

NADIA MARTINS LEMES DA SILVA

**ALGAS E CIANOBACTÉRIAS AEROFÍTICAS DE FRAGMENTOS
DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NO NOROESTE
PAULISTA**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal).

Orientador: Luis Henrique Zanini Branco

Rio Claro

2009

NADIA MARTINS LEMES DA SILVA

**ALGAS E CIANOBACTÉRIAS AEROFÍTICAS DE FRAGMENTOS
DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NO NOROESTE
PAULISTA**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal).

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Luis Henrique Zanini Branco
Profa. Dra. Maria Teresa de Paiva Azevedo
Prof. Dr. Carlos Eduardo de Mattos Bicudo

Rio Claro, 19 de fevereiro de 2009.

“A mente que se abre a uma nova idéia nunca mais volta ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

Os meus sinceros agradecimentos...

Ao Prof. Dr. Luis Henrique Zanini Branco, pelo exemplo de postura científica, orientação e dedicação, presentes em todos os momentos;

Ao projeto BIOTA – Fauna e flora de fragmentos florestais do noroeste paulista: base para estudos da conservação da biodiversidade, na figura do coordenador Prof. Dr. Orlando Necchi Júnior, pelo apoio nas coletas e pelos equipamentos de captura de imagens;

À todos que ajudaram nos trabalhos de campo: Marcos, Fernanda, Jeferson e Viviani;

Aos colegas e ex-colegas de laboratório: Jeferson, Mariéllen, Carmélia, Fernanda, Haruo, Vinícius, Marcos, Viviani, Pablo e Anna Izabel, pelas discussões de dados e companherismo, que fazem do nosso laboratório um ambiente de união;

Aos meus amados amigos, os que estão perto e os que estão longe, pela lealdade e carinho que sempre recebi de todos;

À toda minha família, pelo incentivo e carinho;

À Ana, minha irmã e melhor amiga, por ser minha companheira de todas as horas;

Aos meus queridos pais, pelo incondicional apoio, confiança, compreensão e amor, além de serem os melhores exemplos de ética, humildade e bondade.

À FAPESP, pelo apoio financeiro.

RESUMO

Grande parte dos estudos sobre algas aerofíticas aborda a flora de solos de ambientes áridos de regiões temperadas. A diversidade de algas e cianobactérias em ambientes terrestres é ainda pobremente conhecida em regiões tropicais, e no Brasil existem apenas alguns poucos trabalhos abordando estes organismos. O principal objetivo deste trabalho foi contribuir com o conhecimento taxonômico das comunidades aerofíticas através do levantamento dos seus principais componentes encontrados em florestas estacionais semidecíduais no noroeste do estado de São Paulo. Adicionalmente, este estudo também visou o levantamento de dados sobre a riqueza e abundância destes organismos nos fragmentos, a comparação da estrutura das comunidades e a avaliação das possíveis relações entre os parâmetros bióticos (riqueza, abundância e diversidade) e características ambientais (tamanho do fragmento, cobertura do dossel, umidade, pH e temperatura) que determinam a distribuição geográfica. O levantamento foi realizado em dez remanescentes florestais (quatro com área total entre 50 e 150ha e seis com área total maior que 200ha). 30 árvores (substrato potencial para crescimento epífita) aleatoriamente escolhidas foram analisadas em cada fragmento em três alturas pré-estabelecidas (50cm, 100cm e 150cm) quanto à presença/ausência e abundância (cobertura percentual) de crescimentos algais. Dados de temperatura, umidade relativa do ar e pH do substrato (casca) foram também coletados. Além do levantamento taxonômico, as áreas foram caracterizadas e comparadas através de suas diversidades alfa e beta, uniformidade da distribuição de espécies (equitabilidade) e dominância, enquanto análises de similaridade foram conduzidas utilizando-se os coeficientes de Jaccard e Bray-Curtis. A distribuição de abundância das algas e cianobactérias ao longo dos substratos foi comparada dentro do mesmo fragmento e entre todos os fragmentos considerando-se as mesmas alturas através da análise de variância para dados não-paramétricos de Kruskal-Wallis. A existência/ausência de correlações entre as características das áreas e a diversidade de algas e cianobactérias foi verificada através do coeficiente r de Pearson. O levantamento taxonômico resultou em 27 espécies ou táxons infraespecíficos pertencentes às Divisões Cyanobacteria (16), Chlorophyta (10) e Bacillariophyta (uma). Entre os

organismos encontrados, cinco são novos registros para o Brasil (*Lyngbya* cf. *truncicola*, *Stigonema hormoides* var. *constrictum*, *Desmococcus olivaceus*, *Printzina effusa* e *Trentepohlia* cf. *dusenii*) e outros seis táxons (*Aphanothece* sp.1, *Aphanothece* sp.2, *Aphanothece* sp.3, *Aphanothece* sp.4, *Hapalosiphon* sp. e *Phormidium* sp.) são considerados novas morfoespécies. Muitos gêneros e espécies encontrados foram registrados em levantamentos da flora aerofítica em diferentes regiões mundiais, revelando especificidade considerável dos organismos neste tipo de ambiente. Os resultados revelam que a diversidade encontrada não está relacionada ao tamanho total do fragmento, mas sugerem que características ambientais (cobertura do dossel e umidade) são os principais controladores da estrutura e abundância das comunidades epifíticas. Os remanescentes mostraram-se distintos na composição e abundância de espécies, ressaltando a necessidade de preservação de um maior número possível de fragmentos, independente de seu tamanho, para manutenção da diversidade de algas e cianobactérias epifíticas nos ambientes aerofíticos.

Palavras-chave: Algas aerofíticas. Cianobactérias aerofíticas. Distribuição ecológica. Floresta estacional semidecidual. Levantamento florístico.

ABSTRACT

Many studies on terrestrial algal communities regarding soil flora from arid environments in temperate regions. The algal and cyanobacterial diversity is still poorly known and in Brazil there are only some few works dealing with these organisms. The main objective of this work was to contribute with the taxonomic knowledge of the aerophytic epiphytic communities through the survey of the main components of these assemblages found in fragments of seasonal semideciduous forest in northwestern São Paulo State. In addition, this study also aimed to the assessment of richness and abundance of the organisms in the fragments, the comparison of the structure of the communities and the evaluation of the possible relationships among biotic parameters (richness, abundance and species diversity) and environmental characteristics (fragment size, canopy cover, humidity, pH and temperature) that determine geographical distribution. The survey was conducted in ten forest remnants (four with total area from 50 to 150ha and six with total area higher than 200ha). 30 trees (potential substratum for epiphytic growth) randomly found were analyzed in each fragment in three prefixed highs (50cm, 100cm and 150cm) for presence/absence and abundance (percentage cover) of algal growths. Data about temperature, relative air humidity and substrate (cork) pH were also collected. Besides the taxonomic survey, the areas were characterized and compared by their alpha and beta diversities, species distribution uniformity (evenness) and dominance, while the analysis of similarity was conducted by applying Jaccard and Bray-Curtis coefficients. The abundance distribution of the algae and cyanobacteria along the substrata was compared within a single fragment and considering the same high among all fragments by using Kruskal-Wallis non-parametric analysis of variance. Pearson's r correlation was applied to investigate the existence/absence of relationships among fragments characteristics and algal and cyanobacterial diversity and abundance. The taxonomic survey resulted in the recognizing of 27 species or infraspecific taxa pertaining to the Divisions Cyanobacteria (16), Chlorophyta (10) and Bacillariophyta (one). Among the organisms found, five are new records for Brazilian territory (*Lyngbya* cf. *truncicola*, *Stigonema hormoides* var. *constrictum*, *Desmococcus olivaceus*, *Printzina effusa* and *Trentepohlia* cf. *dusenii*) and other

six taxa (*Aphanothece* sp.1, *Aphanothece* sp.2, *Aphanothece* sp.3, *Aphanothece* sp.4, *Hapalosiphon* sp. and *Phormidium* sp.) are considered new morphospecies. Many species and genera found have been referred in surveys of aerophytic flora of different regions of the world revealing a considerable specificity of the organisms in such type of environment. The results point out that the diversity found is not related to the total fragment size but suggest that environmental characteristics (canopy cover and humidity) are the main controllers of the structure and abundance of the epiphytic communities. The remnescents were found to be distinct regarding their communities, reinforcing the necessity of the preservation of many fragments as possible, independently of their size, for maintenance of the epiphytic algal and cyanobacterial diversity in aerophytic environments.

Key-works: Aerophytic algae. Aerophytic cyanobacteria. Ecological distribution. Seasonal semidecidual forest. Taxonomic survey.

SUMÁRIO

	Página
1. ALGAS E CIANOBACTÉRIAS AEROFÍTICAS DE FRAGMENTOS DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NO NOROESTE PAULISTA	9
1.1. Introdução	10
1.2. Material e métodos	13
1.3. Referências bibliográficas	21
2. FLORA DE ALGAS E CIANOBACTÉRIAS AEROFÍTICAS DE FRAGMENTOS DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NO NOROESTE PAULISTA	26
2.1. Resumo	27
2.2. Introdução	28
2.3. Objetivos	30
2.4. Material e Métodos	30
2.5. Resultados	31
2.6. Discussão	72
2.7. Referências bibliográficas	75
3. DISTRIBUIÇÃO ECOLÓGICA DE ALGAS E CIANOBACTÉRIAS AEROFÍTICAS EM FRAGMENTOS DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NO NOROESTE PAULISTA.....	83
3.1. Resumo	84
3.2. Introdução	86
3.3. Objetivos	88
3.4. Material e Métodos	88
3.5. Resultados	90
3.6. Discussão	98
3.7. Referências bibliográficas	102

Capítulo 1

ALGAS E CIANOBACTÉRIAS AEROFÍTICAS DE FRAGMENTOS DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NO NOROESTE PAULISTA: INTRODUÇÃO E MÉTODOS GERAIS

1.1. Introdução

Embora as algas sejam geralmente conhecidas como organismos marinhos e de água doce, também ocupam uma grande variedade de ambientes terrestres (HOFFMANN, 1989).

Estes organismos que habitam o meio terrestre recebem diferentes denominações como crostas microbióticas (FLECHTNER et al., 1998; EVANS & JOHANSEN, 1999; JOHANSEN et al., 2001), crostas criptogâmicas (ASHLEY et al., 1985; LI et al., 2003), algas subaéreas (JOHANSEN et al., 1981; RINDI & GUIRY, 2003; LÓPEZ-BAUTISTA et al., 2006), algas aerofíticas (COUTÉ et al., 1999; NEUSTUPA, 2005) e algas terrestres (HOFFMANN, 1989; BROADY, 1996), entre outras. Muitos destes termos são utilizados como sinônimos, caracterizando organismos segundo seu habitat de ocorrência. O trabalho de Evans & Johansen (1999) traz um compilado destas classificações e pode ser consultado para maior detalhamento.

A maior parte dos habitats das algas e cianobactérias terrestres representa ambientes extremos, caracterizados pela aridez e/ou por altas/baixas temperaturas ou intensidades luminosas. Para suportar essas situações de estresse, esses organismos possuem adaptações morfológicas e fisiológicas e/ou ocupam microhabitats nos quais essas condições são menos severas. São encontradas em numerosos nichos, ocorrendo mais comumente na superfície do solo ou até há alguns centímetros de profundidade, mas podendo também viver em rochas e em cavernas, habitar campos cobertos com gelo e neve e desenvolver-se em animais e plantas (HOFFMANN, 1989). Os ambientes em que ocorrem são, portanto, muito diversificados e podem incluir até mesmo aqueles mais hostis, como desertos extremamente áridos, quentes ou frios, onde freqüentemente são os únicos organismos produtores e desempenham importante papel na dinâmica destes ecossistemas (ASHLEY et al., 1985; HOFFMANN, 1989; JOHANSEN et al., 2001).

De acordo com Hoffmann (1989), as algas e cianobactérias terrestres podem ser consideradas conforme o habitat em que ocorrem. Nesta classificação, são definidas como edáficas (que vivem no solo), litofílicas (que vivem sobre, sob ou dentro de rochas), cavernícolas (que vivem em cavernas), criobiontes (que

vivem na neve e gelo), epífitas (que vivem sobre vegetais, em especial, sobre plantas superiores) e epizóicas (que vivem sobre animais). Destes tipos, as edáficas, litofílicas e epífitas podem ser considerados elementos bastante comuns em ambientes tropicais.

A comunidade das algas e cianobactérias edáfica é uma microbiota bastante rica e diversificada vivendo juntamente com outros organismos, como líquens, musgos e fungos. Este tem sido o habitat melhor estudado dentre todos os terrestres e as investigações têm apontado que os fatores ambientais mais importantes na dinâmica das populações são luz, umidade, temperatura, nutrientes e pH (STARKS & SHUBERT, 1982; HOFFMANN, 1989).

Segundo Hoffmann (1989), as algas epilíticas geralmente colonizam superfícies nuas de rochas que ainda não foram colonizadas por líquens ou musgos. Este tipo de ambiente pode ser considerado severo, pois se caracteriza pela ampla variação de temperatura e irradiância e pelo estresse hídrico (BÜDEL, 1999). O mesmo autor afirma que superfícies rochosas expostas em diferentes continentes e sob diferentes condições climáticas são ocupadas por uma comunidade microbiana cosmopolita, bem adaptada e pouco diversificada, dominada por cianobactérias e cianolíquens. A maior parte das informações disponíveis para flora epilítica provém da Europa central, como os trabalhos de Diels (1914), Schorler (1914), Schade (1923), Ercegović (1925), Frémy (1925), Nováček (1934), Jaag (1945), Fjerdingstad (1965), Golubić (1967a), Anagnostidis et al. (1983) e Hoffmann (1986). Para outras regiões, estudos do mesmo habitat são menos representativos, com alguns trabalhos para a América do Sul (GOLUBIĆ 1967b; BÜDEL, 1999), América do Norte (JOHANSEN et al., 1983), África (FRÉMY, 1930; BEHRE, 1953; ZEHNDER, 1953; BÜDEL, 1999) e Ásia (FRITSCH, 1907).

O crescimento de algas em concretos e outras superfícies artificiais têm recebido grande atenção nas últimas décadas, devido aos seus efeitos de biodeterioração (LÓPEZ-BAUTISTA et al., 2007). Estudos nesse tipo de ambiente foram realizados tanto em regiões temperadas (ORTEGA-CALVO et al., 1991; GAYLARDE & GAYLARDE, 1999; RINDI et al., 2003; RINDI & GUIRY, 2003, 2004), quanto em ambientes tropicais (WEE & LEE, 1980).

As algas epizóicas são pouco abordadas na literatura. Alguns trabalhos realizados registram esses organismos crescendo em preguiças (WEBER VON BOSSE, 1887; THOMPSON, 1972; BOURRELY, 1954, 1962; WUJEK & TIMPANO, 1986) e alguns outros estudos pontuais revelam a presença do grupo em outros animais como aranhas (CRIBB, 1964), lagartos (GRADSTEIN & EQUIHUA, 1995), ursos polares (LEWIN & ROBINSON, 1979), lêmures (SANDERSON, 1957), pássaros (SCHLICHTING et al., 1978) e caracóis terrestres (LAGERHEIM, 1892).

As algas epífitas geralmente ocorrem nos caules (epiflóicas) ou folhas (epifílicas) de plantas superiores e a ocorrência dos diferentes organismos algais parece ser controlada mais por fatores físicos do que pela espécie da planta hospedeira (HOFFMANN, 1989). Segundo o mesmo autor, o habitat epifítico é geralmente mais árido do que o solo e está sujeito a um período de dessecação e, além disso, o total de precipitação anual é usualmente menor em árvores do que no solo.

Devido ao hábito primariamente aquático, parece quase paradoxal a existência de uma flora de algas terrestres relativamente luxuriante (PRESCOTT, 1984). Organismos pertencentes a vários grupos taxonômicos podem ser encontrados vivendo sobre a terra, troncos de árvores ou pedras, onde os mais comuns são as cianobactérias (algas azuis, cianoprocarotos), as clorofíceas, as diatomáceas e as xantofíceas (METTING, 1981; STARKS et al., 1981; PRESCOTT, 1984; EVANS & JOHANSEN, 1999; ZANCAN et al., 2006). Entretanto, a ocorrência quantitativa e qualitativa dos grupos nos diferentes ambientes está relacionada às condições locais (STARKS et al., 1981).

Várias linhagens de algas conquistaram sucessivamente o ambiente terrestre. Chlorophyta e Cyanobacteria obtiveram o maior sucesso na colonização, embora representantes de outros grupos (p. ex. Bacillariophyta) possam ser encontrados eventualmente (AKINSOJI, 1991; HOFFMANN, 1989; NAKANO et al., 1991; BÜDEL et al., 1997; LÓPEZ-BAUTISTA et al., 2007).

Os grupos de algas dominantes em cada ambiente dependem das condições locais, mas Chlorophyta, Cyanobacteria e Bacillariophyta têm sido apontados freqüentemente em levantamentos florísticos em habitats edáficos de diferentes localidades e com diferentes características físicas e químicas

(ASHLEY et al., 1985; JOHANSEN & RUSHFORTH, 1985; JOHANSEN & ST CLAIR, 1986; LUKEŠOVÁ, 2001; ZANCAN et al., 2006).

Estudos relativamente recentes têm apontado uma importante aplicação do conhecimento das algas e cianobactérias aerofíticas. Poikolainen et al. (1998) sugerem que o aumento da abundância de algas verdes epífitas na Finlândia tem sido devido ao leve aumento na temperatura média anual, à estabilidade de longo tempo na deposição de nitrogênio e à clara queda na quantidade de deposição de enxofre, indicando a potencialidade do uso destes organismos como indicadores ambientais.

Apesar de serem ecológica e economicamente importantes, as algas aerofíticas têm sido pouco estudadas comparadas com as algas continentais ou marinhas, e muitos aspectos de sua biologia são ainda pobremente entendidos (LÓPEZ-BAUTISTA et al., 2007).

1.2. Material e métodos

Este estudo foi conduzido em dez fragmentos florestais no noroeste do estado de São Paulo, onde há ocorrência de vegetação estacional semidecidual (SMA/FI, 2005) (Figura 1). As áreas foram classificadas como grandes (G1, G2, G3, G4, G5 e G9, maiores que 200ha) e pequenas (P1, P2, P3 e P4, entre 50 e 150ha).

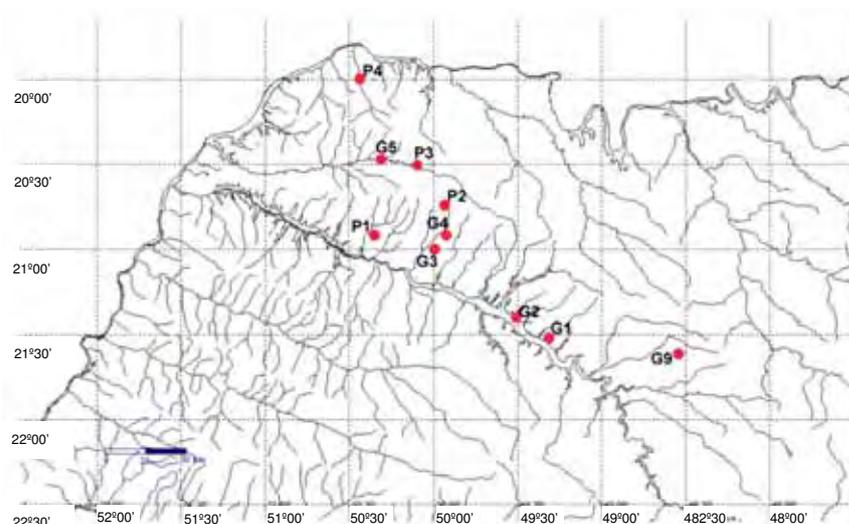
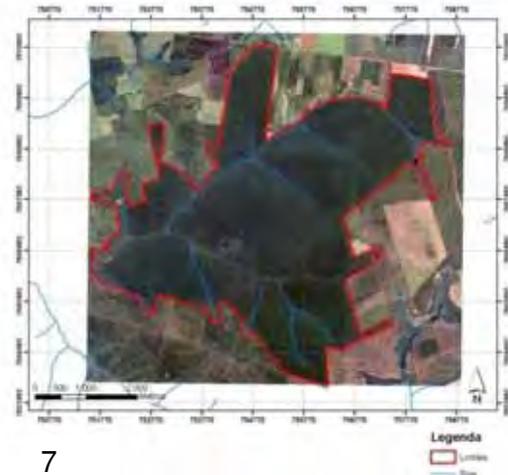
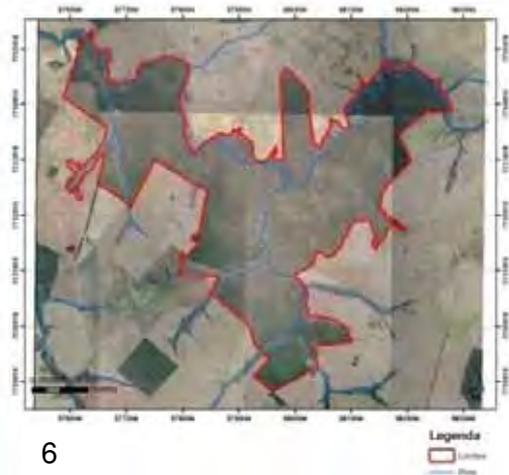
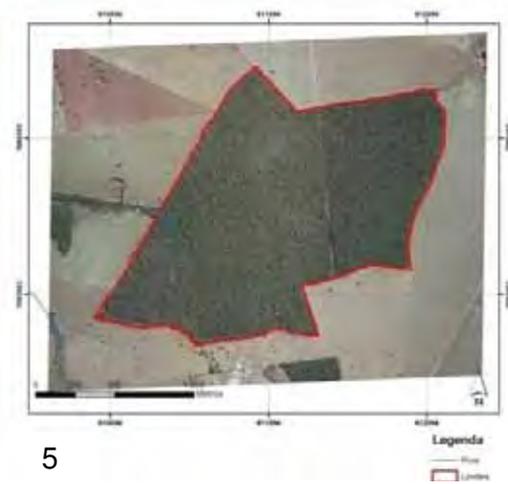
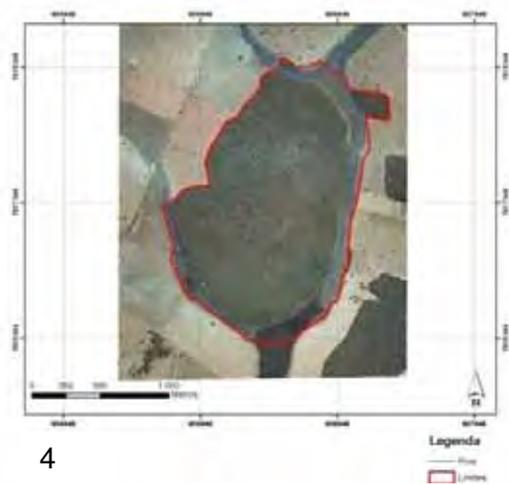


Figura 1. Mapa esquemático da região noroeste do estado de São Paulo com a localização dos dez fragmentos florestais estudados.

