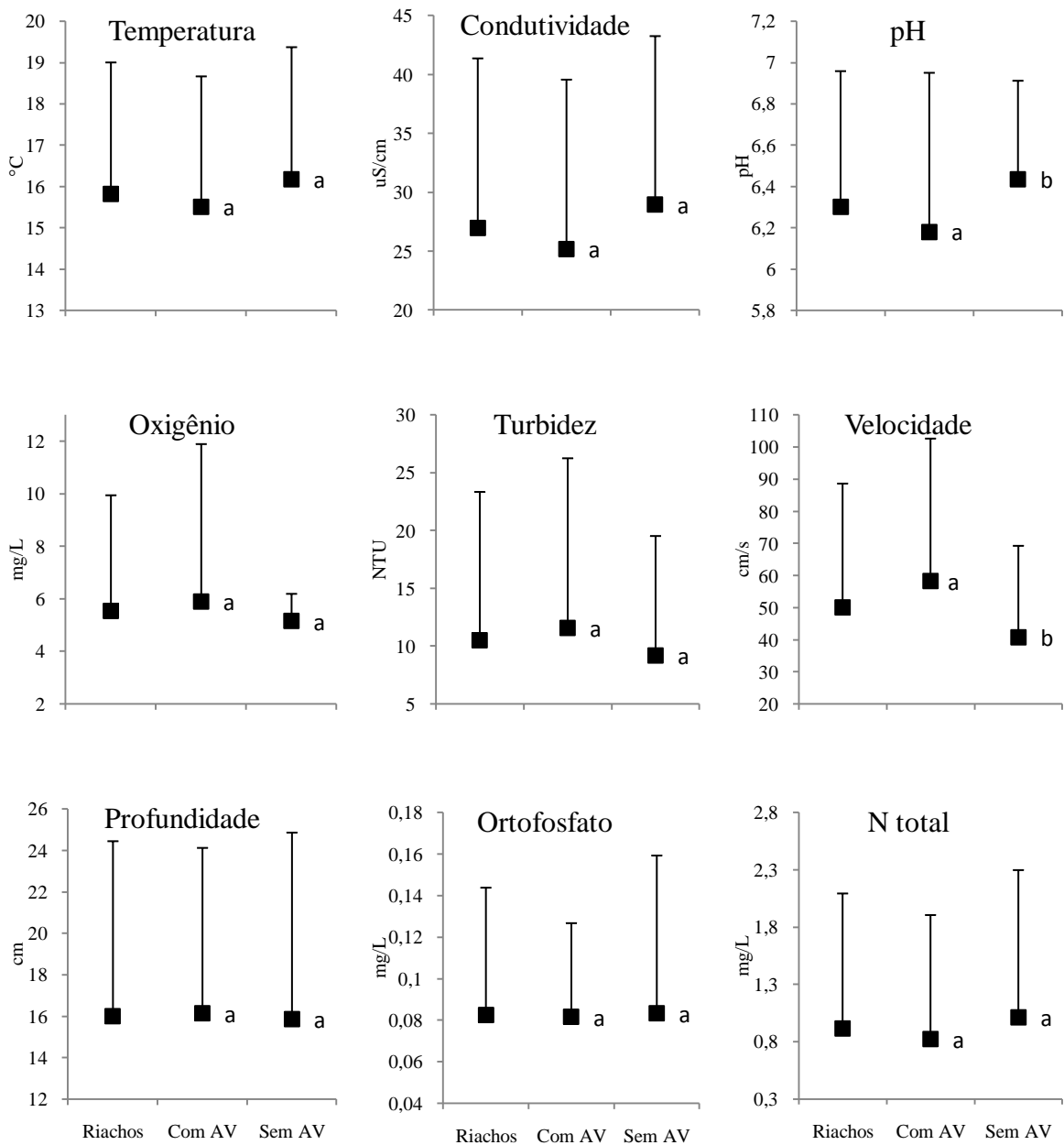


Figura 3. Variáveis ambientais (valores médios±desvio padrão) mensuradas no total de riachos amostrados na região Sul do Brasil (Riachos), e considerando somente aqueles com a presença de algas verdes (Com AV) e aqueles com ausência de algas verdes (Sem AV). As letras referem-se a diferenças encontradas ou não no teste *t* (PC: 95%).