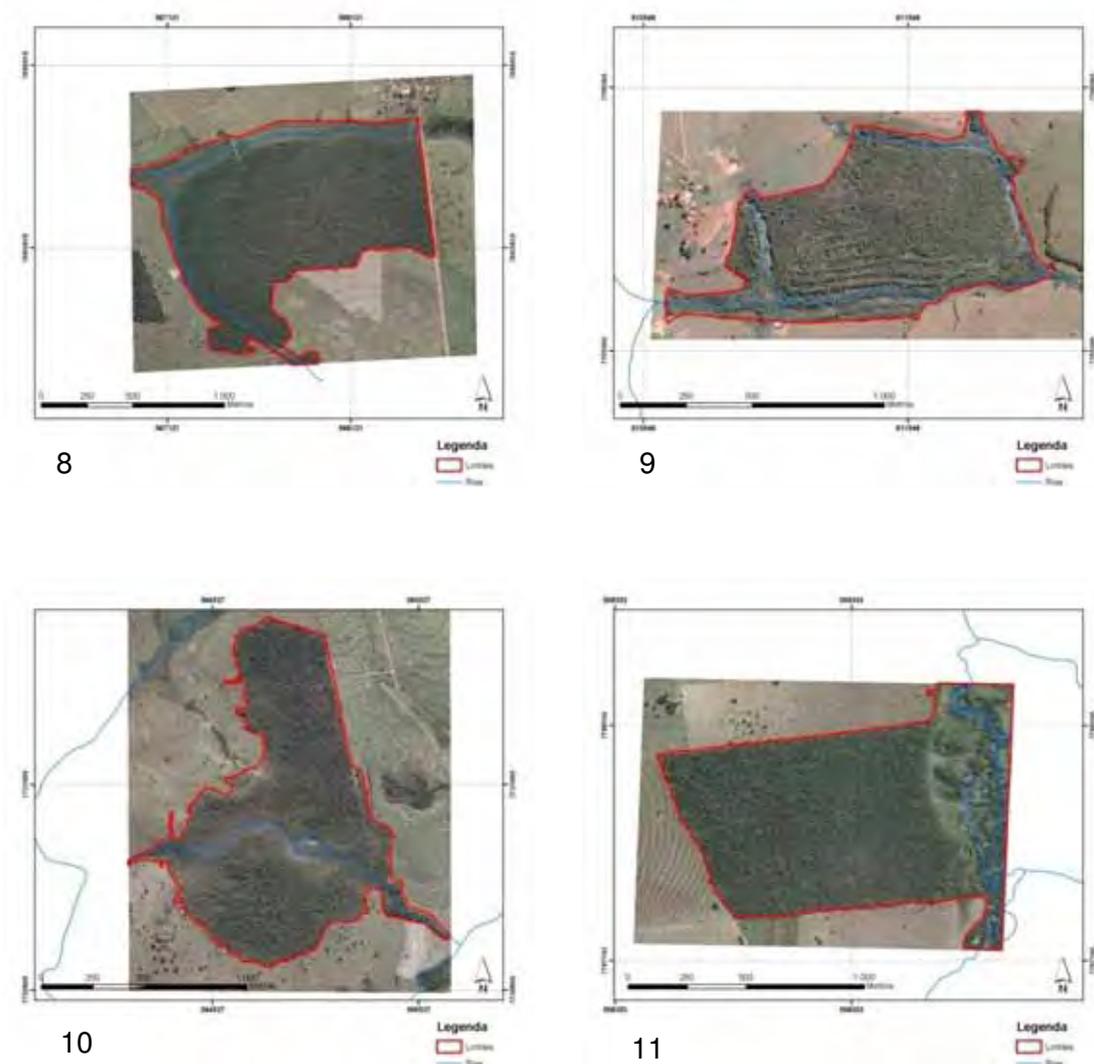
A partir de dados do projeto Biota “*Fauna e flora de fragmentos florestais remanescentes no noroeste paulista: base para estudos de conservação da biodiversidade*” foram obtidos, para todos os fragmentos estudados, informações sobre latitude, longitude, perímetro (m), área (ha), índice de forma, matriz adjacente (seringueira, laranja, café, cana-de-açúcar, pastagem, etc.) (Tabela 1), estágio de sucessão ecológica da vegetação (pioneiro, inicial, médio e avançado) (Tabela 2) e mapas (Figuras 2-11).

A característica “índice de forma” (IF, Tabela 1) foi calculada segundo a fórmula (PATTON, 1975, modificada por LAURANCE & YENSEN, 1991): $IF = P/200[(\pi \cdot AT)^{0,5}]$, onde P = perímetro do fragmento (em metros) e AT = área total (em hectares). Este índice descreve o desvio de cada fragmento em relação à forma circular (IF = 1,0), sendo que quanto mais recortadas as margens do fragmento, maiores serão os valores de IF. Esse índice pode ser aplicado para avaliar possíveis impactos ecológicos do efeito de borda em fragmentos de vegetação natural circundado por margens induzidas (artificiais).

As atividades de coleta de material biológico e dados foram realizadas uma vez em cada fragmento, sendo que todas as amostragens foram concentradas no período presumivelmente mais favorável ao desenvolvimento destes organismos, o período chuvoso, durante os meses de março (dias 14, 15, 28 e 29 nos fragmentos P1, P2, G2 e G1, respectivamente), abril (dia 11, 12, 23, 25 e 26 nos fragmentos G3, G4, P4, G5 e P3) e maio de 2007 (dia 03, no fragmento G9).



Figuras 2-7. Imagens aerofotográficas dos fragmentos estudados. fig. 2. Fragmento G1; fig. 3. Fragmento G2; fig. 4. Fragmento G3; fig. 5. Fragmento G4; fig. 6. Fragmento G5; fig. 7. Fragmento G9.



Figuras 8-11. Imagens aerofotográficas dos fragmentos estudados. fig. 8. Fragmento P1; fig. 9. Fragmento P2; fig. 10. Fragmento P3; fig. 11. Fragmento P4.

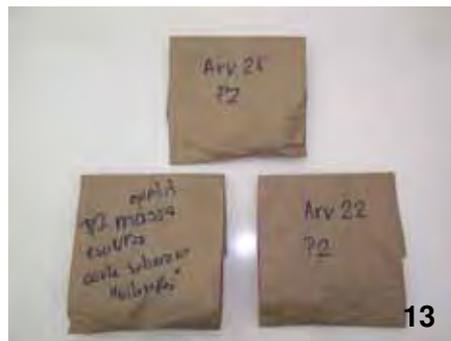
Teoricamente, em ambientes terrestres, as algas e cianobactérias podem se desenvolver sobre qualquer substrato disponível e adequado para o crescimento. Dados obtidos de amostragens preliminares em algumas das áreas de trabalho revelaram, entretanto, que a ocorrência dos organismos aerófitos estava limitada aos caules das árvores, sendo este, portanto, o habitat estudado. Não foram encontrados crescimentos algais sobre o solo, pois o desenvolvimento de tais organismos é bastante prejudicado no interior dos fragmentos devido, acredita-se, ao grande acúmulo de serrapilheira (folhas, galhos e outros restos orgânicos) encontrado nestes locais.

Para a coleta das comunidades de algas aerofíticas epifitas, foi utilizada a técnica do indivíduo mais próximo (MUELLER-DUMBOIS & ELLENBERG, 1974) com a finalidade de aleatorização na escolha do substrato de crescimento das algas no plano vertical (portanto, sobre os caules das árvores), a partir do qual as algas foram amostradas. A amostragem começou em uma árvore, com DAP (diâmetro à altura padrão) $\geq 5\text{cm}$, escolhida aleatoriamente no fragmento estudado. Ao longo do caule da árvore selecionada, os organismos aerofíticos foram procurados visualmente em três alturas pré-definidas (50cm, 100cm e 150cm do solo). Devido à ocorrência comum de crescimentos diferenciais em função da posição ao longo do perímetro do caule, foi necessário o sorteio da face do caule a ser amostrada, realizado a partir do lançamento de um dado (1 = norte, 2 = sul, 3 = leste, 3 = oeste; 5 e 6 foram desprezados). A face do caule onde a coleta foi realizada foi anotada.

A avaliação da abundância foi realizada através da porcentagem de cobertura (HOLMES & WHITTON, 1981) de cada organismo, a qual consiste em estimar, visualmente, a porcentagem da área total definida ocupada pelos crescimentos algais e de cianobactérias (exceto para as formas cocóides). Nas alturas e nas faces estabelecidas, colocou-se uma unidade amostral de 10cm de largura e de 12cm de comprimento (120cm^2), adaptável à forma do caule (confeccionado em EVA) (Figura 12), para a delimitação da área a ser amostrada sobre a superfície do caule.

Os crescimentos encontrados foram analisados qualitativamente e codificados segundo suas formas (morfotipos), sendo que a confirmação da identidade taxonômica foi realizada posteriormente em laboratório a partir de amostras coletadas.

As massas foram recolhidas com auxílio de espátula ou canivete e armazenadas em sacos de papel devidamente rotulados, identificando-se o local e a data da amostragem e a altura em que foram coletadas (Figura 13).



Figuras 12-13: fig.12. Unidade amostral para a coleta de algas aerofíticas; fig.13. Sacos de papel, onde os organismos foram armazenados.

Realizadas as avaliações nas três alturas pré-estabelecidas, uma outra árvore foi procurada utilizando-se uma tabela de números aleatórios, que definiu a quantidade de passos do deslocamento até o próximo local (limitados a 20), e um dado, cujo sorteio indicou a direção do deslocamento a ser seguida (1 = norte, 2 = sul, 3 = leste, 4 = oeste; 5 e 6 foram desprezados). Localizado o novo ponto, foi amostrada a árvore mais próxima com DAP ≥ 5 cm, seguindo-se o procedimento descrito anteriormente.

A procura de novos pontos e árvores repetiu-se até a avaliação de 30 árvores em cada fragmento florestal. O número de árvores escolhido foi arbitrário, mas reflete a ponderação entre exequibilidade do trabalho de campo e a confiabilidade deste universo amostral em análises estatísticas.

As amostras transportadas para o laboratório foram estudadas ainda frescas e hidratadas e depois separadas em duas frações, sendo uma secada em temperatura ambiente e a outra fixada em formaldeído 4%.

Tabela 1. Características dos fragmentos florestais onde as algas e cianobactérias aerofíticas foram coletadas. (IF = índice de forma).

Fragmento	Município	Latitude (S)	Longitude (W)	Perímetro (m)	Área (ha)	IF	Matriz
G1	Novo Horizonte	21°31'15"	49°17'41"	11.866,6	635,0	1,34	cana
G2	Sales	21°24'17"	49°30'01"	30.384,5	1.799,6	2,01	cana/pastagem
G3	Planalto	21°00'05"	49°58'26"	6.372,4	207,5	1,22	pastagem
G4	União Paulista	20°55'16"	49°55'34"	7.213,2	230,4	1,34	cana/pastagem
G5	São João de Iracema	20°28'25"	50°17'36"	41.367,0	1.656,2	2,87	cana/pastagem
G9	Matão	21°37'14"	48°32'14"	39.128,9	2.189,6	2,36	laranja/café
P1	Vicentinópolis	20°55'34"	50°20'55"	6.098,0	128,2	1,52	pastagem/cana
P2	Ida Iolanda	20°44'34"	49°55'45"	4.337,9	66,8	1,50	pastagem/cana
P3	Votuporanga	20°30'52"	50°05'12"	6.914,4	112,6	1,84	pastagem/cana
P4	Turmalina	20°00'13"	50°26'02"	5.111,0	108,3	1,39	pastagem

Tabela 2. Características da vegetação (área ocupada e respectivo percentual em relação à área total) dos fragmentos estudados. Códigos das variações da vegetação: CU – Campo Úmido; FESP – Floresta Estacional Semidecidual em Estágio Pioneiro de Sucessão; FESI – Floresta Estacional Semidecidual em Estágio Inicial de Sucessão; FESM – Floresta Estacional Semidecidual em Estágio Médio de Sucessão; FESA – Floresta Estacional Semidecidual em Estágio Avançado de Sucessão.

Fragmento	CU (ha)	CU (%)	FESP (ha)	FESP (%)	FESI (ha)	FESI (%)	FESM (ha)	FESM (%)	FESA (ha)	FESA (%)
G1	0,0	0,0	5,5	0,9	250,2	39,4	379,3	59,7	0,0	0,0
G2	0,8	0,0	103,6	5,8	744,5	41,4	950,6	52,8	0,0	0,0
G3	0,0	0,0	12,2	5,9	50,8	24,5	144,5	69,6	0,0	0,0
G4	0,0	0,0	0,0	0,0	60,3	26,2	170,1	73,8	0,0	0,0
G5	0,0	0,0	102,9	6,2	700,5	42,3	852,8	51,5	0,0	0,0
G9	3,4	0,2	30,5	1,4	111,7	5,1	21,2	1,0	2.022,8	92,4
P1	0,0	0,0	20,0	15,6	1,00	0,8	107,2	83,6	0,0	0,0
P2	0,0	0,0	5,0	7,5	61,8	92,5	0,0	0,0	0,0	0,0
P3	0,0	0,0	31,1	27,6	19,3	17,1	62,3	55,3	0,0	0,0
P4	0,0	0,0	15,7	14,5	21,9	20,2	70,7	65,3	0,0	0,0

1.3. Referências bibliográficas

- AKINSOJI, A. Studies on epiphytic flora of tropical rainforest in southwestern Nigeria. 2. bark microflora. **Vegetatio**, v. 92, p. 181-185, 1991.
- ANAGNOSTIDIS, K.; ECONOMOU-AMILLI, A.; ROUSSOMOUSTAKAKI, M. Epilithic and chasmolithic microflora (Cyanophyta, Bacillariophyta) from Marbles of the Parthenon (Acropolis-Athens, Greece). **Nova Hedwigia**, v. 38, p. 227-287, 1983.
- ASHLEY, J.; RUSHFORTH, S.R.; JOHANSEN, J.R. Soil algae of cryptogrammic from the Utah Basin, Utah, USA. **The Great Basin Naturalist**, v. 45, p. 432-442, 1985.
- BEHRE, K. Cyanophyceen Uberrieselter Felsen, Von Herrn Vaillant vornehmlich in Algerien gesammelt. **Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord**, v. 44, p. 209-227, 1953.
- BOURRELY, P.C. *Cyanoderma*, algues des poils de paresseux. **Revue Algologique N. S.**, v. 1, p. 122-123, 1954.
- BOURRELY, P.C. *Trichophylus*, algue verte des poils de paresseux. **Revista de Biologia**, v. 3, p. 201-204, 1962.
- BROADY, P.A. Diversity, distribution and dispersal of Antarctic terrestrial algae. **Biodiversity and Conservation**, v. 5, p. 1307-1335, 1996.
- BÜDEL, B. Ecology and diversity of rock-inhabiting cyanobacteria in tropical regions. **European Journal of Phycology**, v. 34, p. 361-370, 1999.
- BÜDEL, B.; BECKER, U.; POREMBSKI S.; BARTHLOTT W. Cyanobacteria and cyanobacterial lichens from inselbergs of the Ivory Coast. **Botanica Acta**, v. 110, p. 448-456, 1997.
- COUTÉ, A.; TELL, G.; THÉRÉZIEN, Y. Cyanophyceae (Cyanobacteria) aérophiles de Nouvelle-Calédonie. **Cryptogamie, Algologie**, v. 20, p. 301-344, 1999.
- CRIBB, A.B. Notes on *Trentepohlia* from Queensland including one growing on a spider. **University of Queensland Department of Biology Papers**, v. 4, p. 99-108, 1964.
- DIELS, L. Die Algen Vegetation der südtiroler Dolomitriffe. Ein Beitrag zur Ökologie der Lithophyten. **Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft**, v. 32, p. 502-526, 1914.
- ERCEGOVIĆ, A. Litofitska vegetacija vapnenaca i dolomita u Hrvatskoj. (La vegetation des lithophytes sur les calcaires et les Dolomites en Croatie). **Acta Instituti Botanici Universitatis Zagrebensis**, v. 1, p. 64-114, 1925.

EVANS, R.D.; JOHANSEN, J.R. Microbiotic crusts and ecosystem processes. **Critical Reviews and Plants Sciences**, v. 18, p. 183-225, 1999.

FJERDINGSTAD, E. The algal flora of some "Tintenstriche" in the Alpes-Maritimes (France), **Schweiz Z Hydrologie**, v. 27, p. 167-171, 1965.

FLECHTNER, V.R.; JEFFREY, J.R.; CLARK, W.H. Algal composition of the microbiotic crusts from the Central Desert of Baja California, Mexico. **The Great Basin Naturalist**, v. 58, p. 295-311, 1998.

FRÉMY, P. Essai sur l'écologie des algues saxicoles, aériennes et subaériennes, en Normandie. **Nuova Notarisia**, v. 36, p. 297-304, 1925.

FRÉMY, P. Les Myxophycées de l'Afrique équatoriale française. **Archives Botanique Mémoires**, v. 3, p. 1-508, 1930.

FRITSCH, F.E. A general consideration of the subaerial and freshwater algal flora of Ceylon. **Proceedings of Royal Society**, v. 79, p. 197 *et seq.*, 1907.

GAYLARD, P.M.; GAYLARD, C.C. Algae and cyanobacteria on painted buildings in Latin America. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 46, p. 93-97, 1999.

GOLUBIĆ, S. Algenvegetation der Felsen. In: ELSTER, H.J., OHLE, W. **Die Binnengewasser** 23. E. Schweizerbart'she Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 183p., 1967a.

GOLUBIĆ, S. Die algenvegetation an Sandsteinfelsen Ost-Venezuelas (Cumana). **Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie**, v. 52, p. 693-699, 1967b.

GRADSTEIN, S.; EQUIHUA, C. An epizoic bryophyte and algae growing on the lizard *Corythophanes cristatus* in Mexican rain forest. **Biotropica**, v. 27, p. 265-268, 1995.

HOFFMANN, L. Algues bleues aériennes et subaériennes du Grand-Duché de Luxembourg. **Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique.**, v. 56, p. 77-127, 1986.

HOFFMANN, L. Algae of terrestrial habitats. **The Botanical Review**, v. 55, p. 77-105, 1989.

HOLMES, N.T.H.; WHITTON, B.A. Phytobenthos of River Tees and its tributaries. **Freshwater Biology**, v. 11, p. 139-163, 1981.

JAAG, O. Untersuchungen über die Vegetation und Biologie der Algen des nackten Gesteins in den Alpen, im Jura und im schweizerischen Mittelland. **Beitr Kryptogamenfl Schweiz**, v. 9, p. 1-560, 1945.

JOHANSEN, J.R.; RUSHFORTH, S.R.; BROTHERTON, J.D. Subaerial algae of Navajo National Monument, Arizona. **The Great Basin Naturalist**, v. 41, p. 433-439, 1981.

JOHANSEN, J.R.; RUSHFORTH, S.R. Cryptogammic soil crusts: variation in algal populations in the Tintic Mountains, Juab Country, Utah. **The Great Basin Naturalist**, v. 45, p. 14-21, 1985.

JOHANSEN, J.R.; ST CLAIR, L.L. Cryptogammic soil crusts: recovery from Grazing near Camp Floyd State Park, Utah, USA. **The Great Basin Naturalist**, v. 46, p. 632-640, 1986.

JOHANSEN, J.R.; RUSHFORTH, S.R.; ORBENDORFER, R.; FUNGLADDA, N.; GRIMES, J.A. The flora of selected wet walls in Zion National Park, Utah, USA. **Nova Hedwigia**, v. 38, p. 765-808, 1983.

JOHANSEN, J.R.; BRITTON, C.; ROSATI, T.C.; XUESONG, L.; SAINT CLAIR, L.L.; WEBB, B.L.; KENNEDY, A.J.; YANKO, K.S. Microbiotic crusts of the Mojave Desert: factors influencing distribution and abundance. **Nova Hedwigia**, v. 123, p. 341-371, 2001.