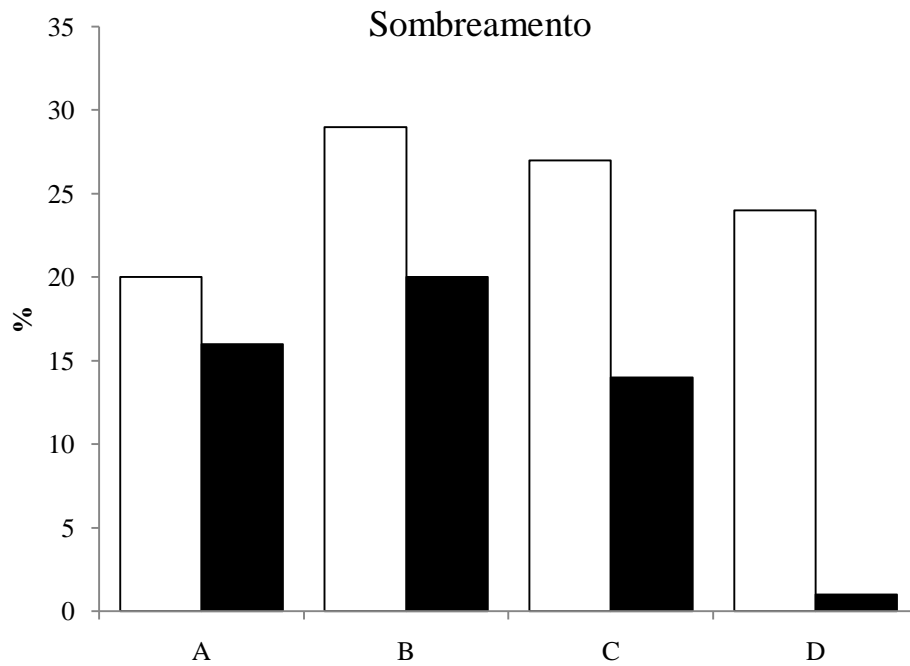


Figura 4. Número de pontos de amostragem em cada classe de sombreamento (barras sem preenchimento) e número de pontos com ocorrência de algas verdes em cada uma das classes (barras preenchidas) nos riachos amostrados na região Sul do Brasil (A – aberto; B – parcialmente sombreado; C – sombreado e, D – fortemente sombreado).