LANGERHEIM, G. *Trichophilus neniae* Lagerh. n. sp., eine neue epizoische Alga. **Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft**, v. 10, p. 514-517, 1892.

LAURANCE, W.F.; YENSEN, E. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. **Biological Conservation**, v. 55, p. 77-92, 1991.

LEWIN, R.A.; ROBINSON, P.T. The greening of the polar bears in zoos. **Nature**, v. 278, p. 445-447, 1979.

LI, X.R.; ZHOU, H.Y.; WANG, X.P.; ZHU, Y.G.; O'CONNOR, P.J. The effects of sand stabilization and revegetation on crypto species diversity and soil fertility in the Tengger desert, northern China. **Plant and Soil**, v. 251, p. 237-245, 2003.

LÓPEZ-BAUTISTA, J.M.; RINDI, F.; CASAMATA, A.D. The systematics of subaerial algae. In: SECHBACH, J. **Cell origin, Life in Extreme habitats and Asrobiology. Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments**. Netherlands: Springer, v. 11, cap. 6, p. 601-617, 2007.

LÓPEZ-BAUTISTA, J.M.; RINDI, F.; GUIRY, M.D. Molecular systematics of the subaerial green algal order Trentepohliales: an assessment based on morphological and molecular data. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 56, p. 1709-1715, 2006.

LUKEŠOVÁ, A. Soil algae in brown coal and lignite post-mining areas in Central Europe (Czech Republic and Germany). **Restoration Ecology**, v. 9, p. 341-350, 2001.

METTING, B. The systematics and ecology of soil algae. **The Botanical Review**, v. 47, p. 195-312, 1981.

MUELLER-DUMBOIS, D.; ELLEMBERG, E. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons Ltd., 1974. 547 p.

NAKANO, T.; HANDA, S.; TAKESHITA, S. Some corticolous algae from the Taishaku-Kyo Gorge, Western Japan. **Nova Hedwigia**, 52, p. 427-451, 1991.

NEUSPTUPA, J. Investigations of genus *Phycopeltis* (Trentepohliaceae, Chlorophyta) from South-East Asia, including the description of two new species. **Cryptogamie, Algologie**, v. 26, p. 229-242, 2005.

NOVÁČEK, F. Epilithické sinice serpentinu Mohelenských. **Archiv Svazu pro Ochranu Přírody a Domoviny v Zemi Moravskoslezské**, v. 3, p. 1-178, 1934.

ORTEGA-CALVO, J.J.; HERNANDEZ-MARINE, M.; SAIZ-JIMENEZ, C. Biodeterioration of building material by cyanobacteria and algae. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 28, p. 165-185, 1991.

PATTON, D.R. A diversity index for quantifying habitat "edge". **Wildlife Society Bulletin**, v. 3, p. 171-173, 1975.

POIKOLAINEN, J.; LIPPO, H.; HONGISTO, M.; KUBIN, E.; MIKKOLA, K.; LINDGREN, M. On the abundance of epiphytic green algae in relation to the nitrogen concentrations of biomonitors and nitrogen deposition in Finland. **Environmental Pollution**, v. 102, p. 85-92, 1998.

PRESCOTT, G.W. **The algae: a review**. Koenigstein: Otto Koeltz Science, 1984. 436 p.

RINDI, F.; GUIRY, M.D. Composition and distribution of subaerial algal assemblages in Galway City, western Ireland. **Cryptogamie, Algologie**, v. 24, p. 245-267, 2003.

RINDI, F.; GUIRY, M.D. Composition and spatial variability of terrestrial algal assemblages occurring at the bases of urban walls in Europe. **Phycologia**, v. 43, p. 225-235, 2004.

RINDI, F.; GUIRY, M.D.; CRITCHLEY, A.; AR GALL, E. The distribution of some species of Trentepohliaceae (Trentepohliales, Chlorophyta) in France. **Cryptogamie, Algologie**, v. 24, p. 133-144, 2003.

SANDERSON, I.T. **The monkey kingdom: Introduction to the primates**. Chilton Books, Philadelphia, 200p., 1957.

SCHADE, A. Die Kryptogamischen Pflanzengesellschaften an den Felswänden der Sächsischen Schweiz. **Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft**, v. 41, p. 49-59, 1923.

SCHLICHTING, H.E.JR.; SPEZIALE, B.J.; ZINK, R.M. Dispersal of algae and protozoa by antarctic flying birds. **Antarctic Journal of the United States**, v. 13, p. 147-149, 1978.

SCHOLER, B. Die Algenvegetation an den Felswänden des Elbsandsteingebirges. **Abh. Naturw. Ges. "Isis" Dresden**, v. 1, p. 3-27, 1914.

SMA/IF (Secretaria do Meio Ambiente / Instituto Florestal). **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo. Imprensa Oficial do Estado de São Paulo.** São Paulo, 2005. 200 p.

STARKS, L.T.; SHUBERT, L.E.; TRAINOR, F.R. Ecology of soil algae: a review. **Phycology**, v. 20, p. 65-80, 1981.

STARKS, L.T.; SHUBERT, L.E. Colonization and succession of algae and soil-algal interactions associated with disturbed areas. **Journal of Phycology**, v. 18, p. 99-107, 1982.

THOMPSON, R.H. Algae from the hair of the sloth *Bradypus*. **Journal of Phycology**, v. 8, p. 8, 1972.

WEBER VAN BOSSE, A. Étude sur les algues parasites des paresseux. **Natuurkundige Verhandelingen van de Hollandsche maatschappij der Wetenschappen te Haarlem**, v. 5, p. 1-24, 1887.

WEE, Y.C.; LEE, K.B. Proliferation of algae on surfaces of buildings in Singapore. **International Biodeterioration Bulletin**, v. 16, p. 113-117, 1980.

WUJEK, D.E.; TIMPANO, P. *Rufusia* (Porphyridales, Phragmonemataceae), a new red alga from sloth hair. **Brenesia**, v. 25/26, p. 163-168, 1986.

ZANCAN, S.; TREVEVISAN, R.; PAOLLETTI, M.G. Soil algae composition under different agro-ecosystems in northeastern Italy. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 112, p. 1-12, 2006.

ZEHNDER, A. Beitrag zur Kenntnis Von Mikroklima und algenvegetation des nackten Gesteins in den Tropen. **Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft**, v. 63, p. 5-26, 1953.

Capítulo 2

FLORA DE ALGAS E CIANOBACTÉRIAS AEROFÍTICAS DE FRAGMENTOS DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NO NOROESTE PAULISTA

2.1. Resumo

Estudos taxonômicos de comunidades de algas aerofíticas não são raros na literatura especializada. Muitos trabalhos foram realizados abordando, principalmente, a flora de solos de ambientes áridos de regiões temperadas, mas incluindo também contribuições significativas de trabalhos florísticos realizados no leste europeu e norte africano. Informações sobre a flora de algas epífitas, comumente encontrada em troncos e folhas de plantas superiores, referem-se principalmente à Europa, sendo o conhecimento em território brasileiro muito limitado. O objetivo central deste trabalho foi realizar o levantamento florístico dos principais componentes das comunidades de algas e cianobactérias corticícolas de ambiente terrestre de fragmentos de floresta estacional semidecidual no noroeste do estado de São Paulo, contribuindo assim, com o conhecimento desses organismos para o Brasil. O levantamento foi realizado em dez fragmentos florestais (quatro com área entre 50 e 150ha e seis com área maior que 200ha). Foram encontradas 27 morfoespécies pertencentes às Divisões Cyanobacteria (16), Chlorophyta (10) e Bacillariophyta (uma). Dentre os organismos encontrados, cinco constituem novos registros de ocorrência para o território brasileiro (*Lyngbya* cf. *truncicola*, *Stigonema hormoides* var. *constrictum*, *Desmococcus olivaceus*, *Printzina effusa* e *Trentepohlia* cf. *dusenii*) e outros seis táxons (*Aphanothece* sp.1, *Aphanothece* sp.2, *Aphanothece* sp.3, *Aphanothece* sp.4, *Hapalosiphon* sp. e *Phormidium* sp.) são consideradas novas morfoespécies. Alguns táxons revelaram-se problemáticos do ponto de vista taxonômico, como é o caso de *Phormidium* cf. *corium*, com ocorrência registrada em habitats muito distintos (ambientes aerofíticos, dulciaquícolas, marinhos e salobros), provavelmente representando um complexo de espécies distintas e demandando estudos revisionais. *Trentepohlia* cf. *dusenii* também provavelmente representa uma espécie de identificação complicada, pois há poucos registros, descrições e ilustrações na literatura, o que dificulta a confirmação da identificação precisa do táxon. Muitas das espécies e gêneros encontrados neste trabalho têm sido referidas em levantamentos da ficoflora aerofítica em diversas regiões mundiais, revelando especificidade considerável dos organismos neste tipo de ambiente. Esses organismos exibem uma série de adaptações, que podem ser explicadas pelas condições ambientais severas encontradas no habitat terrestre.

2.2. Introdução

Estudos taxonômicos de comunidades de algas aerofíticas não são raros na literatura especializada e abordam principalmente a flora de solos de ambientes áridos de regiões temperadas, mas incluem também contribuições importantes de levantamentos florísticos realizados no leste europeu e norte africano. Entretanto, muitos destes estudos não trazem informações pormenorizadas ou, até mesmo, apresentam dados equivocados considerando-se a metodologia e os critérios taxonômicos utilizados pelos autores, o que limita as interpretações e o entendimento de tais comunidades (EVANS & JOHANSEN, 1999).

As algas aerofíticas produzem abundantes crescimentos em uma variedade de superfícies, incluindo rochas naturais, paredes urbanas, metais, troncos e folhas de árvores e pêlos de animais (LÓPEZ-BAUTISTA et al., 2007).

Informações sobre a flora de algas e cianobactérias epífitas, comumente encontrada em troncos e folhas de plantas superiores, referem-se principalmente à Europa (p. ex., VISCHER, 1960; SCHLICHTING, 1975, CAMBRA & HERNÁNDEZ-MARINÉ, 1989), com alguns estudos também para outras regiões como África (FRÉMY, 1930; MARCHE-MACHAD, 1980, 1981), Ásia (FRITSCH, 1907; ISLAM, 1960; HANDA & NAKANO, 1988; NAKANO et al., 1991; NEUSTUPA & ŠEJNOHOVÁ, 2003; NEUSTUPA, 2004), Antártica (HICKMAN & VITT, 1973), América do Norte (BRUNEL, 1959; COX & HIGHTOWER, 1972; LEBLANC, 1963; WYLIE & SCHLICHTING, 1973) e América do Sul (AKIYAMA, 1971; FOERSTER, 1971; KUFFERATH, 1929; SCHMIDLE, 1897).

Chlorophyta e Cyanobacteria são organismos recorrentemente encontrados nesse ambiente. Considerando-se as Chlorophyta, organismos da ordem Trentepohliales são os principais representantes da flora aerofítica epífita mundial (FRITSCH, 1907; ISLAM, 1960; AKIYAMA, 1971).

Entre os fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento algas epífitas, o grau de sombreamento e a umidade são considerados os mais importantes, sendo a temperatura um fator de importância secundária para esses organismos (FRITSCH, 1907; ISLAM, 1960).

O conhecimento taxonômico a respeito das algas aerofíticas no Brasil é muito limitado, sendo raros os trabalhos que trazem informações sobre organismos

epifíticos. A maior parte dos estudos concentra-se em organismos que vivem no solo, que, entretanto ainda são poucos quando comparados com a literatura relativa a algas aquáticas. O trabalho de Lyra (1972) é a única publicação encontrada que aborda a comunidade de algas terrestres do território brasileiro e refere-se às algas encontradas em solos do agreste de Pernambuco.

Os demais artigos sobre o assunto abordam apenas um dado grupo (ou mesmo um gênero) de algas e a divisão Cyanobacteria é a mais enfocada nos trabalhos levantados. As contribuições de Oliveira (1976) e de Oliveira et al. (1980) enfocam, principalmente, as cianobactérias de ambientes terrestres de regiões dos estados do Rio de Janeiro e São Paulo. Sant'Anna (1984) investigou a flora de cianofíceas associadas a briófitas no município de Campina Verde (MG), encontrando 23 espécies de cinco diferentes famílias. Azevedo (1991) estudou, através de trabalho que incluiu técnicas de cultivo, a flora de cianoprocariotos edáficos do Jardim Botânico de São Paulo e encontrou 24 táxons específicos distribuídos em nove famílias e descrevendo uma nova espécie de *Lyngbyopsis*. A flora de cianoprocariotos aerofíticos da Gruta-que-chora, na praia da Sununga, em Ubatuba (SP) foi estudada por Sant'Anna et al. (1991b), resultando na identificação de 41 táxons específicos de 11 famílias, dentre os quais, duas novas espécies de *Calothrix*, e por Sant'anna et al. (1991a), que descreveram uma nova espécie de *Gloeothece* da mesma localidade. Bicudo & Santos (2001) realizaram o levantamento florístico das Trentepohliales no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (SP) e observaram que o gênero *Trentepohlia* foi representado por quatro espécies e o gênero *Physolinum*, por uma única espécie. Büdel et al. (2002) realizaram um estudo com as cianobactérias de *inselbergs* na floresta atlântica no leste do Brasil, no qual foram registradas 16 espécies do grupo. Recentemente, alguns estudos com cianobactérias aerofíticas foram realizados no estado de São Paulo, onde novas morfoespécies foram descritas, sendo estes três novas morfoespécies de *Symplocastrum*, um novo táxon de *Cyanoarbor* e três novas morfoespécies de *Nostoc*, descritos por Branco et al. (2006a, b) e por Sant'Anna et al. (2007), respectivamente.

2.3. Objetivos

Considerando-se o pouco conhecimento acumulado sobre estes importantes organismos em território nacional, o objetivo deste trabalho foi realizar o levantamento florístico dos principais componentes das comunidades de algas e cianobactérias epiflóicas de ambiente terrestre de fragmentos de floresta estacional semidecidual no noroeste do estado de São Paulo.

2.4. Material e métodos

O procedimento de coleta do presente trabalho foi realizado como descrito no Capítulo 1. O material biológico foi levado ao laboratório, onde as massas foram analisadas sob microscópio estereoscópico e sob microscópio de luz acoplado a um sistema de captura de imagens. O estudo dos organismos coletados foi conduzido segundo as técnicas usuais de identificação dos diferentes grupos encontrados e utilizando-se literatura específica para cada grupo algal. O sistema de classificação adotado para as cianobactérias foi baseado em Hoffmann et al. (2005) e as algas verdes e diatomáceas seguiram a classificação de Graham & Wilcox (2000).

Para cada população/espécie encontrada, foram realizadas pelo menos 20 observações de cada característica de interesse taxonômico, quali ou quantitativa, variáveis de acordo com os critérios particulares para cada grupo.

Para maior compreensão das diferenças entre os organismos encontrados, foram elaboradas chaves dicotômicas de identificação para táxons do mesmo gênero.

Os táxons inventariados foram descritos e fotografados segundo o padrão adotado para cada um dos grupos. Nas descrições das espécies foram utilizadas as seguintes abreviações: diam. (diâmetro), compr. (comprimento) e RC/L (relação comprimento/largura celular). Informações sobre a distribuição dos táxons nos fragmentos encontrados também foram incluídas.

Os dados produzidos nesse estudo integrarão os resultados do projeto BIOTA – *Fauna e flora de fragmentos florestais do noroeste paulista: base para estudos da conservação da biodiversidade*, o qual pretende caracterizar as comunidades biológicas dos fragmentos estudados.

2.5. Resultados

Nas áreas estudadas, foram encontrados organismos pertencentes às divisões Cyanobacteria, Chlorophyta e Bacillariophyta (Tabela 1).

Cyanobacteria foi representada pelas ordens Chroococales (quatro espécies) Oscillatoriales (quatro espécies) e Nostocales (oito espécies). Entre as Chlorophyta, foram encontrados organismos das ordens Trentepohliales (sete espécies), Klebsormidiales (uma espécie), Chaetophorales (uma espécie) e uma alga não identificada. Da divisão Bacillariophyta, uma espécie pertencente à ordem Centrales foi encontrada.

CYANOBACTERIA

Ordem Chroococales

Chave de identificação para espécies de *Aphanothece* encontradas:

1. Células acima 6,0µm diam. *Aphanothece* sp.1
1. Células até 6,0µm diam 2
 2. Células até 3,2µm diam. *Aphanothece* sp.2
 2. Células maiores 3,2µm diam. 3
3. Células densamente agregadas no centro da colônia, verde-azuladas, margem colonial ampla, mucilagem colonial castanho pálido..... *Aphanothece* sp.3
3. Células próximas umas às outras, mas distribuídas por toda a colônia, comumente violetas, margem colonial estreita, mucilagem colonial hialina, raramente avermelhada..... *Aphanothece* sp.4

Aphanothece sp.1

(Figs. 1-3)

Colônias microscópicas, esféricas, células aglomeradas distribuídas por toda colônia; bainha da colônia hialina, com margem delimitada; células cilíndricas, verdes a acinzentadas, 7,2-8,8(-10, 8)µm compr., (5,6-)6,4-7,2(-8,0)µm diam., RC/L (1,1-)1,25 a 1,37(-1,5) vez mais longas que largas; conteúdo celular granuloso; algumas células com bainha individual, avermelhada, assimétrica, granulosa.

Ocorrência: P3.

Comentários: *Aphanothece* sp.1 apresenta características morfológicas distintas de todas as espécies do gênero encontradas na literatura. Esse táxon assemelha-se metricamente com de *Aphanothece pallida* (Kützing) Rabenhorst (Tabela 2), entretanto o último possui as células na margem da colônia com bainhas individuais lameladas concentricamente, enquanto em *Aphanothece* sp.1 a bainha individual, quando presente em algumas células, é assimétrica e granulosa (características não encontradas em nenhuma outra espécie do gênero). Outra incompatibilidade morfológica entre os dois táxons é a presença de bainha esverdeada a castanha em *A. pallida* e incolor em *Aphanothece* sp.1. Além disso, o ambiente de ocorrência dos dois táxons é distinto, já que *A. pallida* é típica de solos e parede úmidas e *Aphanothece* sp.1 foi encontrada em troncos de árvores. *Aphanothece* sp.1 também apresentou características métricas e morfológicas distintas das outras espécies do mesmo gênero encontradas nesse trabalho (Tabela 6). Esse organismos também compartilha algumas características com o gênero *Asterocapsa*, principalmente bainhas individuais coloridas e granulares em algumas células, porém *Asterocapsa* mostra apresenta-se como células separadas ou em pequenos grupos e com bainha colonial com projeções de diferentes comprimentos.

A presença desse conjunto de características em *Aphanothece* sp.1, especialmente as características morfológicas e métricas, revela esse táxon como uma nova morfoespécie para o grupo.

Tabela 2. Comparação de características morfométricas e ecológicas de *Aphanothece pallida* e *Aphanothece* sp.1 (segundo KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS, 1998).

	<i>A. pallida</i>	<i>Aphanothece</i> sp.1
Bainha	fina, difluente, esverdeada, verde-azulada ou marrom quando mais velha.	hialina, com margem delimitada
Diam. célula	(3,2-)5,0-8,0 μ m	(5,6-)6,4 -7,2(-8,0) μ m
Compr. célula	(5,6-)7,5-10,5(-16,0) μ m	7,2- 8,8(-10, 8) μ m
Bainha individual	concentricamente lamelada, castanha	assimétrica, granulosa, avermelhada
Ecologia	edáfica - cosmopolita	epífita - Brasil

Aphanothece sp.2

(Figs. 4-6)

Colônias microscópicas, esféricas ou cilíndricas, células aglomeradas distribuídas por toda colônia; bainha da colônia hialina, margem delimitada; células cilíndricas, verdes ou castanhas, 3,2-4,8 μ m compr., (1,6-)2,4-3,2 μ m diam., RC/L (1,1-)1,25 a 1,67(-2,0) vez mais longas que largas; conteúdo celular homogêneo.

Ocorrência: P3.

Comentários: Os organismos encontrado apresentam características morfométricas não encontradas em nenhum táxon descrito para o gênero *Aphanothece*. A espécie mais semelhante à encontrada é *Aphanothece saxicola* Nägeli, pois possuem medidas de comprimento celular próximas (Tabela 3). Entretanto, *A. saxicola* possui o diâmetro celular menor (1,0-2,3 μ m), além de características morfológicas distintas, como colônias macroscópicas e amorfas e células na margem da colônia com envelopes individuais (KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS, 1998). *Aphanothece* sp.2 distingui-se de *Aphanothece* sp.1 (descrita anteriormente), pois, apesar de serem

encontradas no mesmo fragmento, possui medidas menores, células mais adensadas e não apresenta bainha individual (Tabela 6).

Devido à ausência de correspondência das características morfológicas observadas em *Aphanothece* sp.2 com os outros táxons do gênero encontrados na literatura, essa população pode ser considerado uma nova morfoespécie de cianobactéria.

Tabela 3. Comparação de características morfométricas e ecológicas de *Aphanothece saxicola* e *Aphanothece* sp.2 (segundo KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS, 1998).

	<i>A. saxicola</i>	<i>Aphanothece</i> sp.2
Colônias	macroscópicas, amorfas	microscópicas, esféricas ou ovais
Bainha	incolor ou castanha	hialina, com margem delimitada
Diam. célula	1,0-2,3µm	(1,6-)2,4-3,2µm
Compr. célula	(1,5-)2,4-4,5(-6,0?)µm	3,2-4,8µm
Bainha individual	distinta, incolor	ausente
Ecologia	aerofítica – regiões temperadas	aerofítica (epífita) - Brasil

Aphanothece sp.3

(Figs. 7-9)

Colônias microscópicas, esféricas, células densamente aglomeradas no centro da colônia; bainha da colônia castanho-pálido, margem delimitada, ampla; células cilíndricas, verde-azuladas, 4,0-7,0µm compr., 4,0-5,0µm diam., RC/L 1,0 a 1,75 vez mais longas que largas; conteúdo celular homogêneo.

Ocorrência: G2, G5, P1 e P2.

Comentários: *Aphanothece* sp.3 não apresenta semelhanças morfométricas com nenhuma espécie do gênero, sendo *Aphanothece pallida* e *A. variabilis* os táxons que mais se aproximam do organismo encontrado (Tabela 4).

Komárek & Anagnostidis (1998) descrevem *A. pallida* (Kützing) Rabenhorst para ambientes aerofíticos, ocorrendo em solos e paredes úmidas, com ampla distribuição geográfica, entretanto apresenta células mais longas ((5,6-)7,5-10,5(-16) μm), além de apresentar células com bainhas individuais na margem da colônia e células arranjadas densamente próximo à margem da colônia, ao contrário de *Aphanothece* sp.3.

Segundo Komárek & Anagnostidis (1998), *A. variabilis* (Schiller) Komárek apresenta células densamente aglomeradas, assim como *Aphanothece* sp.3, porém com medidas de comprimento celular (4,2-10,0 μm) e habitat (pântanos, reservatórios de água) distintos.

Considerando o conjunto de características, tanto ambientais quanto morfométricas, o táxon encontrado nesse trabalho representa uma nova morfoespécie de cianobactéria.

Tabela 4. Características morfométricas e ecológicas de *Aphanothece pallida*, *A. variabilis* e *Aphanothece* sp.3 (segundo KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS, 1998).

	<i>A. pallida</i>	<i>A. variabilis</i>	<i>Aphanothece</i> sp.3
Bainha	fina, difluente, esverdeada, verde-azulada ou marrom quando mais velha.	hialina, com a margem delimitada	castanho-pálido, com margem delimitada e ampla
Diam. célula	(3,2-)5,0-8,0 μm	2,5-7,0 μm	4,0-5,0 μm
Compr. célula	(5,6-)7,5-10,5(-16,0) μm	4,2-10,0 μm	4,0-7,0 μm
Ecologia	aerofítica - cosmopolita	áreas alagadas - pantropical	aerofítica (epífita) - Brasil

Aphanothece sp.4

(Figs. 10-12)

Colônias microscópicas, esféricas a cilíndricas, células aglomeradas distribuídas por toda colônia; bainha da colônia hialina, raramente avermelhada, margem delimitada; células cilíndricas, verdes a violetas, (4,8-)5,6-7,2(-8,0) μ m compr., (3,2-) 4,0-4,8(-6,0) μ m diam., RC/L 1,2 a 1,6 vez mais longas que largas; conteúdo celular homogêneo.

Ocorrência: P3.

Comentários: *Aphanothece* sp.4 apresenta-se morfológicamente distinta dos táxons descritos para o gênero na literatura. Suas características métricas são próximas de *Aphanothece castagnei* (Brébisson) Rabenhorst (Tabela 5), porém as duas espécies não compartilham as principais características morfológicas. Segundo Komarék & Anagnostidis (1998), *A. castagnei* possui colônias macroscópicas, irregularmente esféricas a amorfas e células na margem da colônia com envelope individual lamelado e castanho, as quais são distintas de *Aphanthece* sp.4.

Pela falta de correspondência das características morfológicas de *Aphanothece* sp.4 com as outras morfoespécies encontradas nesse estudo (tabela 6) e com as espécies descritas para o gênero, conclui-se que esse organismo constitui uma nova morfoespécie para o grupo.

Tabela 5. Comparação de características morfométricas e ecológicas de *Aphanothece castagnei* e *Aphanothece* sp.4 (segundo KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS, 1998).

	<i>A. castagnei</i>	<i>Aphanothece</i> sp.4
Colônias	macroscópicas, esféricas a amorfas	microscópicas, esféricas ou ovais
Bainha	incolor ou castanha	hialina a avermelhada, com margem delimitada
Diam. célula	(2,0-)3,0-4,8(-5,5) μ m	(3,2-) 4,0-4,8(-6,0) μ m
Compr. célula	(3,8-)4,0-8,0 μ m	(4,8-)5,6-7,2(-8,0) μ m
Bainha individual	lamelada e castanha	ausente
Ecologia	aerofítica – regiões temperadas	aerofítica (epífita) - Brasil

Muitas das espécies de *Aphanothece* descritas nesse estudo foram encontradas no mesmo fragmento florestal, entretanto esses organismos apresentam descontinuidade das características métricas e morfológicas (Tabela 6), e, portanto são referidas como morfoespécies diferentes e novas para a literatura.

Tabela 6. Comparação das características morfométricas das espécies de *Aphanothece* encontradas.

	<i>Aphanothece</i> sp.1	<i>Aphanothece</i> sp.2	<i>Aphanothece</i> sp.3	<i>Aphanothece</i> sp.4
Colônias	esféricas	esféricas ou cilíndricas	esféricas	esféricas ou cilíndricas
Bainha	hialina, com margem delimitada	hialina, com margem delimitada	hialina a castanha, com margem delimitada e ampla	hialina a avermelhada, com margem delimitada
Cor da célula	verdes a acinzentadas	verdes ou castanhas	verde-azuladas	verdes a violetas
Diam. célula	(5,6-)6,4 -7,2(-8,0) μm	(1,6-)2,4-3,2 μm	4,0-5,0 μm	(3,2-) 4,0-4,8(-6,0) μm
Compr. célula	7,2- 8,8(-10,8) μm	3,2-4,8 μm	4,0-7,0 μm	(4,8-)5,6-7,2(-8,0) μm
RC/L	(1,1-)1,25 a 1,37(-1,5)	(1,1-)1,25 a 1,67(-2,0)	1,0 a 1,75	1,2 a 1,6
Bainha individual	assimétrica, granulosa, avermelhada	ausente	ausente	ausente

Ordem Oscillatoriales

Lyngbya cf. *truncicola* Ghose, J. Linn. Soc., Bot. 46: 339, 1924.

(Figs. 13-15)

Filamentos emaranhados, retos, verde-azulados, 10,0-12,0 μ m diam.; bainha delgada, hialina, homogênea; tricomas não constrictos, 8,0-10,0 μ m diam.; células discóides, 1,5-2,0 μ m compr., RC/L 0,18 a 0,25 vez mais longas que largas; célula apical cônico-arredondada, conteúdo celular granuloso.

Ocorrência: G2, G5, G9, P2, P3 e P4.

Comentários: Komárek & Anagnostidis (2005) descrevem *L. truncicola* com medidas maiores (filamentos 14,0-16,0 μ m diam.; células 12,0-14,0 μ m diam., 3,0-4,0 μ m compr.) do que as observadas nas populações estudadas. Entretanto, as proporções entre as medidas do comprimento e do diâmetro das células (0,2 a 0,3) mantêm-se semelhantes às descritas pelo autor, além de serem encontradas em habitat semelhante (aerofíticas, corticícolas), na Índia e Europa.

Na literatura consultada, não foram encontradas outras espécies próximas das populações de *Lyngbya* observadas nesse trabalho. Caso confirmada a identidade, este é o primeiro registro de ocorrência da espécie para o território brasileiro.

Chave de identificação para espécies de *Phormidium* encontradas:

Filamentos 4,0-6,0 μ m diam., tricomas 3,0-4,0 μ m diam..... *P.* cf. *corium*

Filamentos 10,0-12,0 μ m diam., tricomas (7,0-)9,0-10,0 μ m diam..... *Phormidium* sp.

Phormidium cf. *corium* Gomont, Ann. Sci. Nat. Bot., VII, 16: 172, 1892.

(Figs. 16-18)

Filamentos emaranhados, levemente ondulados, verde-azulados, 4,0-6,0 μ m diam.; bainha delgada, hialina, homogênea; tricomas não constrictos, 3,0-4,0 μ m diam.; células cilíndricas, 4,0-5,0(-6,0) μ m compr., RC/L (0,8-)1,0 a 1,25(-1,67) vez mais longas que largas; célula apical cônico-arredondada; conteúdo celular homogêneo.

Ocorrência: G2, G5, G9, P2, P3 e P4.

Comentários: A descrição original da espécie aponta para dois tipos de ambientes: aquáticos e troncos úmidos. Komárek & Anagnostidis (2005) descrevem *P. corium* como perifítica, epilítica ou epifítica em água doce estagnada e corrente, em rios e cachoeiras, em águas correntes frias, e também reporta a espécie habitando solos úmidos, paredes e plantas decíduas. *Phormidium corium* foi encontrada no Brasil em ambientes marinho e salobros por Branco et al. (1997), Sant'Anna et al. (1985) e Crispino & Sant'Anna (2006).

A verificação da espécie é necessária, já que amplitude de habitats descritos dificulta a delimitação precisa da espécie e indica a existência de organismos com diferentes requisições, podendo tratar-se de um complexo de espécies. É recomendável uma revisão do táxon em questão.

Phormidium sp.

(Figs. 19-21)

Massa microscópica; filamentos acinzentados, levemente ondulados, (8,0-)10,0-12,0 μ m diam.; bainha delgada, hialina a castanha, homogênea; tricomas não constrictos, (7,0-)9,0-10,0 μ m diam.; células cilíndricas, (6,0-)8,0-10,0 μ m compr., RC/L 0,6 a 1,0(-1,42) vez mais longas que largas; célula apical cilíndrico-arredondada; conteúdo celular homogêneo.

Ocorrência: G1, G2, G4, G5, G9, P2, P3 e P4.

Comentários: *Phormidium* sp. possui um conjunto de características (morfológicas, métricas e ecológicas) distinto de outros táxons desse mesmo gênero (Tabela 7). As espécies *Phormidium corbieri* (Frémy) Anagnostidis & Komárek e *P. ornatum* (Kützing ex Gomont) Anagnostidis & Komárek são morfológicamente as mais semelhantes às populações encontradas. Todas apresentam medidas de diâmetro semelhantes às de *Phormidium* sp., porém são organismos encontrados no perifíton de ambientes europeus, diferindo significativamente das populações estudadas.

Phormidium ustieri Schmidle tem ocorrência registrada em solos do Brasil (Komárek & Anagnostidis, 2005), porém o diâmetro do tricoma apresenta medidas muito inferiores (3,0-4,0µm) que as das populações encontradas nesse trabalho.

Outras espécies de *Phormidium* com ocorrência em ambientes aerofíticos, como *P. rubroterricola* Gardner e *P. jadinianum* Gomont, apresentam medidas de diâmetro menores em comparação a *Phormidium* sp., enquanto *P. durum* Gardner é descrita com medidas de diâmetro do tricoma superiores. Deste modo, a população de *Phormidium*, como descrita neste trabalho, apresenta características que não aparecem em nenhuma outra espécie, representando uma nova morfoespécie.

Tabela 7. Características morfológicas e ecológicas de *Phormidium* sp. e espécies mais próximas (segundo KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS, 2005).

	<i>P. corbieri</i>	<i>P. durum</i>	<i>P. jadinianum</i>	<i>P. ornatum</i>	<i>P. rubroterricola</i>	<i>P. usteri</i>	<i>Phormidium</i> sp.
Diam. Fil.							8,0-12,0µm
Diam. Tric.	9,0-10,0µm	12,0-14,0µm	4,0-6,0µm	(6,0)9,0- 11,5(15,0)µm	2,2-2,4µm	3,0-4,0µm	7,0-10,0µm
Compr. Cel.	3,5-4,0µm	2,0-3,5µm		2,0-5,5µm			6,0-10,0µm
RC/L	mais curtas que largas	isodiamétricas ou 2 vezes mais longas que largas		0,2-0,5 vezes mais longas do que largas	isodiamétrica	mais curtas que largas	0,6-1,0µm
Cel. apical	arredondada	arredondada	alongada e cônica	hemisférica	cônica-obtusa	arredondadas	cilíndrico-arredondada
Constricção	não constrictos	não constricta	constrictos	constrictos	não constrictos	não constrictos	não constricta
Ecologia	água doce-França	aerofítica- Porto Rico	troncos, solos e riachos - região tropical	água doce, bentônico - cosmopolita	aerofítico- Brasil, Índia, Porto Rico	Aerofítico, solo - Brasil, Índia, Phillipinas	aerofítico – troncos, Brasil

Porphyrosiphon notarisii Kützing ex Gomont, Ann. Sci. Nat. Bot., VII, 15: 331, 1892
(Figs. 22-24)

Filamentos emaranhados, prostrados, 12,0-16,0 μ m diam.; bainha vermelha a castanha, lamelada; tricomas verde-azulados, não constrictos, (9,0-)10,0-12,0 μ m diam.; células cilíndricas, (6,0-)8,0-10,0 μ m compr., RC/L (0,5-)0,7 a 0,8(-1,0) vez mais longas do que largas; célula apical cônico-arredondada ou atenuada; conteúdo celular granuloso.

Ocorrência: P4.

Comentários: A descrição original da espécie apresenta medidas próximas às dos organismos encontrados. Frémy (1930) descreve *P. notarisii* com medidas e habitat semelhantes aos observados para a população encontrada no noroeste paulista. Couté et al. (1999) encontraram *P. notarisii* em solo úmido e em troncos de árvores, na Nova Caledônia, com características morfométricas semelhantes às descritas nesse trabalho. Komárek & Anagnostidis (2005) descrevem *P. notarisii* com medidas de diâmetro do filamento maiores (até 28,0 μ m), caracterizando a espécie como típica de ambientes aerofíticos e com distribuição cosmopolita. Sant'Anna & Azevedo (1995) encontraram *P. notarisii* em rochas próximas a quedas de água, no estado de São Paulo, Brasil. Branco et al. (2009) registrou a ocorrência da espécie para a mata atlântica paulista.

Ordem Nostocales

Hapalosiphon sp.

(Figs. 25-27)

Massa cespitosa, verde-azulada; filamentos, emaranhados, formando tufo, 16,0-20,0 μ m diam., 1 a 2 fileiras de células; ramificações verdadeiras abundantes, filamentos principais e secundários com diâmetros semelhantes; ramos laterais

curtos, duas a cinco células, ramos longos com até 30 células; bainha hialina nas partes jovens, amareladas nas porções mais velhas, homogênea; tricomas constritos 12,0-14,0(-18,0) μm diâm.; células cilíndricas, 8,0-12,0 μm compr., RC/L 0,6 a 0,8 vez mais longas que largas; conteúdo celular homogêneo; heterócitos arredondados, intercalares ou laterais, (8,0-)10,0-12,0 μm compr., (12,0-)14,0-16,0 μm diam..

Ocorrência: G3.

Comentários: A população de *Hapalosiphon* encontrada nesse trabalho possui um conjunto de características, principalmente em relação às métricas, cuja combinação não foi encontrada em nenhuma outra espécie descrita para o gênero.

Entre as espécies que mais se aproximam de *Hapalosiphon* sp. (Tabela 8), *H. fontinalis* (Agardh) Bornet possui medidas de diâmetro do filamento semelhantes às de *Hapalosiphon* sp., entretanto é encontrada em ambientes aquáticos, além de possuir células mais longas do que largas.

No levantamento florístico do gênero realizado para o estado de São Paulo, por Silva & Sant'Anna (1990), foram encontradas seis espécies, todas ocorrendo em ambientes aquáticos, com exceção de *H. stuhlmannii* Hieronimus, que foi encontrada, além do ambiente aquático, em parede rochosa úmida e solo, porém com medidas distintas (filamento com (4,0-)5,9-11,5(-14,3) μm diam.) das encontradas em *Hapalosiphon* sp.. Azevedo et al. (1996) encontraram *H. stuhlmannii* em ambiente edáfico no estado de São Paulo, entretanto as características morfométricas apresentadas diferem de *Hapalosiphon* sp. (Tabela 8).

Frémy (1924) registrou *H. aureus* West para o ambiente subaéreo, crescendo sobre terra úmida, a qual não compartilha nenhuma outra característica com *Hapalosiphon* sp..

Devido à falta de correspondência do conjunto das características morfométricas e ecológicas, conclui-se que a população de *Hapalosiphon* descrita no presente trabalho constitui um novo táxon específico.

Tabela 8. Características morfométricas e ecológicas de *Hapalosiphon* sp. e espécies mais próximas.

	<i>H. aureus</i> ^{1,3}	<i>H. fontinalis</i> ²	<i>H. stuhlmannii</i> ^{2,3,4}	<i>Hapalosiphon</i> sp.
Massa		cespitosa	cespitosa	filamentos emaranhados, cespitosos
Diam. Filamento	11,5-12,5µm	12,0-24,0µm	10,0µm	16,0-20,0µm
Ramos laterais	longos e mais estreitos	mais finos que o filamento principal		curtos/longos
Bainha	espessa	hialina ou amarelada nas partes mais velhas	delgada e incolor	hialina a amarelada
Diam. Tricoma				12,0-14,0µm
Comp. cel.	4,0-8,0µm			8,0-12,0µm
R C/L		mais longas que largas	quadráticas ou mais curtas	0,6-0,8 vez mais longas que largas
Heterócitos	intercalares, subcilíndricos, subquadráticos		esféricos ou oblongos	intercalares e laterais
Ecologia	empoçado, terra úmida - Brasil	ambiente léntico - cosmopolita	ambiente léntico - África; edáfico, paredes úmidas, aquático - Brasil	aerofítica - Brasil

¹FRÉMY, 1924; ²FRÉMY, 1930; ³SILVA & SANT'ANNA, 1990; ⁴AZEVEDO et al. 1996

Hassallia byssoidea Bornet & Flahault, Ann. Sci. Nat. Bot., VII, 5: 116, 1887.

(Figs. 28-30)

Massa cespitosa, verde-azulada; filamentos emaranhados, 8,0-10,0(-12,0) μm diam.; ramificações falsas unilaterais, geralmente com heterócito na base; bainha delgada, hialina, homogênea; tricomas constrictos, 8,0-12,0 μm diam.; região meristemática apical; células cilíndricas, 6,0-8,0(-10,0) μm compr., RC/L (0,28-)0,50 a 0,75(-1,0) vez mais longas que largas; conteúdo celular homogêneo; heterócitos arredondados a esféricos, basais, apicais ou intercalares, raramente em série, (4,0-)6,0-8,0(-10,0) μm compr., 6,0-8,0 μm diam..

Ocorrência: G2, G4, G5, P1, P3 e P4.

Comentários: Segundo Bornet & Flahault (1887), *Hassallia byssoidea* possui medidas de diâmetro e comprimento celulares próximas às das populações encontradas nesse trabalho (9,0-11,0 μm diam., 3,0-5,5 μm compr. em *H. byssoidea*), medida de diâmetro do filamento maior (10,0-15,0 μm), podendo ser encontrada em habitats semelhantes ao estudado (aerofítico, em troncos de árvores). Frémy (1930) e Geitler (1932) encontraram *H. byssoidea* com as mesmas medidas e o mesmo habitat apresentado por Bornet & Flahault (1887). Sant'Anna (1988) registrou a primeira ocorrência do táxon para o Brasil, tendo sido encontrado em troncos de árvores de ambientes urbanos no estado de São Paulo.

O gênero *Hassallia* é morfologicamente próximo de *Tolypothrix*, já que os dois possuem filamentos heteropolares, com uma parte basal com heterócito e um ápice livre, além de ramificações únicas iniciadas com heterócito. A principal diferença entre *Hassallia* e *Tolypothrix* é a relação comprimento/largura da célula, pois o primeiro possui células mais curtas que largas até discóides, enquanto o segundo possui células isodiamétricas a mais longas ou levemente mais curtas. A maioria das espécies de *Hassallia* é descrita para ambientes aerofíticos, enquanto *Tolypothrix* possui grande parte das espécies submersas (KOMÁREK & HAUER, 2004).

Nostoc sp.

(Figs. 31-33)

Colônias gelatinosas, microscópicas, agrupadas, esféricas ou ovóides, firmes, 80,0-180,0 μ m diam.; filamentos curtos, densamente emaranhados; células moniliformes ou em forma de barril, 4,0-10,0 μ m diam., 4,0-8,0(-10,0) μ m compr., RC/L 0,67 a 1,0 vez mais longas que largas; conteúdo celular homogêneo; heterócitos arredondados, intercalares e terminais, 6,0-10,0(-12,0) μ m diam., 6,0-10,0 μ m compr.; acinetos não observados.

Ocorrência: G2, G5, P1, P2, P3 e P4.

Comentários: Os organismos encontrados assemelham-se com *Nostoc microscopicum* Carm. ex Bornet & Flahault (GEITLER, 1932). Porém, não foram encontrados acinetos nas populações analisadas, o que compromete a identificação das populações em nível específico. A maioria das colônias encontradas estava infectada por fungos filamentosos, potencialmente podem alterar a morfologia da colônia e a estrutura dos tricomas. Em alguns casos, os tricomas formaram ramificações verdadeiras, enquanto algumas colônias possuíam formas mais achatadas, que lembravam a morfologia de fungos.

Chave para identificação das espécies de *Scytonema* encontradas:

1. Filamentos maiores 16,0 μ m..... *Scytonema* sp.
1. Filamentos até 16,0 μ m..... 2
 2. Filamentos em feixes eretos, azuis, tricomas constrictos..... *S. javanicum*
 2. Filamentos prostrados, não formando feixes, avermelhados, tricomas não constrictos..... *S. ocellatum*

Scytonema javanicum Bornet & Flahault, Ann. Sci. Nat. Bot., VII, 5: 95, 1887.