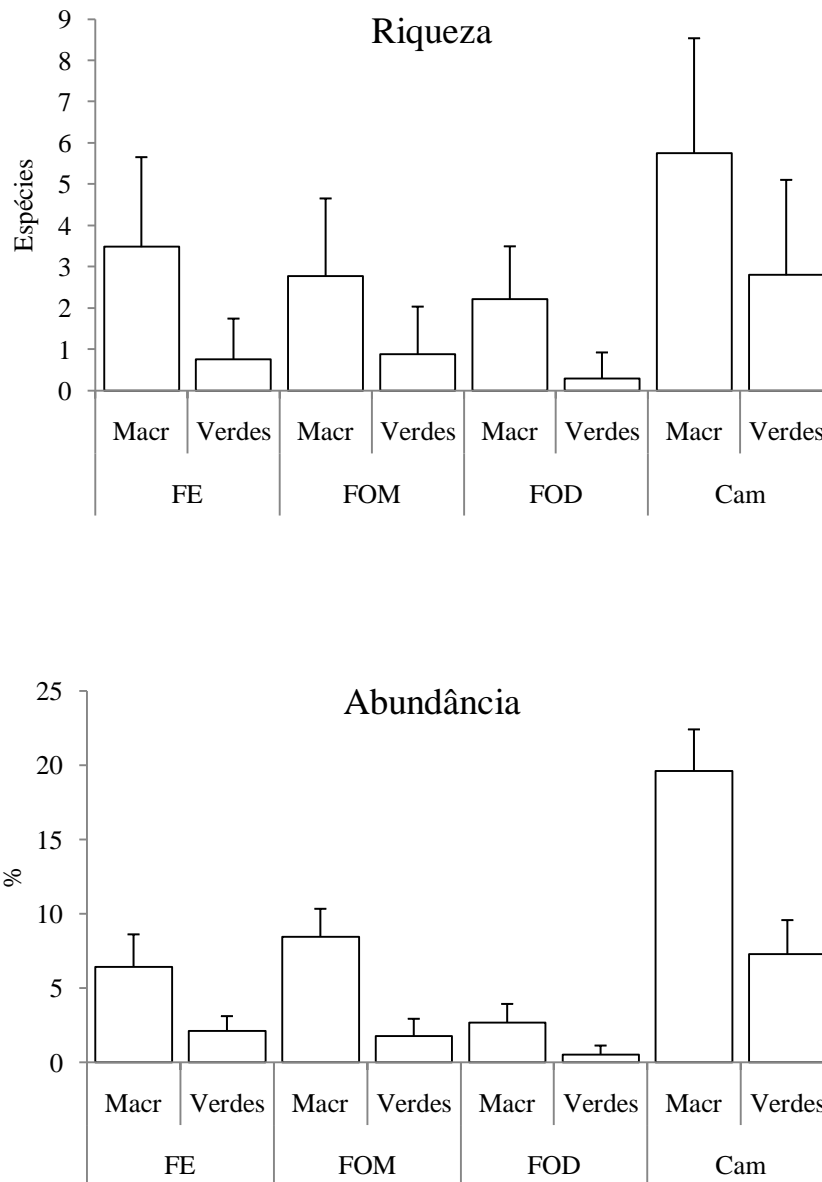


Figura 5. Valores médios±desvio padrão dos valores de riqueza bruta e abundância do total de macroalgas (Macr) e somente das algas verdes (Verdes) para cada bioma amostrado na região Sul do Brasil (FE – floresta estacional; FOM – floresta ombrófila mista; FOD – floresta ombrófila densa e; Cam – campos).

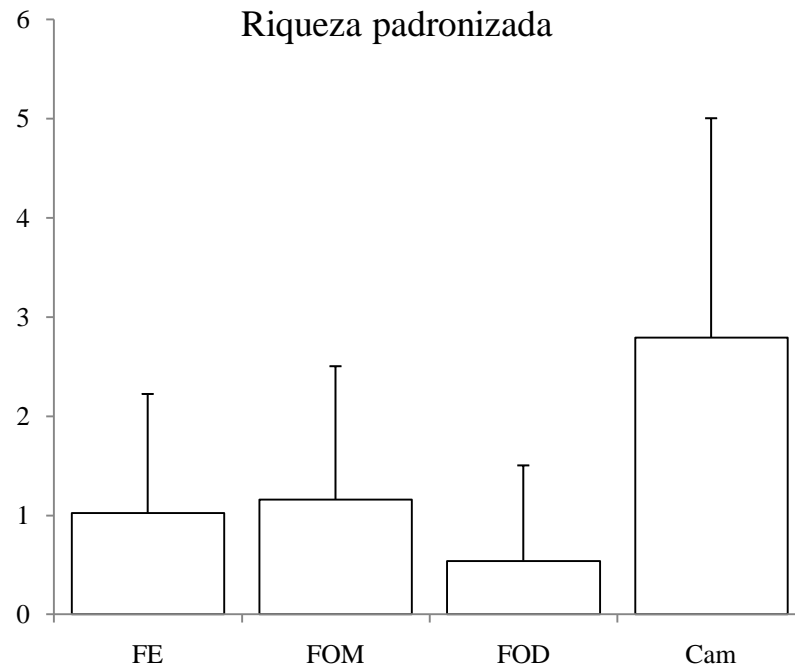


Figura 6. Riqueza padronizada ($R^2_{\text{ajustado}}=0,19$; $p<0,001$) das algas verdes macroscópicas (média+desvio-padrão) em cada bioma amostrado na região Sul do Brasil (FE – floresta estacional; FOM – floresta ombrófila mista; FOD – floresta ombrófila densa e; Cam – campos).

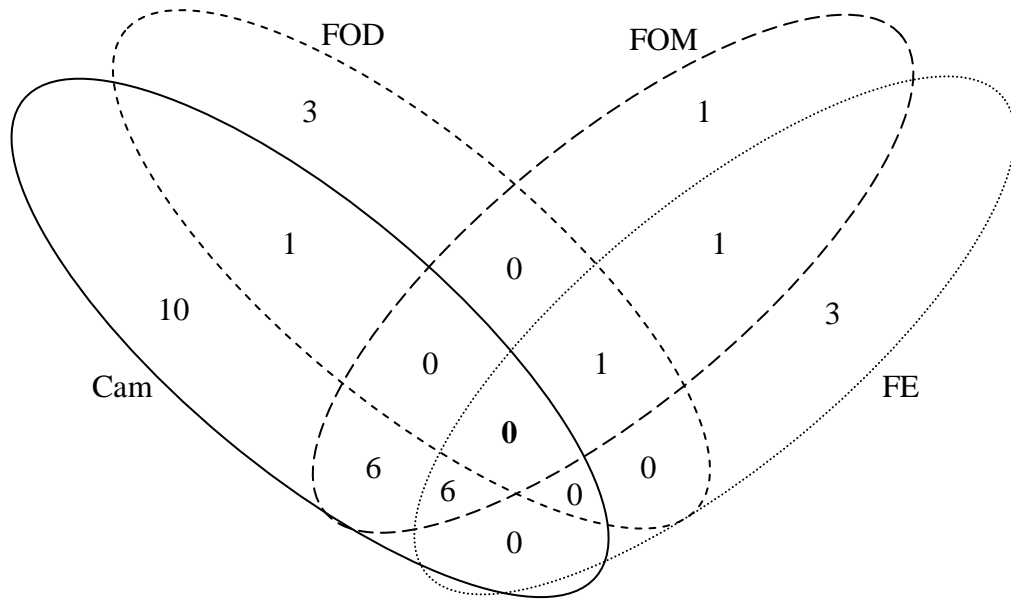


Figura 7. Diagrama de Venn representando os quatro biomas amostrados na região Sul do Brasil e as espécies restritas e comuns (intersecções) entre os mesmos. (FE – floresta estacional; FOM – floresta ombrófila mista; FOD – floresta ombrófila densa e; Cam – campos).

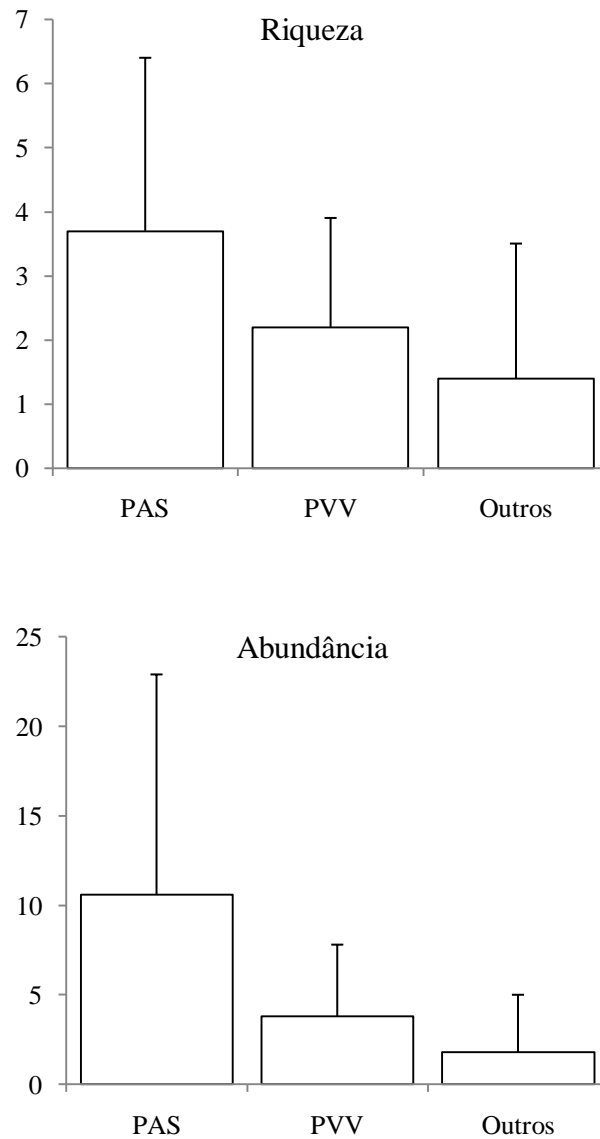


Figura 8. Riqueza e abundância (valores médios±desvio padrão) de algas verdes somente de riachos sem sombreamento marginal (categoria A) de dois parques com o bioma campos (PAS – PN de Aparados da Serra, PVV – PE de Vila Velha) comparando com riachos também sem sombreamento, porém pertencentes a biomas florestados (Outros).