(Figs. 34-36)

Massa cespitosa, azulada; filamentos reunidos em feixes, 12,0-16,0 μ m diam; ramificações falsas duplas freqüentes; região meristemática terminal; bainha delgada, hialina, homogênea; tricomas predominantemente constrictos, (8,0-)10,0-12,0 μ m diam.; células cilíndricas, 6,0-10,0 μ m compr., RC/L 0,6 a 0,8(-1,3) vez mais longas que largas; conteúdo celular granuloso; herócitos cilíndricos, intercalares, (10,0-)12,0-14,0 μ m diam., (6,0-)8,0-10,0(-14,0) μ m compr..

Ocorrência: G1, G2, G4, G9, P1, P2, P3 e P4.

Comentários: Bornet & Flahault (1887) descrevem *S. javanicum* com as mesmas características morfométricas e ocorrendo em habitats semelhantes (em solos e entre musgos) que as observadas nas populações estudadas. *Scytonema javanicum* foi encontrada por Couté et al. (1999), em ambientes aerofíticos na Nova Caledônia. Rivera-Aguilar (2006) encontrou esse organismo em solos no México, com o diâmetro do filamento um pouco menor (10,0-13,0 μ m). A espécie já foi descrita para o território brasileiro, tendo sido encontrada em solos no Jardim Botânico de São Paulo (AZEVEDO, 1991; AZEVEDO et al., 1996).

Scytonema ocellatum Lyngbye ex Bornet & Flahaut, Ann. Sci. Nat. Bot., VII, 5: 95, 1887.

(Figs. 37-39)

Massa prostrada, avermelhada; filamentos emaranhados, (12,0-)14,0-16,0(-18,0) μ m diam.; ramificações falsas duplas raras; região meristemática terminal; bainha delgada, hialina, homogênea; tricomas não constrictos (10,0-)12,0-14,0 μ m diam., avermelhados; células cilíndricas, (6,0-) 8,0-10,0 μ m compr., RC/L 0,6 a 0,8 vez mais longas que largas; conteúdo celular granuloso; heterócitos quadráticos, 12,0-14,0(-16,0) μ m diam., 12,0-14,0(-18,0) μ m compr..

Ocorrência: G1, G2, G4, G5, G9, P1, P2, P3 e P4.

Comentários: Geitler (1932) e Büdel et al. (2002) descreveram *S. ocellatum* com bainha freqüentemente lamelada, diferentemente dos organismos encontrados, que apresentaram bainha homogênea. As outras características morfológicas, métricas e o habitat são semelhantes à descrição original do táxon (BORNET & FLAHAULT, 1887). Essa espécie foi também encontrada crescendo sobre solo no deserto de Baixa Califórnia, México, por Flechtner et al. (1998). *Scytonema ocellatum* foi encontrada no Brasil pela primeira vez por Sant'Anna (1988) crescendo sobre rochas em cachoeiras, em meio a musgos e em paredes úmidas, vivendo entre musgos, algas e outras cianobactérias.

Scytonema sp.
(Figs. 40-42)

Filamentos isolados, prostrados, (16,0-)17,0-21,0µm diam; região meristemática terminal; bainha espessa, amarelada, homogênea; tricomas não constrictos, (14-)15,0-18,0µm diam.; células cilíndricas, 6,0-9,0(-11,0)µm compr., RC/L 0,3 a 0,6(-0,7) vez mais longas que largas; conteúdo celular granuloso; herócitos arredondados, intercalares, abundantes, 14,0-18,0µm diam., 10,0-12,0(-15,0)µm compr..

Ocorrência: G4 e P3.

Comentários: As populações de *Scytonema* sp. observadas possuem características morfométricas incompatíveis com as espécies de *Scytonema* encontradas na literatura. As mais semelhantes aos organismos encontrados são *Scytonema ocellatum*, *S. javanicum* (Tabela 9) (também encontradas nesse estudo) e *S. stuposum* (Kützing) Bornet ex Bornet et Flahaut .

Apesar de *Scytonema* sp. e *S. ocellatum* apresentarem hábito e medidas de tricomas semelhantes, a relação comprimento/largura e a coloração dos tricomas são distintos nos dois táxons. *Scytonema* sp. possui uma bainha mais espessa, colorida e, geralmente, com presença de outras cianobactérias, bactérias e fungos.

Quando comparada com *S. javanicum*, *Scytonema* sp. possui características métricas maiores e bainha e hábito diferentes (*S. javanicum* cresce em feixes eretos e *Scytonema* sp., os filamentos são isolados e prostrados).

A distinção entre o táxon descrito e *S. stuposum* está relacionada com a constrição no tricoma, a qual é ausente no primeiro organismo, porém bastante evidente no segundo.

A identificação do táxon em nível específico não pôde ser concluída, pois o organismo foi encontrado em baixa abundância e mais populações precisam ser analisadas para a definição da espécie.

Tabela 9. Características morfométricas de *Scytonema* sp. e de espécies próximas.

	<i>S. javanicum</i> ¹	<i>S. ocellatum</i> ¹	<i>S. stuposum</i> ²	<i>Scytonema</i> sp. ¹
Hábito	feixes cespitosos, azuis	filamentos prostrados, avermelhados	filamentos cespitosos	filamentos prostrados, emaranhados entre outras cianobactérias
Diam. filamento	12,0-16,0µm	(12,0-)14,0-16,0(-18,0)µm	16,0-30,0µm	(16,0-)17,0-21,0µm
Cor tricoma	verde-azulado	avermelhado	violeta	verde-azulado
Diam. tricoma	(8,0-)10,0-12,0µm	(10,0-)12,0-14,0µm	12,0-18,0µm	(14,0-)15,0-18,0µm
Compr. célula	6,0-10,0µm	(6,0-) 8,0-10,0µm	-	6,0-9,0(-11,0)µm
RC/L	0,6 a 0,8(-1,3)	0,6 a 0,8	0,3 a 0,5	0,3 a 0,6(-0,7)
Constricção	presente	ausente	presente	ausente/discreta

¹Dados obtidos nesse estudo; ²FREMY, 1930

Chave para identificação das espécies de *Stigonema* encontradas:

Filamentos 8,0-12,0µm diam, tricomas unisseriados, raramente com duas células..... *S. hormoides* var. *constrictum*

Filamentos 30,0-40,0µm diam, tricomas mais velhos com três a quatro fileiras de células, ou com uma a duas fileiras de células nas partes mais jovens..... *S. ocellatum*

Stigonema hormoides Bornet & Flahaut var. *constrictum* Gardner, Memoirs of the New York Botanical Garden 7: 87, 1927

(Figs. 43-45)

Massa cespitosa, avermelhada; filamentos eretos, emaranhados, 8,0-12,0µm; ramificações verdadeiras abundantes, com distribuição irregular; filamentos principais e secundários com diâmetros semelhantes; ápice dilatado, geralmente com três células; bainha muito delgada, hialina quando jovem ou amarelada nas partes mais velhas, homogênea; tricomas constrictos, unisseriados, raramente com duas células, 7,5-11,5µm diam.; células esféricas ou em forma de barril, 4,0-8,0µm compr., RC/L 0,6 a 0,75 vez mais longas que largas; conteúdo celular granuloso; heterócitos esféricos, laterais.

Ocorrência: P4.

Comentários: *Stigonema hormoides* caracteriza-se pelo diâmetro do filamento relativamente pequeno (7,0-15,0µm), além de geralmente apresentar somente uma fileira de células no filamento. A variedade *constrictum* caracteriza-se pelos filamentos curtos, tricomas profundamente constrictos e bainhas muito finas e levemente coloridas. Gardner (1927) descreve a variedade com medidas de diâmetro dos tricomas um pouco maiores (11,0-13,0µm), entretanto as características principais do táxon são evidentes na população encontrada nesse trabalho. Silva & Sant'Anna (1996) encontraram *S. hormoides* em tanques e paredes de cimento no estado de São Paulo e Büdel et al. (2002) encontraram a espécie em

inselbergs na floresta atlântica no Brasil, mas esse é o primeiro registro da variedade para o território brasileiro.

Stigonema ocellatum (Dillwyne) Thuret ex Bornet & Flahault, Ann. Sci. Nat. Bot., VII, 5: 69, 1887.

(Figs. 46-48)

Filamentos isolados ou em pequenos grupos, verdes, (26,0-30,0-40,0(-52,0)µm diam.; ramificações verdadeiras freqüentes; bainha hialina quando jovem, amarelada nas partes mais velhas, homogênea; tricomas mais velhos com três a quatro fileiras de células ou com uma a duas fileiras de células nas partes mais jovens; células esféricas a ovais, 10,0-16,0(-18,0)µm diam., 10,0-14,0(16,0)µm compr.; conteúdo celular granuloso; heterócitos intercalares ou laterais; hormogônios laterais.

Ocorrência: G2, P1, P2 e P3.

Comentários: As medidas das populações de *S. ocellatum* estudadas são coincidentes com as descritas por Bornet & Flahault (1887) e Geitler (1932). Segundo Bornet & Flahault (1887), esses organismos podem ser encontrados na superfície do solo e entre musgos, ambientes semelhantes ao estudado no presente trabalho. Couté et al. (1999) encontraram essa espécie em ambientes aerofíticos na Nova Caledônia, cujos filamentos possuíam uma a duas fileiras de células e bainha lamelada. Skinner & Entwisle (2001) encontraram a espécie na Austrália e as medidas e características observadas são semelhantes àquelas das populações estudadas, com bainha fina, amarelada e lamelada. Silva & Sant'Anna (1996) descreveram populações de *S. ocellatum* para o estado de São Paulo, onde foram encontradas em empoçados, lagos e riachos, associadas a outras cianobactérias, clorofíceas filamentosas e macrófitas, e em gruta, sobre parede rochosa úmida.

CHLOROPHYTA

Ordem Chaetophorales

Desmococcus olivaceus (Persoon ex Archerson) J.R. Laundon, Taxon 34: 671, 1985.

(Figs. 49-51)

Organismos unicelulares ou em colônias de 2 ou 4 células; células esféricas, hemisféricas ou subquadráticas, 4,0-8,0µm diam.; cloroplasto parietal; pirenóides não observados; aplanosporângios esférico, com parede ornamentada.

Ocorrência: G2, G4, G5 e P3.

Comentários: Segundo Ettl & Gärtner (1995), *D. olivaceus* é uma espécie subaérea que se desenvolve em vários tipos de ambientes (corticícola, edáfico, epilítico). Vischer (1960) observou que, em condições naturais, os estágios sarcinóides prevalecem, enquanto em cultura, prevalecem as formas filamentosas. Segundo o mesmo autor, a formação de aplanosporângios depende das condições de temperatura, umidade e nutrientes. O mesmo foi observado por Rifón-Lastra & Noguerol-Seoane (2000) e Rindi & Guiry (2003) e nesse trabalho, sendo encontradas somente as formas sarcinóides.

Desmococcus olivaceus é considerada uma espécie cosmopolita. Nurul-Islam (1972) citou a espécie ocorrendo em paredes de cimento e ladrilho em Bangladesh, enquanto Schlichting (1975) e Rindi & Guiry (2003) encontraram a espécie em ambientes urbanos na Irlanda. O táxon teve ocorrência registrada para Antártica, por Broady & Engerfeld (1993) e Península Ibérica, por Leitão et al. (1996), Noguerol-Seoane & Rifón-Lastra (1997) e Rifón-Lastra & Noguerol-Seoane (2000).

Desmococcus olivaceus é frequentemente reportada como a alga verde mais comum do mundo (LAUNDON, 1985; Ettl & GÄRTNER, 1995) e pode aparecer sobre *Apatococcus* em solo e em superfícies úmidas, incluindo troncos, rochas ou

paredes, além de ser muito abundante em habitats sombreados ou poluídos, onde líquens são menos comuns (SMITH, 1933).

Esse é o primeiro registro da espécie para o território brasileiro.

Ordem Klebsormidiales

Klebsormidium flaccidum (Kützing) Silva, Mattox & Blackwell, Taxon 21: 643, 1972.
(Figs. 52-54)

Massa verde; filamentos prostrados, fortemente aderidos ao substrato não ramificados, curtos com poucas células (até 35), 11,0-14,0µm diam.; células (5,0-) 8,0-10,0(-12,0)µm compr., RC/L 0,58 a 1,0 vez mais longas que largas; cloroplastos parietais, 1 pirenóide por célula.

Ocorrência: G4 e P2.

Comentários: Segundo López-Bautista et al. (2007), *Klebsormidium* é um dos gêneros mais comuns de Chlorophyta terrestres. A literatura especializada traz descrições de *K. flaccidum* com diferentes características métricas, embora seja possível detectar uma certa continuidade entre as faixas de medidas. Ramanathan (1964) descreve *K. flaccidum* (como *Hormidium flaccidum*) com medidas de diâmetro celular semelhantes às dos organismos estudados possuindo, entretanto, medidas de comprimento celular com valores mais elevados (5-40µm) do que os encontrados. Cambra & Hernández-Mariné (1989) encontraram *K. flaccidum* em troncos de árvores na Espanha. Ettl & Gärtner (1995) descrevem *K. flaccidum* para ambientes aerófitos (rochas, troncos), com medidas de diâmetro do filamento sobrepostas às medidas encontradas no presente trabalho, entretanto, com células até três vezes mais longas que largas. Lokhorst (1996) descreve *K. flaccidum* com diâmetro menor (6,5-7,4µm) e células mais longas do que largas.

Akiyama (1971) encontrou *K. flaccidum* em solos do Brasil acompanhada por espécies de *Trentepohlia*. Essa mesma espécie foi registrada no Brasil por Bicudo & Pereira (2003), com medidas de diâmetro entre 7,1 e 11,4µm. As outras características, incluindo a presença de um pirenóide, formação de peça em “H” e o

ambiente em que ocorrem, são semelhantes entre os trabalhos consultados e as informações obtidas nesse estudo. Flechtner et al. (1998) encontraram a espécie em solo no Deserto Central de Baixa Califórnia, México.

Ordem Trentepohliales

Printzina effusa (Krempelhuber) Thompson & Wujek, J. Phycol. 28: 235, 1992
(Figs. 55-57)

Massa de filamentos eretos, verde; filamentos ramificados, não constrictos, afilados, (5,0-)6,0(-8,0) μ m diam.; células cilíndricas, 8,0-10,0(-12,0) μ m compr., RC/L (1,0-) 1,33 a 1,67(-2,0) vezes mais longas que largas; célula apical afilada, em forma de lança; gametângios laterais ou na base do filamento, às vezes pareados, ovais, com um ostíolo no ápice, 12,0-14,0 μ m diam., 16,0-22,0 compr.; esporângios não observados.

Ocorrência: G4 e G9.

Comentários: O gênero *Printzina*, proposto Thompson & Wujek (1992), foi separado de *Trentepohlia* por apresentar esporângios globulares a reniformes e um sistema prostrado bem desenvolvido e distinto das partes eretas, enquanto *Trentepohlia* possui esporângios ovais e sistema prostrado menos desenvolvido. Segundo Rindi & López-Bautista (2007), a validade de separação dos dois gêneros é duvidosa, pois as características utilizadas para a separação dos gêneros, como a forma do esporângio, não podem ser bem delimitadas e a espécie-tipo *Printzina lagenifera* não possui uma clara distinção entre os sistemas prostrado e ereto (característica básica que distingue *Printzina* e *Trentepohlia*). Além disso, análises recentes com base na sequência do gene SSU rRNA não suportam a separação dos gêneros (LÓPEZ-BAUTISTA et al., 2006). Entretanto, em trabalhos recentes, como Rindi & López-Bautista (2008), algumas espécies ainda são colocados no gênero *Printzina*.

Cribb (1963, 1989) descreveu um organismo, nomeado como *T. effusa*, com medidas e estruturas de reprodução (identificadas como esporângios) semelhantes às da população encontrada. Thompson & Wujek (1992) descreveram *P. effusa* com características similares aos organismos analisados, possuindo, entretanto,

comprimento celular maior (20,0-28,0µm). Rindi et al. (2005) encontraram a geração gametofítica e esporofítica de *P. effusa*, sendo que, o talo correspondente ao gametófito é semelhante ao do organismo descrito neste trabalho, caracterizado pela maior relação comprimento/largura (duas a cinco vezes mais longas que largas).

Printzina effusa também foi encontrada por Rindi & López-Bautista (2008) em florestas tropicais na Guiana Francesa, apresentando relação comprimento/largura maior (sete a oito vezes mais longas que largas). Apesar de alguns estudos apontarem incerteza sobre a separação de *Printzina* e *Trentepohlia*, a maioria dos trabalhos recentes ainda considera válido o gênero *Printzina*, decisão acompanhada nesse estudo, até que a taxonomia do grupo seja esclarecida.

Esse é o primeiro registro do táxon para o Brasil.

Chave para identificação das espécies de *Trentepohlia* encontradas:

1. Filamentos até 12,0µm diam. 2
1. Filamentos maiores 12,0µm diam. 3
 2. Filamentos até 9,0µm diam. *T. abietina*
 2. Filamentos maiores 9,0µm diam. *T. cf. duseinii*
3. Filamentos constritos, células elípticas ou moniliformes *T. monilia*
3. Filamentos não constritos, células cilíndricas 4
 4. Filamentos isolados, células geralmente até 20,0µm compr. *T. diffracta*
 4. Massa algodoada, células geralmente maiores 20,0µm compr..... 5
5. Filamentos e células apicais afilados, zoosporângios em grupos (5-8)... *T.arborum*
5. Filamentos não afilados, células apicais arredondadas, zoosporângios isolados..... *T. aurea*

Trentepohlia abietina (Flotow) Hansgirg, Prodr. Alg. Böhmen 1: 86, 1886.
(Figs. 58-60)

Massa algodoada, alaranjada; filamentos ramificados, não afilados, não constrictos, 6,7-8,3µm diam.; células cilíndricas, 15,0-21,7µm compr., RC/L 1,8 a 3,5 vezes mais longas que largas; célula apical arredondada; prováveis gametângios esféricos ou ovóides, apicais ou laterais, únicos, 18,1-25,0µm diam., 15,0-25,0µm compr.; zoosporângios não observados.

Ocorrência: G4, P1 e P4.

Comentários: A estrutura reprodutiva foi mencionada aqui, como também em outros trabalhos (p. ex., RINDI et al., 2005), como “provável gametângio”, porque não foram observados gametas biflagelados, embora a morfologia e a posição dessa estrutura sejam semelhantes às de um gametângio.

Ettl & Gärtner (1995) descrevem *T. abietina* com células cilíndricas 4,0-10,0µm diam., RC/L 1 a 3 vezes mais longas que largas e gametângios laterais ou apicais. Cribb (1958) encontrou *T. abietina* em florestas tropicais na Austrália com características morfométricas semelhantes às observadas na população estudada, porém a célula apical apresenta um espessamento na parede, o qual não é típico da espécie. Esse mesmo organismo foi registrado como epizóico por Cribb (1964) crescendo em cefalotórax de aranhas.

Trentepohlia abietina é uma das espécies geograficamente mais bem distribuídas do gênero, sendo reportada para muitos ambientes de regiões temperadas e tropicais (DE WILDEMAN, 1900; JOSE & CHOWDARY, 1980; TRACANNA, 1989; Ettl & GÄRTNER, 1995; JOHN, 2002; RINDI et al., 2005). Há ocorrências registradas para essa espécie em habitats urbanos na região ocidental da Irlanda (RINDI & GUIRY, 2002), ilhas havaianas (RINDI et al., 2005), África (RINDI et al., 2006) e Guiana Francesa (RINDI & LOPEZ-BAUTISTA, 2008).

A espécie foi reportada para o Brasil somente por Akiyama (1971) e esse é, portanto, o segundo registro da espécie para o território brasileiro.

Trentepohlia arborum (Agardh) Hariot, J. Bot. 3: 383, 1889.

(Figs. 61-63)

Massa algodoada, verde; filamentos muito ramificados, eretos, afilados, não constrictos, 14,0-30,0 μ m diam.; ramificações em ângulo de 90°; células cilíndricas, 22,0-60,0(-70,0) μ m compr., RC/L 0,9 a 2,5 vezes mais longas que largas; célula apical afilada, quase pontiaguda; zoosporângios esféricos, laterais ou terminais, reunidos em grupos de 5 a 8, (14,0-)16,0-20,0 μ m diam.; gametângios não observados.

Ocorrência: G1, G2, G3, G4, G9 e P1.

Comentários: *Trentepohlia arborum* pode ser reconhecida pelos esporângios em grupos, derivando de uma célula dilatada (célula de suporte), além do filamento ser afilado (CRIBB, 1958). Grande parte dos espécimes de *T. arborum* analisados encontrava-se em estado de pré-liquenização, o que, em alguns casos, provocou alterações na morfologia dos filamentos. Nas populações estudadas não foram encontradas diferenças notáveis entre a porção prostrada e a porção ereta dos filamentos, coincidindo com os dados de Rindi et al. (2005). Akiyama (1971). Ettl & Gärtner (1995) e Bicudo & Santos (2001), entretanto, encontraram *T. arborum* com talo heterotríquio, sendo as outras características compartilhadas com a população estudada. Cribb (1987, 1989) encontrou *T. arborum* com diâmetros dos filamentos menores que os observados nas populações do noroeste paulista (10,0-22,5 μ m, 5,0-15,5 μ m, respectivamente).

Rindi & López-Bautista (2008) encontraram *T. arborum* em vários tipos de substratos naturais e artificiais na Guiana Francesa, além de ser encontrado formando o líquen *Coenogonium*.