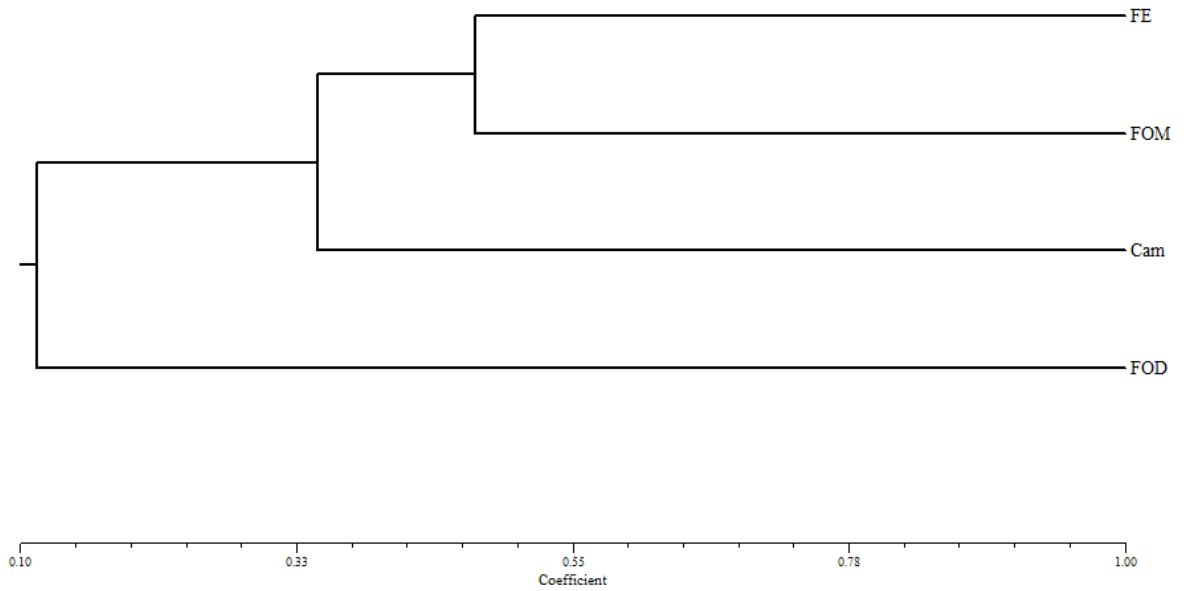


Figura 9. Análise de Agrupamento baseada na presença/ausência de espécies de algas verdes nos diferentes biomas amostrados utilizando o Índice de Similaridade de Jaccard (Índice de Correlação Cofenética significativo; $r = 0,890$) (FE – floresta estacional; FOM – floresta ombrófila mista; FOD – floresta ombrófila densa e; Cam – campos).

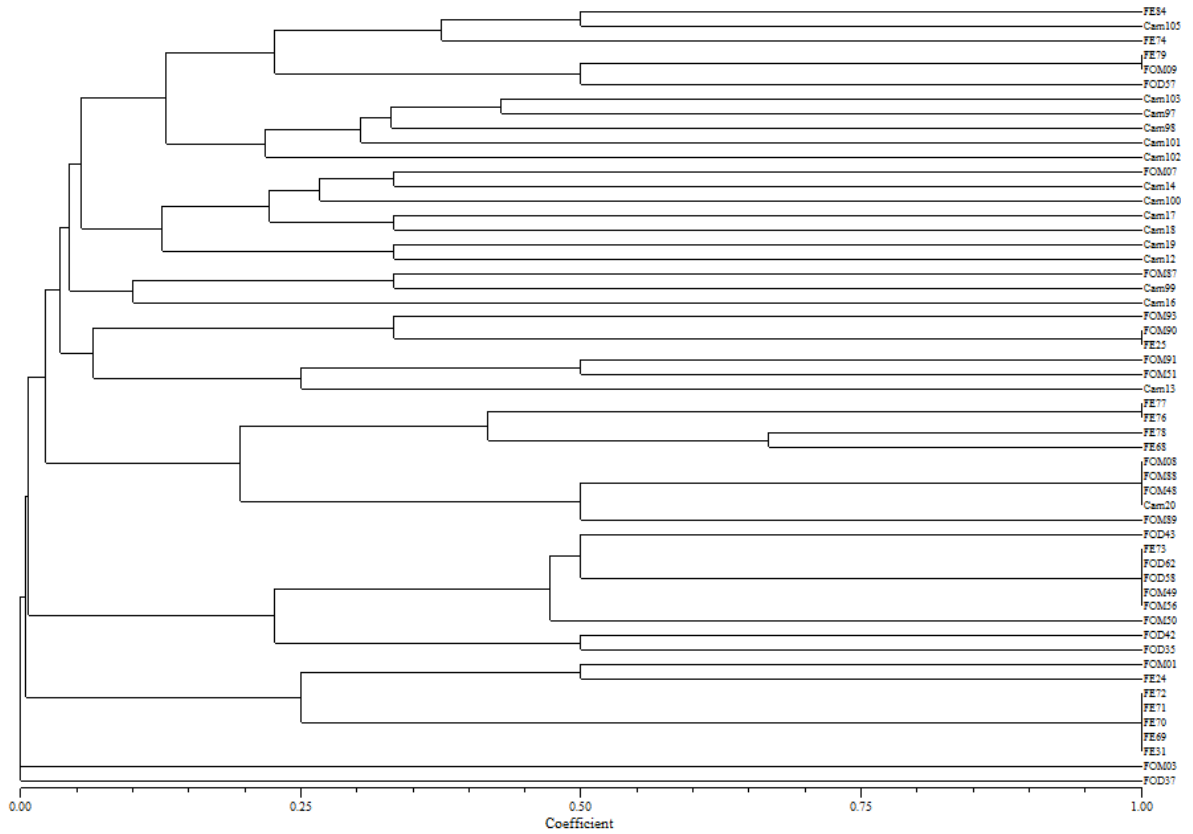


Figura 10. Análise de Agrupamento baseada na presença/ausência de espécies nos pontos com ocorrência de algas verdes utilizando o Índice de Similaridade de Jaccard (Índice de Correlação Cofenética significativo; $r= 0,910$) (FE – floresta estacional; FOM – floresta ombrófila mista; FOD – floresta ombrófila densa; Cam – campos; números correspondem aos pontos de amostragem). Similaridade média do Índice de Jaccard: 0,047.

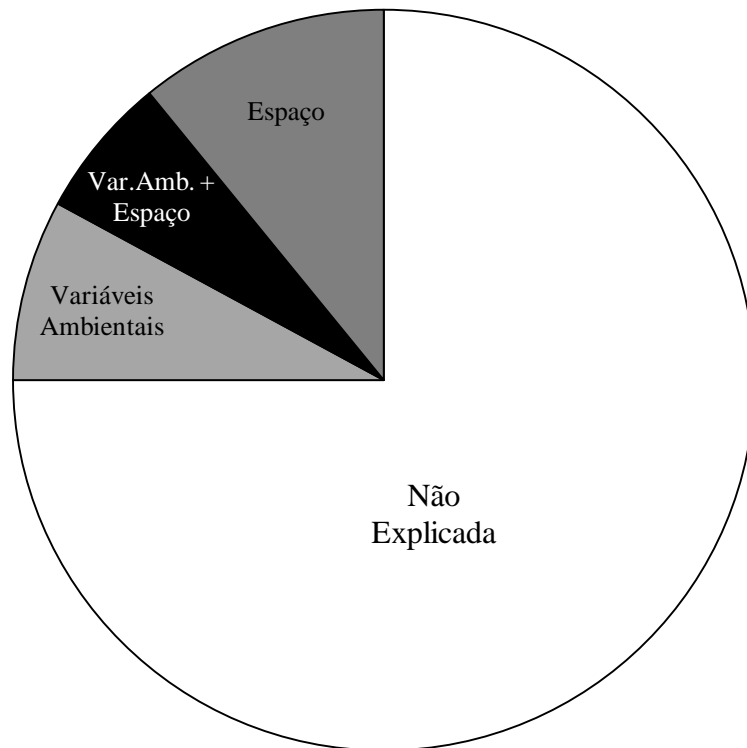


Figura 11. Percentuais da Análise de Partição da Variância obtida através dos autovalores de sucessivas Análises de Redundância (espécies *vs* variáveis ambientais; espécies *vs* espaço; espécies *vs* variáveis ambientais, retirando o efeito do espaço; espécies *vs* espaço, retirando o efeito das variáveis ambientais) conforme Borcard *et al.* (1992).