Trentepohlia aurea (Linnaeus) Martius, Sumptibus J. L. Schrag 1: 351, 1817.

(Figs. 64-66)

Massa algodoada, verde; filamentos muito ramificados, eretos, não afilados, não constrictos, (12,0-)14,0-16,0(-20,0) μ m diam.; células cilíndricas, (10,0-)26,0-28,0(-

44,0)µm compr., RC/L 1,6 a 2,5 vezes mais longas que largas; célula apical arredondada; ramos laterais com células cilíndricas a moniliformes; zoosporângios ovais, comumente em ramos laterais, isolados, 22,0-26,0µm diam., 16,0-24,0µm compr.; gametângios não observados.

Ocorrência: G1 e G3.

Comentários: As populações de *T. aurea* encontradas apresentam medidas do diâmetro do filamento e de relação comprimento/largura correspondentes às medidas registradas por Ettl & Gärtner (1995) (10,0-24,0µm de diam. e células 1,5 a 3,0 vezes mais longas que largas), que descrevem a espécie com filamentos ricamente ramificados, células cilíndricas, células apicais cilíndricas ou obtusas e esporângios únicos, com 27,0-40,0µm compr. e 25,0-30,0µm diam. As medidas de diâmetro de filamento encontradas por Cribb (1958) (10,0-22,0µm) são semelhantes às medidas observadas nas populações estudadas, entretanto, o autor descreve as células mais longas (2 a 4 vezes mais longas que largas) e os esporângios sésseis.

Akiyama (1971) descreveu, com base em material brasileiro, *T. aurea* com medidas de diâmetro e comprimento celulares também próximas às da população encontradas e registrou dois tipos de estruturas reprodutivas não nomeadas: uma sésseil, provavelmente correspondente ao gametângio, e outra pedicelada, possivelmente o esporângio, sendo este único por ramo. Bicudo & Santos (2001) e Rindi & López-Bautista (2008) descreveram *T. aurea* com medidas parecidas e esporângios isolados com distribuição e forma semelhantes aos de *T. aurea* encontrada nesse trabalho.

Trentepohlia diffracta (Krempelhuber) Hariot, J. Bot. 3: 396, 1889.

(Figs. 67-69)

Filamentos isolados ou em pequenos grupos, muito ramificados, não afilados, não constrictos, 14,0-16,0(-18,0)µm diam.; ramificações geralmente em 90°; células cilíndricas, (14,0-)16,0-18,0(-24,0)µm compr., RC/L 0,75 a 1,14(-1,71) vezes mais longas que largas; célula apical levemente afilada; elementos de reprodução não observados.

Ocorrência: G1, G2, G4, G5, G9, P2, P3 e P4.

Comentários: *Trentepohlia diffracta* apresenta um aspecto geral diferente das outras espécies do mesmo gênero, pois não forma massas distintas, ocorrendo sempre em filamentos solitários, entre briófitas, não apresentando o citoplasma preenchido por β -caroteno, ficando os cloroplastos discóides sempre visíveis. Esse fato pode estar relacionado com o habitat desse organismo, já que é sempre encontrado entre briófitas, que é um local mais protegido dos excessos de radiação.

A espécie foi encontrada no Brasil por Akiyama (1971) e foi descrita com medidas celulares menores (10,0-16,0 μ m diam. e 12,5-20,0 μ m compr.), com filamentos curtos e sem diferenciação entre o filamento principal e as ramificações. Cribb (1968) descreveu *T. diffracta* var. *colorata*, para florestas tropicais na Austrália, que difere da variedade tipo por apresentar medidas menores (11,5-15,5 μ m de diâmetro, na var. *colorata*, e (15,0-)-17,0-21,5(-25,0) μ m de diâmetro na var. *diffracta*).

Trentepohlia cf. *dusenii* (Wittrock & Nordstedt) Hariot, Botaniska Notiser 185: 200, 1893.

(Figs. 70-72)

Massa algodoada, laranja; filamentos ramificados, emaranhados, não afilados ou levemente afilados, não constrictos, 9,6-12,0 μ m diam.; ramificações em ângulo de 90°; parede celular avermelhada; células cilíndricas, (13,6-)15,2-16,0 μ m compr.; RC/L 1,38 a 1,83 vez mais longas que largas; célula apical arredondada; prováveis gametângios esféricos, apicais ou laterais, isolados ou em duplas, 9,6-12,0 μ m diam.; zoosporângios não observados.

Ocorrência: G1 e G4.

Comentários: *Trentepohlia dusenii* é pouco encontrada na literatura. Segundo Rindi & López-Bautista (2007), essa espécie é uma das menos conhecidas do gênero, sendo sua caracterização morfológica dificultada principalmente pela falta de descrições e ilustrações na literatura. Nas populações analisadas, foi encontrada somente a geração gametofítica, que possui morfologia celular semelhante àquela

encontrada por Cribb (1963) e Rindi & López-Bautista (2007). A forma e o tamanho do gametângio são correspondentes com as descrições dos autores citados anteriormente. Entretanto, nos organismos observados nesse trabalho, não apresentaram diferenciação entre a porção prostrada e a ereta, ao contrário das outras descrições desse táxon. Além disso, as medidas celulares encontradas nessa população foram maiores do que as citadas na literatura (6,0-11,0µm compr e 5,0-7,0µm diam. (CRIBB, 1963); 4,5-7,5µm diam. e 1-4 (principalmente, 1,5) vezes mais longas que largas (RINDI & LÓPEZ-BAUTISTA, 2007).

Portanto, os organismos encontrados nesse trabalho apresentam alta similaridade morfológica das partes vegetativas e reprodutivas com *T. duseinii*, possuindo características métricas destoantes das descritas na literatura.

Trentepohlia duseinii foi encontrada na Austrália, em folhas de palmeiras, por Cribb (1963) e na Guiana Francesa, em postes, por Rindi & López-Bautista (2007).

Se confirmada a identidade do táxon, esse estudo apresenta o primeiro registro de ocorrência para o Brasil.

Trentepohlia monilia De Wildemann, Bull. Soc. R. Bot. Belg. 27: 181, 1889.

(Figs. 73-75)

Massa algodoada, verde a laranja; filamentos curtos, ramificados, profundamente constrictos, 20,0-34,0µm diam.; células elípticas ou moniliformes, (22,0-)26,0-42,0µm compr., RC/L 0,88 a 1,58 vez mais longas que largas; elementos reprodutivos não observados.

Ocorrência: G1, G2, G3, G4, G5, P1, P2, P3 e P4.

Comentários: Esta espécie foi descrita por De Wildemann, em 1888, e classificada no gênero *Trentepohlia*. Printz (1920), devido à forma do talo, à presença de aplanósporos e ao tipo de divisão celular, transferiu *T. monilia* para o novo gênero *Physolinum*, passando a espécie ser denominada *Physolinum monilia*. Flint (1959), entretanto, observou a produção de zoósporos, e não de aplanósporos, em espécimes de *P. monilia*, propondo então o retorno do táxon ao gênero *Trentepohlia*, já que a principal distinção usada para diferenciar os dois gêneros não se

sustentava. Embora a denominação e consequente caracterização da espécie dentro do gênero *Trentepohlia* sejam amplamente aceitas pela comunidade científica, alguns pesquisadores, como Davis et al. (1989), Davis & Randis (1993) e Bicudo & Santos (2001), ainda continuam a referir-se à espécie como pertencente ao gênero *Physolinum*. Akiyama (1971) e Ettl & Gärtner (1995) referem-se ao táxon como *T. monilia*.

A espécie foi encontrada no Brasil por Akiyama (1971) e por Bicudo & Santos (2001) (como *Physolinum monilia*).

Organismo não identificado

(Figuras 76-78)

Talo filamentoso unisseriado quando jovem ou multiestratificado ou formando massa pseudoparenquimatosa quando mais velho, fixo ao substrato pela base com ápice ereto, verde; células arredondadas, (4,0-)6,0-8,0µm diam.; conteúdo celular verde-amarelado; não foram encontradas estruturas de reprodução.

Ocorrência: G5, G9 e P3.

Comentários: A morfoespécie apresenta em algumas partes filamentos bem definidos, com poucas fileiras de células, entretanto, o mesmo organismo mostra-se em alguns momentos (presumivelmente, nas porções mais adultas) como uma massa pseudoparenquimatosa, onde os filamentos não são reconhecíveis assemelhando-se assim com a formação de tecidos de organismos mais complexos, como briófitas, por exemplo. Como estruturas de reprodução ou outra estrutura diagnóstica não foram encontradas, a identificação do táxon não pode ser concluída.

BACILLARIOPHYTA

Ordem Centrales

Melosira sp.

(Figs. 79-81)

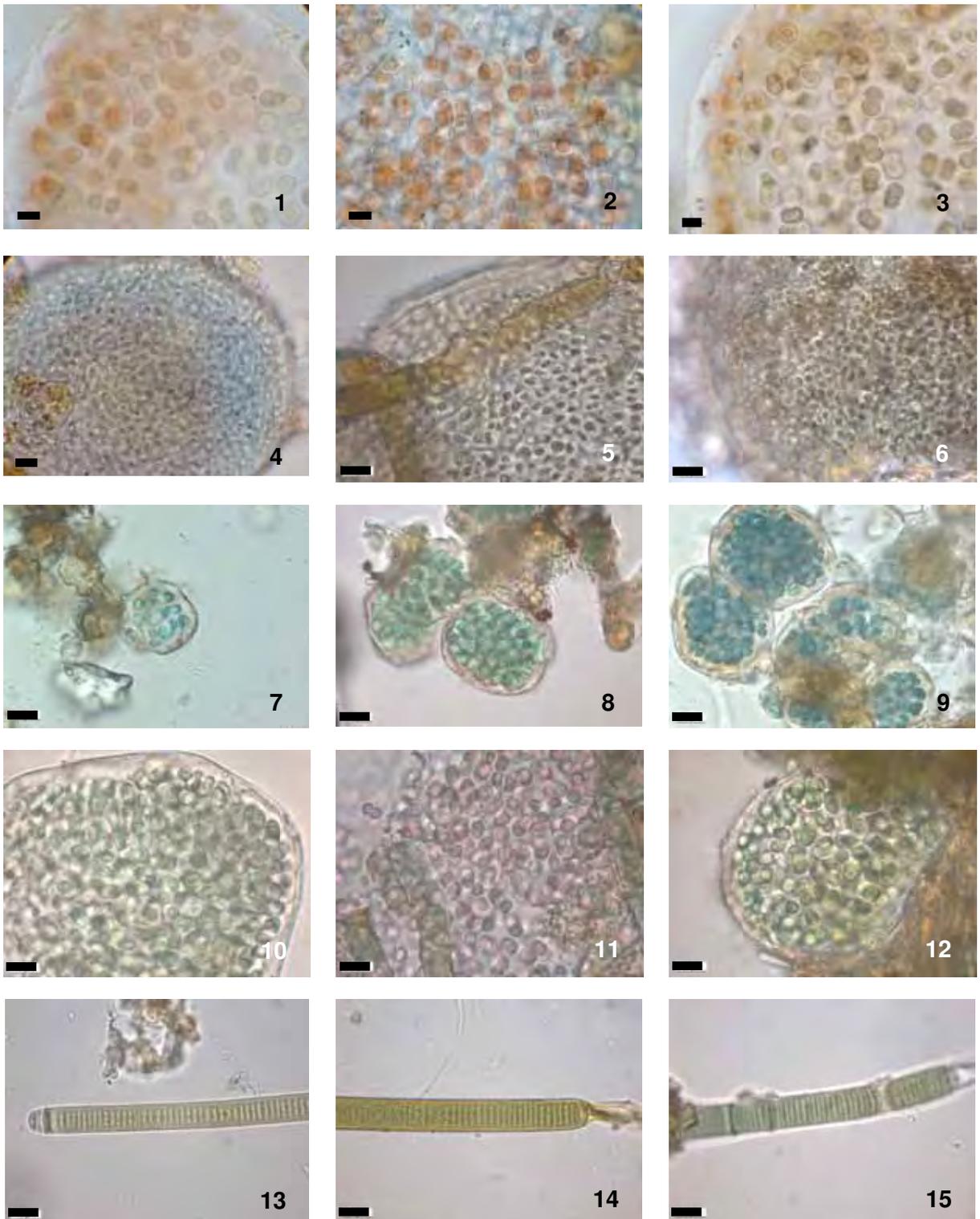
Massas amareladas; frústulas cilíndricas, em cadeias filamentosas conectadas por espinhos; frústulas (22,0-)24,0-30,0 μ m diam., 22,0-38,0(-40,0) μ m compr.; espinhos dispostos em círculos entre o manto e a região central valvar; células individuais com superfície ornamentada por poros e estrias.

Ocorrência: G1, G2, G4 e G9.

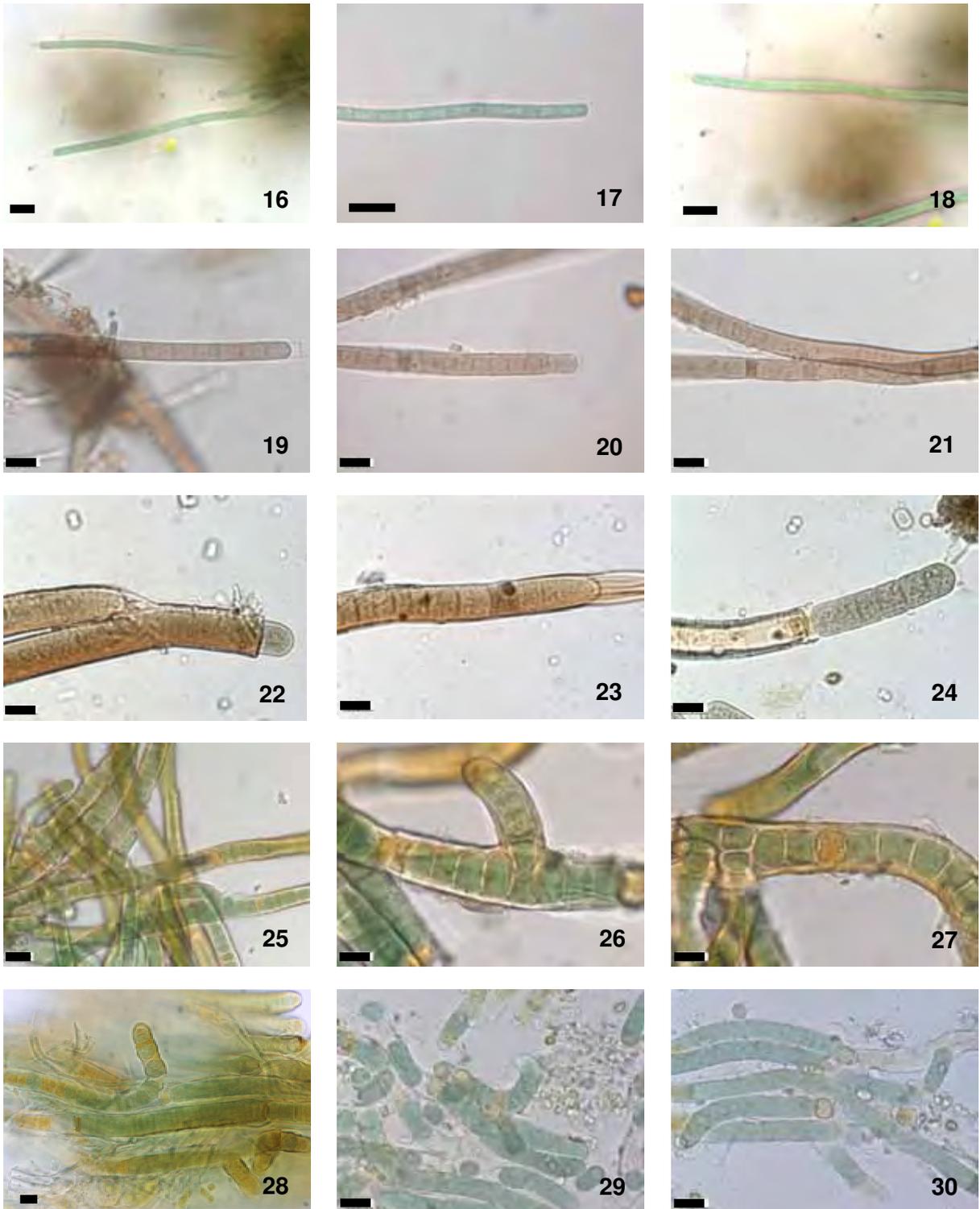
Comentários: *Melosira* sp. foi encontrada formando grandes massas entre musgos e líquens. A identificação específica desse grupo geralmente é complexa, pois os organismos possuem muitas características diagnósticas com valor taxonômico importante. Por isso, o reconhecimento taxonômico não pode ser concluído, sendo necessário o trabalho de especialistas para a maior confiabilidade na identificação do táxon.

Tabela 20. Ocorrência das espécies nos fragmentos florestais estudados.

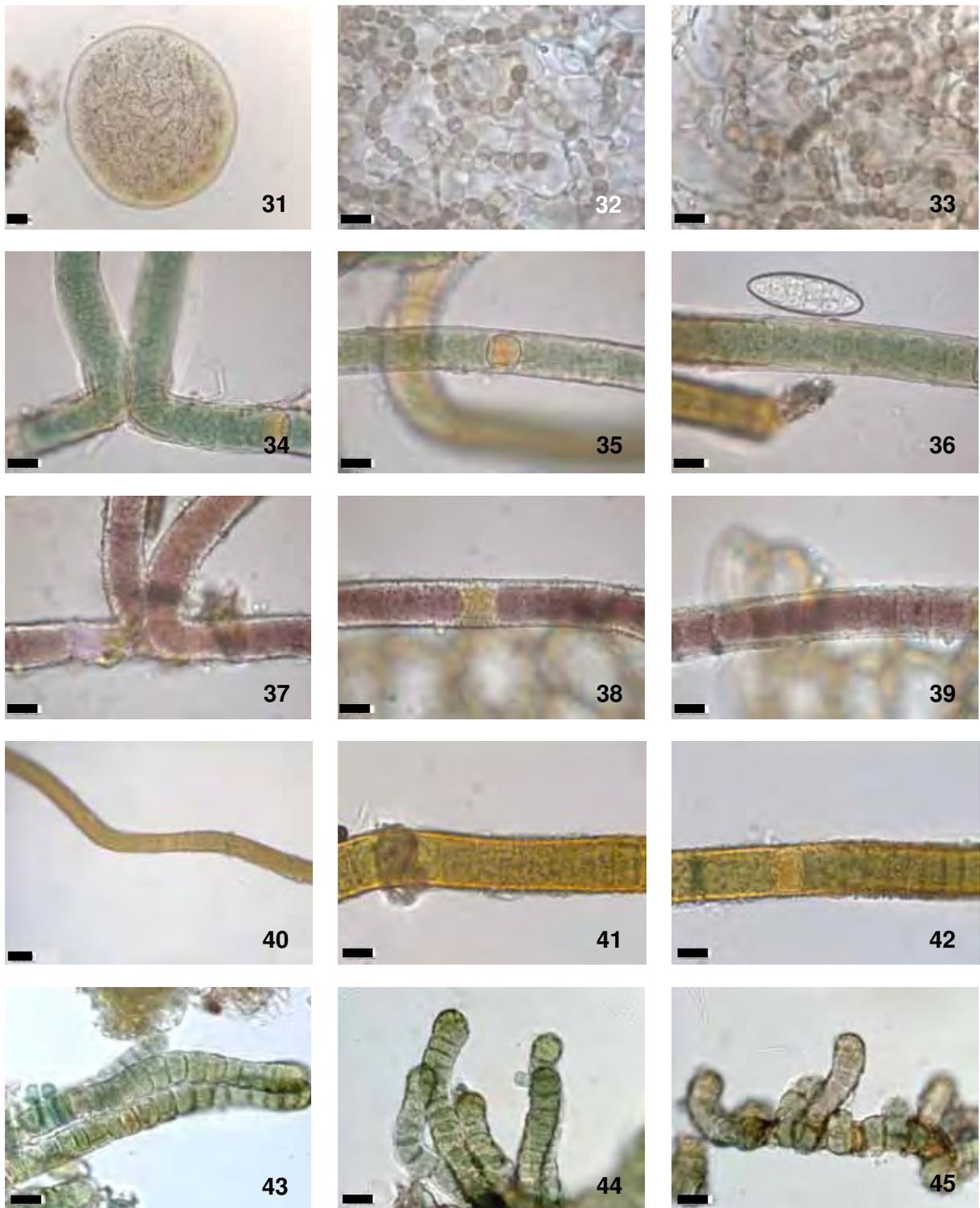
	G1	G2	G3	G4	G5	G9	P1	P2	P3	P4
Cyanobacteria										
<i>Aphanothece</i> sp.1									X	
<i>Aphanothece</i> sp.2							X		X	
<i>Aphanothece</i> sp.3		X			X		X			
<i>Aphanothece</i> sp.4								X		
<i>Hapalosiphon</i> sp.			X							
<i>Hassalia byssoidea</i>		X		X	X		X		X	X
<i>Lyngbya</i> cf. <i>truncicola</i>		X			X	X	X	X	X	X
<i>Nostoc</i> sp.		X			X	X	X	X	X	X
<i>Phormidium</i> cf. <i>corium</i>		X			X	X	X	X	X	X
<i>Phormidium</i> sp.	X	X		X	X	X		X	X	X
<i>Porphyrosiphon notarisii</i>	X	X		X		X	X	X	X	X
<i>Scytonema javanicum</i>	X	X		X	X	X	X	X	X	X
<i>S. ocellatum</i>	X	X		X	X	X	X	X	X	X
<i>Scytonema</i> sp.										
<i>Stigonema hormoides</i> var. <i>constrictum</i>		X					X	X	X	X
<i>S. ocellatum</i>										
Chlorophyta										
<i>Desmococcus olivaceus</i>		X		X	X				X	
<i>Klebsormidium flaccidum</i>				X				X		
<i>Printzina effusa</i>				X		X				
<i>Trentepohlia abietina</i>				X			X			X
<i>T. arborum</i>	X	X	X	X		X	X			
<i>T. aurea</i>	X	X	X	X		X				
<i>T. diffracta</i>	X	X	X	X	X	X		X	X	X
<i>T. cf. duseunii</i>	X	X	X	X	X	X				
<i>T. monilia</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Organismo não identificado										
Bacillariophyta										
<i>Melosira</i> sp.	X	X		X	X	X			X	X



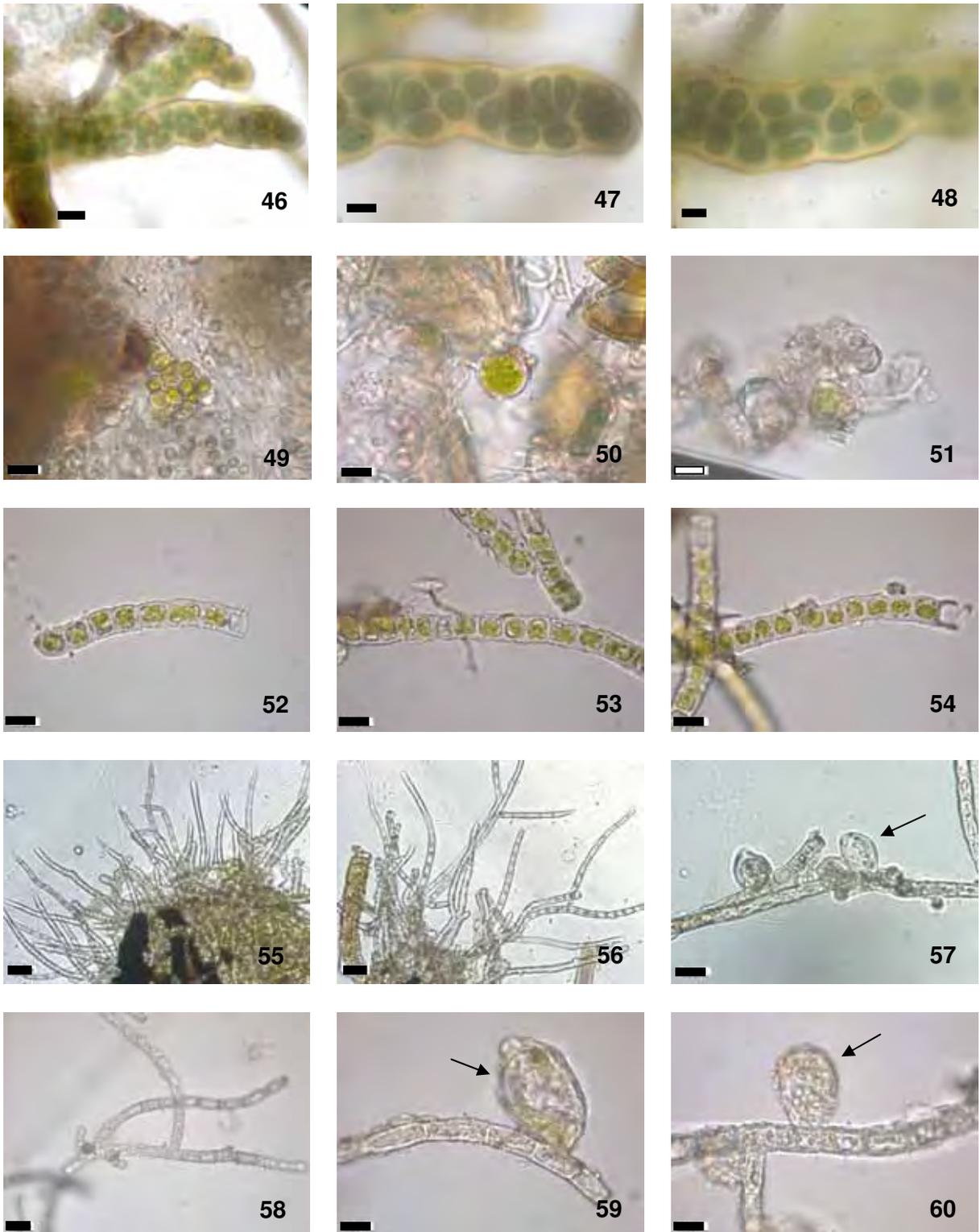
Figuras 1-15: figs. 1-3 = *Aphanothece* sp.1; figs. 4-6 = *Aphanothece* sp.2; figs. 7-9 = *Aphanothece* sp.3; figs. 10-12 = *Aphanothece* sp.4; figs. 13-15 = *Lyngbya* cf. *truncicola*. (Escala = 10µm)



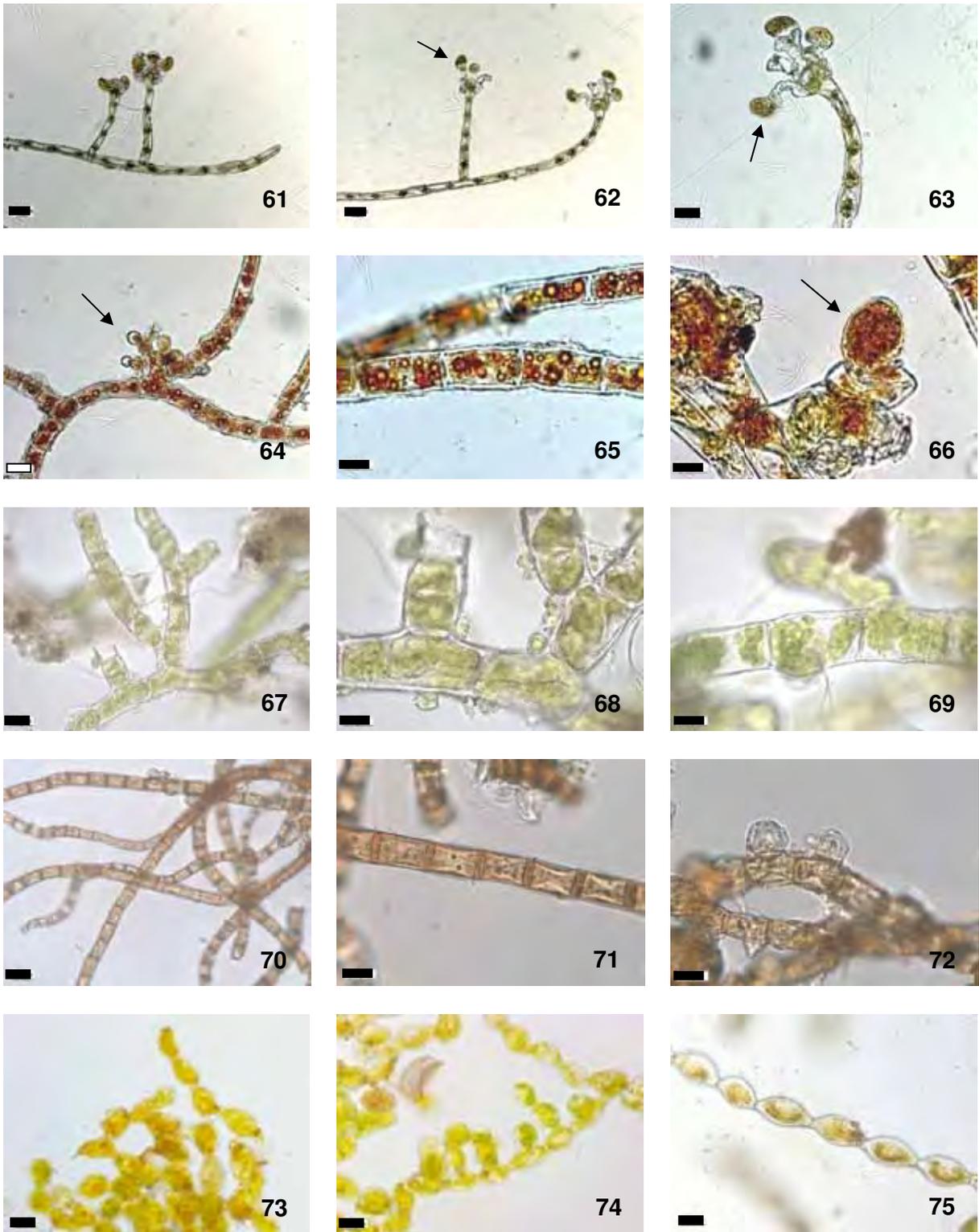
Figuras 16-30: figs.16-18 = *Phormidium* cf. *corium*; figs. 19-21 = *Phormidium* sp.; figs. 22-24 = *Porphyrosiphon notarisii*; figs. 25-27 = *Hapalosiphon* sp.; figs. 28-30 = *Hassalia byssoidea*. (Escala – figs. 16-24, 26-30 = 10µm; fig. 25 = 20µm)



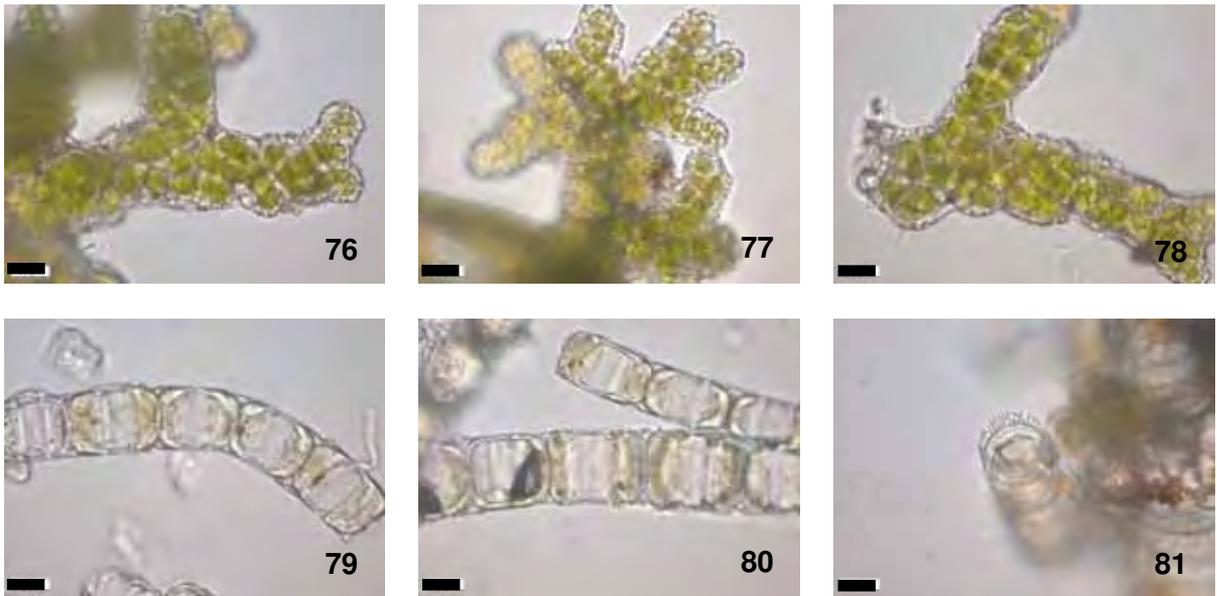
Figuras 31-45: figs. 31-33 = *Nostoc* sp.; figs. 34-36 = *Scytonema javanicum*; figs. 37-39 = *S. ocellatum*; figs. 40-42 = *Scytonema* sp.; figs. 43-45 = *Stigonema hormoides* var. *constrictum*. (Escala – fig. 31 = 20µm; figs. 32-45 = 10µm)



Figuras 46-60: figs. 46-48 = *Stigonema ocellatum*; figs. 49-51 = *Desmococcus olivaceus*; figs. 52-54 = *Klebsormidium flaccidum*; figs. 55-57 = *Printzina effusa*, fig. 57 – seta = provável gametângio; figs. 58-60 = *Trentepohlia abietina*, figs. 59-60 – setas = prováveis gametângios. (Escala – figs. 46, 55-56 e 58 = 20 μ m; figs. 47-54, 57 e 59-60 = 10 μ m)



Figuras 61-75: figs. 61-63 = *Trentepohlia arborum*, figs. 62-63 – setas = zoosporângios; figs. 64-66 = *T. aurea*, fig. 64 – seta = ramos laterais, fig. 66 – seta = zoosporângio; figs. 67-69 = *T. diffracta*; figs. 70-72 = *T. cf. dusenii*; figs. 73-75 = *T. monilia*. (Escalas – figs. 61-64, 67, 70 e 73-75 = 20 μ m; figs. 65-66 e 68-72 = 10 μ m)



Figuras 76-81. Figs. 76-78. Organismo não identificado; figs. 79-81. *Melosira* sp. (Escala = 10µm)

2.6. Discussão

Nos dez fragmentos analisados, foram encontrados organismos das divisões Cyanobacteria, Chlorophyta e Bacillariophyta, distribuídos em 15 gêneros e 27 espécies. Dos 27 táxons específicos, seis são consideradas novidades taxonômicas (*Aphanothece* sp.1, *Aphanothece* sp.2, *Aphanothece* sp.3, *Aphanothece* sp.4, *Phormidium* sp. e *Hapalosiphon* sp.), os quais serão descritos em artigos científicos posteriormente. Outras duas espécies são novos registros de ocorrência para o Brasil (*Stigonema hormoides* var. *constrictum* e *Printzina effusa*). *Lyngbya* cf. *truncicola* e *Trentepohlia* cf. *dusenii* também constituem novos registros de ocorrência para o território brasileiro, caso suas identificações sejam confirmadas.

Alguns táxons encontrados nesse trabalho ainda necessitam de confirmação, como por exemplo, *Phormidium* cf. *corium*, que provavelmente se refere a um complexo de espécies, necessitando de estudos mais aprofundados e outros, como *Trentepohlia* cf. *dusenii*, que possui poucas descrições e ilustrações na literatura, o que prejudica a identificação do táxon.

Quando comparados com outros ambientes aerofíticos, o número de espécies encontradas para as florestas estacionais semidecíduais do noroeste do estado de São Paulo é baixo. Gaylard & Gaylard (1999) encontraram 816 organismos diferentes (sendo que desses, 452 foram representados por Cyanobacteria), crescendo em superfícies pintadas na região Sul do Brasil. Rindi & Guiry (2003) identificaram 51 espécies de algas subaéreas (27 Chlorophyta, 19 Cyanobacteria, quatro Bacillariophyceae e uma Xanthophyceae) para ambientes urbanos, na cidade de Galway, Irlanda Ocidental. Flechtner et al. (1998), ao analisaram a composição algal de crostas microbióticas do deserto central de Baja Califórnia, no México, registraram 66 espécies (36 Chlorophyta, 18 Cyanophyta, 10 Bacillariophyta, uma Eustigmatophyta e uma Chrysophyta). A diferença no número de táxons pode estar relacionada com o tipo de abordagem dos estudos. Devido ao conhecimento ainda inexistente da flora de algas e cianobactérias epifíticas, principalmente no Brasil, o presente estudo concentrou-se na observação dos principais componentes da flora, ao contrário dos estudos mencionados acima, onde toda a comunidade foi enfocada.

Muitas das espécies e gêneros encontrados neste trabalho têm sido referidas em levantamentos da ficoflora aerofítica em diversas regiões mundiais. Segundo Fritsch (1907), em regiões tropicais, as algas azuis formam a maior parte da flora

epifítica, além das espécies de *Trentepohlia*. Os resultados obtidos são coincidentes com as observações do autor.

Frémy (1930) também encontrou cianobactérias tais como, *Tolypothrix byssoidea* (= *Hassallia byssoidea*) e *Scytonema javanicum* em troncos de árvores na África. Büdel et al. (1997) encontraram espécies de *Nostoc*, *Scytonema* e *Stigonema* em *inselbergs* na África. Azevedo (1991) reportou a ocorrência de *Scytonema javanicum* em solos do Jardim Botânico de São Paulo, além de uma espécie de *Hassallia*, três de *Phormidium* e duas de *Nostoc*, entre outras cianobactérias. Büdel et al. (2002) analisaram as algas azuis de *inselbergs* na floresta atlântica do Brasil, encontrando sete espécies pertencentes à ordem Nostocales, sendo quatro delas *Scytonema* e três *Stigonema*.

As algas terrestres exibem uma série de adaptações que podem ser explicadas pelas condições ambientais severas encontradas no habitat terrestre. Segundo Sant'Anna (1984), Cyanophyceae constitui um dos grupos mais aptos a esse tipo de ambiente, graças a mecanismos diversos que esses organismos podem apresentar. As bainhas espessas e lameladas são altamente resistentes à dessecação, o que possibilita a sobrevivência das cianobactérias mesmo em ambientes desfavoráveis para a maioria das demais (BHARADWAJA, 1933; FLECHTNER, 2007). A formação de hormogônios e a divisão simples são formas de multiplicação que podem ocorrer mesmo que haja apenas traços de umidade (SANT'ANNA, 1984). Outras estruturas importantes para a sobrevivência em meio terrestre são os acinetos e os heterócitos, que podem permanecer em repouso por longos períodos, germinando apenas quando as condições ambientais estiverem favoráveis ao desenvolvimento dos filamentos (BOURRELY, 1970).

Entre as Chlorophyta, as espécies mais frequentemente encontradas pertencem à família Trentepohliaceae. Essa ordem de algas da classe Ulvophyceae, exclusivamente terrestre (CHAPMAN, 1984; LÓPEZ-BAUTISTA et al., 2002) é amplamente distribuída em climas úmidos, e particularmente abundantes e diversas em regiões tropicais (LÓPEZ-BAUTISTA et al., 2007). O sucesso no estabelecimento destas algas em ambientes tão restritivos como o terrestre é resultado de adaptações como a presença de substâncias semelhantes à esporopolenina na parede celular (GOOD & CHAPMAN, 1978), bem como um padrão especial de carboidratos e álcoois (FEIGE & KREMER, 1980; PATTERSON & VAN VALKENBURG, 1991), que são importantes contra a dessecação no

ambiente aéreo. Além disto, mecanismos de proteção contra níveis excessivos de irradiância, como a produção de carotenóides (PRESCOTT, 1984), também são estratégias importantes para viabilizar a existência destes organismos.

No Brasil, existem apenas dois trabalhos com estudos das Trentepohliales. Akiyama (1971) encontrou oito espécies de *Trentepohlia* para o Brasil, sendo algumas delas também encontradas nesse trabalho, como *T. abietina*, *T. arborum* e *T. monile*. Bicudo & Santos (2001) encontraram cinco espécies de *Trentepohlia* no Parque Estadual Fontes do Ipiranga, São Paulo, com duas espécies também relatadas no presente trabalho, *T. arborum* e *T. monilia* (como *Physolinum monile*). Mais estudos sobre esses organismos em território nacional são necessários, sendo que, além de serem importantes componentes da comunidade epifítica, as Trentepohliales também são encontradas em estudos sobre a flora epifítica no mundo todo, que é ainda completamente desconhecida no Brasil.

Segundo Barberousse et al. (2006), a disponibilidade de água e condições de luz são os parâmetros que estão ligados ao crescimento de algas. Em desertos, temperaturas extremas e alta intensidade de luz estão presentes (FLECHTNER, 2007). Os crescimentos algais em ambientes urbanos, assim como os desertos, não tendem a ser limitados pela luz, já que são caracterizados por serem ambientes abertos. As amostragens realizadas nesse trabalho se concentraram no interior de florestas, onde a disponibilidade de luz é limitada, o que poderia influenciar no desenvolvimento dos organismos, nesse tipo de habitat.

A flora de algas e cianobactérias epifíticas do interior de florestas estacionais semidecíduais do noroeste paulista apresentou baixa riqueza, quando comparada à flora de outros habitats terrestres. Como mencionado anteriormente, devido ao desconhecimento desses organismos, esse estudo enfocou os principais componentes da comunidade, e, portanto estudos mais detalhados dessa flora ainda são necessários.

2.7. Referências bibliográficas

AKIYAMA, M. On some Brazilian species of Trentepohliaceae. **Memoirs of the Faculty of Education Shimane University. Natural Sciences**, v. 5, p. 81-95, 1971.

AZEVEDO, M.T.P. Edaphic blue-green algae from the São Paulo Botanical Garden, Brazil. **Algological Studies**, v. 64, p. 503-526, 1991.

AZEVEDO, M.T.P.; NOGUEIRA, N.M.C.; SANT'ANNA, C.L. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. *Algas*, 8: Cyanophyceae. **Hoehnea**, v. 23, p. 1-38, 1996.

BARBEROUSSE, H.; RUOT, B.; YÉPRÉMIAN, C.; BOULON, G. An assessment of facade coatings against colonization by aerial algae and cyanobacteria. **Building and Environment**, v. 42, p. 2555–2561, 2006.

BHARADWAJA, Y. False branching and sheath structure in the Myxophyceae, with special reference to the Scytonemataceae. **Archiv für Protistenkunde**, v. 81, p. 243-283, 1933.

BICUDO, C.E.M.; PEREIRA, F.C. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. *Algas*, 16: Chlorophyceae (Ulotrichales). **Hoehnea**, v. 30, p. 31-37, 2003.

BICUDO, C.E.M.; SANTOS, C.I. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. *Algas*, 15: Chlorophyceae (Trentepohliales). **Hoehnea**, v. 28, p. 183-190, 2001.

BORNET, E. ; FLAHAULT, C. Révision des Nostocacés Hétéroscystées Contenues dans les Principaux Herbiers de France. **Annales des Sciences Naturelles: Botanique**. Ser 7, v. III, IV, V, VII, p. 323-380, 343-373, 51-129, 171-262, 1886-1888.

BOURRELY, P.C. **Les algues d'eau douce: initiation à la systematique, 3: lês algues bleues et rouges, lês Euglêniens, Peridiniens et Cryptomonadines**. Paris: Éditions N. Boubéé & Cie., 1970. 512p.

BRANCO, L.H.Z.; AZEVEDO, M.P.T.; SANT'ANNA, C.L.; KOMARÉK, J. New morphospecies of *Symplocastrum* (Phormidiaceae, Oscillatoriales) from aerophytic habitats in Brazil. **Algological Studies**, v. 121, p. 23-33, 2006a.

BRANCO, L.H.Z.; HOFFMANN, L.; TEIXEIRA, J. P.; FERREIRA, V.; MORAIS FILHO, J. C. Aerophytic cyanoprocaryotes from Atlantic rainforest region of São Paulo State, Brazil: Chroococcales and Oscillatoriales. **Cryptogamie, Algologie**, no prelo.

BRANCO, L.H.Z.; KOMARÉK, J.; AZEVEDO, M.T.P.; SANT'ANNA, C.L.; WATANABE, M. The cyanobacterial genus *Cyanoarbor* Wang (Chroococcales, Entophysalidaceae) and its occurrence in Brazil. **Nova Hedwigia**, v. 82, p. 365-380, 2006b.

BRANCO, L.H.Z.; SANT'ANNA, C.L.; AZEVEDO, M.T.P.; SORMUS, L. Cyanophyte flora from Cardoso Island, São Paulo State, Brazil, 2: Oscillatoriales. **Algological Studies**, v. 84, p. 39-52, 1997.

BROADY, P.A.; ENGERFELD, M. Tree new species and a new record of Chaetophoracean (Chlorophyta) algae from terrestrial habitats in Antarctica. **European Journal of Phycology**, v. 28, p. 25-31, 1993.

BRUNEL, J. Le *Trentepohlia arborum* dans le Québec. **Naturaliste Canad**, v. 86, p. 193-198, 1959.

BÜDEL, B.; BECKER, U.; POREMBSKI, S.; BARTHLOTT, W. Cyanobacteria and cyanobacterial lichens from inselbergs of the Ivory Coast. **Botanica Acta**, v. 110, p. 448-456, 1997.

BÜDEL, B.; WEBER, H.M.; POREMBSKI, S.; BARTHLOTT, W. Cyanobacteria of inselbergs in the Atlantic rainforest zone of eastern Brazil. **Phycologia**, v. 41, p. 498-506, 2002.

CAMBRA, J.; HERNÁNDEZ-MARINÉ, M.C. Observaciones sobre las algas corticícolas del nordeste y sudeste de España. **Anales del Jardín Botánico de Madrid**, v. 46, p. 115-126, 1989.

CHAPMAN, R.L. An assessment of the current state of our knowledge of the Trentepohliaceae. In: IRVINE D.E.G.; JOHN D.M. **Systematics of the Green Algae**. London: Academic Press, v. 27, p. 233-250, 1984.

COUTÉ, A.; TELL, G.; THÉRÉZIEN, Y. Cyanophyceae (Cyanobacteria) aérophiles de Nouvelle-Calédonie. **Cryptogamie, Algologie**, v. 20, p. 301-344, 1999.

COX, E.R.; HIGHTOWER, J. Some corticolous algae of McMinn County, Tennessee, U.S.A. **Journal of Phycology**, v. 8, p. 203-205, 1972.

CRIBB, A.B. The genus *Trentepohlia* in South-Eastern Queensland. **University of Queensland Department of Biology Papers**, v. 3, p. 193-201, 1958.

CRIBB, A.B. Further records of *Trentepohlia* from South-Eastern Queensland. **University of Queensland Department of Biology Papers**, v. 4, p. 73-84, 1963.

CRIBB, A.B. Notes on *Trentepohlia* from Queensland including one growing on a spider. **University of Queensland Department of Biology Papers**, v. 4, p. 99-108, 1964.

CRIBB, A.B. Some Trentepohlias new to Australia. **Phykos**, v. 7, p. 3-8, 1968.

CRIBB, A.B. Some species of *Trentepohlia* from Java and Bali. **Queensland Naturalist**, v. 27, p. 31-33, 1987.

CRIBB, A.B. The algal genus *Trentepohlia* in Tasmania. **Queensland Naturalist**, v. 29, p. 3-6, 1989.

CRISPINO, L.M.B.; SANT'ANNA, C.L. Cianobactérias marinhas bentônicas de ilhas costeiras do Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, p. 639-656, 2006.

DAVIS, J.S.; RANDS, D.G.; LACHAPELLE, M. Heavily lichenized *Physolinum* (Chlorophyta) from a dimly lit cave in Missouri. **Journal of Phycology**, v. 25, p. 419-428, 1989.

DAVIS, J.S.; RANDS, D.G. Observations on lichenized and free-living *Physolinum* (Chlorophyta, Trentepohliaceae). **Journal of Phycology**, v. 29, p. 819-825, 1993.

DE WILDEMAN, E. Observations sur quelques formes du genre *Trentepohlia* Mart. **Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique**, v. 27, p. 136-144, 1888.

DE WILDEMAN, E. **Les algues de la flore de Buitenzorg (Essai d'une flore algologique de Java)**. Leiden: E. G. Brill, 1900. 457 p.

ETTL, H.; GÄRTNER, G. **Syllabus der Boden-, Luft- and flechtenalgen**. Jena - New York: Gustav Fischer Verlag, 1995, 811 p.

EVANS, R.D.; JOHANSEN, J.R. Microbiotic crusts and ecosystem processes. **Critical Reviews and Plants Sciences**, v. 18, p. 183-225, 1999.

FEIGE, G.B.; KREMER, B.P. Unusual carbohydrate pattern in *Trentepohlia* species. **Phytochemistry**, v. 19, p. 1844-1845, 1980.

FLECHTNER, V.R. North American desert microbiotic soil crust communities: diversity despite challenge. In: SECHBACH, J. **Cell origin, Life in Extreme habitats and Astrobiology. Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments**. Netherlands: Springer, cap. 6, p. 539-551, 2007.

FLECHTNER, V.R.; JEFFREY, J.R.; CLARK, W.H. Algal composition of the microbiotic crusts from the Central Desert of Baja California, Mexico. **The Great Basin Naturalist**, v. 54, p. 295-311, 1998.

FLINT, E.A. The occurrence of zoospores in *Physolinum* Printz. **New Phytologist**, v. 58, p. 267-270, 1959.

FRÉMY, P. Contribution à la flore algologique de l'Afrique équatoriale française. **Revue Algologique**, v. 1, p. 1-23, 1924.

FRÉMY, P. Les Myxophycées de l'Afrique équatoriale française. **Archives Botanique Mémoires**, v. 3, p. 1-508, 1930.

FRITSCH, F.E. A general consideration of the subaerial and freshwater algal flora of Ceylon. **Proceedings of Royal Society**, v. 79, p. 197 *et seq.*, 1907.

FOERSRER, J.W. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 14. The algae of Pico Del Oeste. **Journal of the Arnold Arboretum**, v. 52, p. 86-109, 1971.

GARDNER, N.L. New Myxophyceae from Porto Rico. **Memories of the New York Botanical Garden**, v. 7, p. 1-144, 1927.

GAYLARD, P.M.; GAYLARD, C.C. Algae and cyanobacteria on painted buildings in Latin America. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 46, p. 93-97, 1999.

GEITLER, L. Cyanophyceae. In: RABENHORST, L. **Kryptogamen-flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz**. Köthen: Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1932. 1196 p.

GRAHAM, L.E.; WILCOX, L.W. **Algae**. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 2000. 700 p.

GOOD, B.H.; CHAPMAN, R.L. The ultrastructure of *Phycopeltis* (Chroolepidaceae; Chlorophyta). I. Sporopollenin in the cell walls. **American Journal of Botany**, v. 65, p. 27-33, 1978.

HANDA, S.; NAKANO, T. Some corticolous algae from Miyajima Island, western Japan. **Nova Hedwigia**, v. 46, p. 165-186, 1988.

HICKMAN, M.; VITT, D.H. The aerial epiphytic diatom flora of moss species from subantarctic Campbell Island. **Nova Hedwigia**, v. 24, p. 443-458, 1973.

HOFFMANN, L.; KOMÁREK, J.; KAŠTOVSKÝ, J. System of cyanoprokaryotes (cyanobacteria) – state in 2004. **Algological Studies**, v. 117, p. 95-115, 2005.

ISLAM, N. Some subaerial green algae from East Pakistan. **Transactions of the American Microscopical Society**, v. 79, p. 471-479, 1960.

JOHN, D.M. Order Trentepohliales. In: JOHN, D.M.; WHITTON, B.A.; BROOK, A.J. **The freshwater algal flora of the British Isles**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 475-479, 2002.

JOSE, G.; CHOWDARY, Y.B.K. New records of *Trentepohlia* from India. **Nova Hedwigia**, v. 32, p. 725-731, 1980.

KOMÁREK J.; HAUER, T. **The on-line database of cyanobacterial genera - Worldwide electronic publication**. Univ. of South Bohemia & Inst. of Botany AS CR, 2004. Disponível em < <http://www.cyanodb.cz> > Acesso em: 15 de dez. de 2008.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. **Cyanoprokaryota - 2. Teil: Chroococcales**. Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1. Heidelberg, Germany: Elsevier/Spektrum, 1998. 548 p.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. **Cyanoprokaryota - 2. Teil: Oscillatoriales**. Süßwasserflora von Mitteleuropa 192. Heidelberg, Germany: Elsevier/Spektrum, 2005. 759 p.

KUFFERATH, H. Algues et protistes muscicoles, corticoles et terrestres récoltés sur la Montagne de Barba (Costa Rica). **Annales de Cryptogamie Exotique**, v.2, p. 23-52, 1929.

LAUNDON, J. *Desmococcus olivaceus* – the name of the common subaerial green algae. **Taxon**, v. 34, p. 671-672, 1985.

LEBLANC, F. Quelques sociétés ou unions d'épiphytes du sud du Québec. **Canadian Journal of Botany**, v. 41, p. 591-638, 1963.

LEITÃO, M.T.; SANTOS, M.F.; SÉRGIO, C.; ORMONDE, J.; CARVALHO, G. Plantas criptogamas na atmosfera de Coimbra, Portugal. **Anales del Jardín Botánico de Madrid**, v. 54, p. 31-36, 1996.

LOKHORST, G.M. **Comparative taxonomic studies on the genus *Klebsormidium* (Charophyceae) in Europe**. Stuttgart, Jena, New York: Gustav Fischer Verlag, 1996. 131 p.

LÓPEZ-BAUTISTA, J.M.; RINDI, F.; CASAMATA, A.D. The systematics of subaerial algae. In: SECHBACH, J. **Cell origin, Life in Extreme habitats and Asrobiology. Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments**. Netherlands: Springer, v. 11, cap. 6, p. 601-617, 2007.

LÓPEZ-BAUTISTA, J.M.; RINDI, F.; GUIRY, M.D. Molecular systematics of the green algal order Trentepohliales: an assessment based on morphological and molecular data. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 56, p. 1709-1715, 2006.

LÓPEZ-BAUTISTA, J.M.; WATERS, D.A.; CHAPMAN, R.L. The Trentepohliales revised. **Constancea** 83, <http://ucjeps.berkeley.edu/constancea/83/lopezetal/trentepohliales.html>, 2002.

LYRA, E. **Algas no solo do agreste de Pernambuco**. Universidade Estadual de Pernambuco. Publicação nº 693: 1-8, 1972.

MARCHE-MACHAD, J. Étude écologique des organismes épiphytes et sous-cuticulaires d'*Anacardium occidentale* L. au Sénégal. **Ver. Gen. Bot.**, v.87, p. 3-71, 143-202, 209-260, 1980.

MARCHE-MACHAD, J. Quelques données écologiques sur *Cephaleuros virescens* Kunze et les lichens dont il est a gonidie. **Cryptogamie, Algologie**, v. 2, p. 289-301, 1981.

NAKANO, T.; HANDA, S.; TAKESHITA, S. Some corticolous algae from the Taishaku-Kyo Gorge, Western Japan. **Nova Hedwigia**, v. 52, p. 427-451, 1991.

NEUSTUPA, J. Two new species of the genus *Podohedra* Düringer (Chlorophyceae). **Algological Studies**, v.112, p. 1-16, 2004.

NEUSTUPA, J.; ŠEJNOHOVÁ, L. *Marvania aerophytica* sp. nov., a new subaerial green alga. **Biologia, Bratislava**, v. 58, p. 5003-507, 2003.

NOGUEROL-SEOANE, A.; RIFÓN-LASTRA, A. Epilithic phycoflora on monuments: A survey of Esteban de Ribas de Sil Monastery (Ourense NW Spain). **Cryptogamie, Algologie**, v. 18, p. 351-361, 1997.

NURUL-ISLAM, A.K.M. Subaerial algae of Bangladesh. **Bangladesh Journal of Botany**, v. 1, p. 13-64, 1972.

OLIVEIRA, B.A.D. **Contribuição ao estudo taxonômico das cianofíceas heterocistadas continentais do Estado do Rio de Janeiro, Brasil**. 1976. 140 p. Tese (Livre-Docência) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

OLIVEIRA, M.S.B.; OLIVEIRA, N.A.; DAINESI, M.B.; CARDOSO, E.J.B.N. Ocorrência de algas cianofíceas em dois solos do município de Piracicaba. **O Solo**, v. 72, p. 62-64, 1980.

PATTERSON, G.W.; VAN VALKENBURG, S. Sterols of *Cephaleuros* (Trentepohliaceae), a parasitic green alga. **Journal of Phycology**, v. 27, p. 549–551, 1991.

PRESCOTT, G.W. **The algae: a review**. Koenigstein: Otto Koeltz Science, 1984. 436 p.

PRINTZ, H. Subaerial algae from South Africa. **Kongelige Norske Videnskabers Selskab Skrifter**, v. 1920, p. 3-41, 1920.

RAMANATHAN, K.R. **Ulotrichales**. New Delhi: Indian Council of Agricultural Research, 1964. 188 p.

RIFÓN-LASTRA, A.; NOGUEROL-SEOANE, A. Algunas Chaetophorales subaéreas interesantes para la Península Ibérica. **Portugaliae Acta Biologica**, v. 19, p. 81-89, 2000.

RINDI, F.; GUIRY, M.D. Diversity, life history and ecology of *Trentepohlia* and *Printzina* (Trentepohliales, Chlorophyta) in urban habitats in Western Ireland. **Journal of Phycology**, v. 38, p. 39-54, 2002.

RINDI, F.; GUIRY, M.D. Composition and distribution of subaerial algal assemblages in Galway City, western Ireland. **Cryptogamie, Algologie**, v. 24, p. 245-267, 2003.

RINDI, F.; GUIRY, M.D.; CRITCHLEY, A.; AR GALL, E. The distribution of some species of Trentepohliaceae (Trentepohliales, Chlorophyta) in France. **Cryptogamie, Algologie**, v. 24, p. 133-144, 2003.

RINDI, F.; GUIRY, M.D.; LÓPEZ-BAUTISTA, J.M. New records of Trentepohliales (Ulvophyceae, Chlorophyta) from Africa. **Nova Hedwigia**, v. 83, p. 431-449, 2006.

RINDI, F.; LÓPEZ-BAUTISTA, J.M. New and interesting records of *Trentepohlia* (Trentepohliales, Chlorophyta) from French Guiana, including the description of two new species. **Phycologia**, v. 46, p. 698-708, 2007.

RINDI, F.; LÓPEZ-BAUTISTA, J.M. Diversity and ecology of Trentepohliaceae (Trentepohliales, Chlorophyta) in French Guiana. **Cryptogamie, Algologie**, v. 29, p.13-43, 2008.

RINDI, F.; SHERWOOD, A.R.; GUIRY, M.D. Taxonomy and distribution of *Trentepohlia* and *Printzina* (Trentepohliales, Chlorophyta) in the Hawaiian Islands. **Phycologia**, v. 44, p. 270-284, 2005.

RIVERA-AGUILAR, V.; MONTEJANO, G.; RODRÍGUEZ-ZARAGOZA, S.; DURÁN-DÍAZ, A. Distribution and composition of cyanobacteria, mosses and lichens of the biological soil crusts of the Tehuacán Valley, Puebla, Mexico. **Journal of Arid Environments**, v. 67, p. 208–225, 2006.

SANT'ANNA, C.L. Flora de Cyanophyceae associada a briófitas, município de Campina Verde, MG. **Rickia**, v. 11, p. 129-142, 1984.

SANT'ANNA, C.L. Scytonemetaceae (Cyanophyceae) from the State of São Paulo, southern Brazil. **Nova Hedwigia**, v. 46, p. 519-539, 1988.

SANT'ANNA, C.L.; AZEVEDO, M.T.P. Oscillatoriaceae (Cyanophyceae) from São Paulo State. **Nova Hedwigia**, v. 60, p. 19-58, 1995.

SANT'ANNA, C.L.; AZEVEDO, M.T.P.; BRANCO, L.H.Z. ; KOMAREK, J. New aerophytic morphospecies of *Nostoc* (Cyanobacteria) from São Paulo State, Brazil. **Hoehnea**, v. 34, p. 95-101, 2007.

SANT'ANNA, C.L.; BRANCO, L.H.Z.; SILVA, S.M.F. A new species of *Gloethece* (Cyanophyceae, Microcystaceae) from São Paulo State, Brazil. **Algological Studies**, v. 62, p. 1-5, 1991a.

SANT'ANNA, C.L.; SILVA, S.M.F.; BRANCO, L.H.Z. Cyanophyceae da Gruta-quechora, município de Ubatuba, Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, v. 18, p. 75-97, 1991b.

SANT'ANNA, C.L.; CORDEIRO-MARINO, M.; BRAGA, M.R.A.; GUIMARÃES, S.M.P.B. Cianobactérias marinhas bentônicas das praias de Peruíbe e dos Sonhos, Município de Itanhaém, SP, Brasil. I. **Rickia**, v. 12, p. 89-112, 1985.

SCHLICHTING, H.E.JR. Some subaerial algae from Ireland. **British Phycological Journal**, v. 10, p. 257-261, 1975.

SCHMIDLE, W. Epiphyllie Algen nebst einer *Pithophora* und *Dasya* aus Neu-Guinea. **Flora**, v. 33, p. 304, 1897.

SILVA, S.M.F.; SANT'ANNA, C.L. Stigonemataceae (Cyanophyceae) do estado de São Paulo, Brasil, 1: O gênero *Hapalosiphon* Naegeli ex Bornet & Flahaut. **Hoenea**, v. 17, p. 63-91, 1990.

SILVA, S.M.F.; SANT'ANNA, C.L. Stigonemataceae (Cyanophyceae) do estado de São Paulo, Brasil: Gênero *Stigonema* Bornet & Flahaut. **Hoenea**, v. 23, p. 33-58, 1996.

SKINNER, S.; ENTWISLE, T.J. Non-marine algae of Australia: tuft-forming Cyanobacteria. **Telopea**, v. 9, p. 685-712, 2001.

SMITH, G. M. **The freshwater algae of the United States**. New York: McGraw-Hill, 1933. 719 p.

THOMPSON, R.H.; WUJEK, D.E. *Printzina* gen. Nov. (Trentepohliaceae), including a description of a new species. **Journal of Phycology**, v. 28, p. 232-237, 1992.

TRACANNA, B.C. Trentepohliales (Chlorophyta): El género *Trentepohlia* Martius para las provincias de Salta y Tucumán (Argentina). **Lilloa**, v. 37, p. 47-59, 1989.

VISCHER, W. Reproduktion und systematische Stellung einiger Rinden- und Boden-algen. **Schweiz. Z. Hydrologie.**, v. 22, p. 330-349, 1960.

WYLIE, P.A.; SCHLICHTING, H.E. A floristic survey of corticolous subaerial algae in North Carolina. **The Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society**, v. 89, p. 179-183, 1973.

Capítulo 3

DISTRIBUIÇÃO ECOLÓGICA DE ALGAS E CIANOBACTÉRIAS AEROFÍTICAS EM FRAGMENTOS DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NO NOROESTE PAULISTA

3.1. Resumo

Muito pouco é conhecido à respeito da distribuição ecológica das algas e cianobactérias corticícolas (distribuição vertical, relação com a planta hospedeira e influência das características da área - tamanho e heterogeneidade de habitats). O principal objetivo deste trabalho foi avaliar a riqueza e a abundância de algas e cianobactérias corticícolas em diferentes fragmentos de floresta estacional semidecidual no noroeste paulista. Também foram realizadas comparações da estrutura destas comunidades procurando-se por eventuais relações de parâmetros, como riqueza, abundância e diversidade de espécies, com as características das áreas estudadas, além de investigar quais fatores ecológicos (temperatura, pH e umidade) influenciam na distribuição espacial dos organismos estudados. A coleta de dados foi realizada em dez remanescentes florestais (quatro com área total entre 50 e 150ha e seis com área total maior que 200ha). 30 árvores (substrato potencial para crescimento epífita) aleatoriamente escolhidas foram analisadas em cada fragmento em três alturas pré-estabelecidas (50cm, 100cm e 150cm) quanto à presença/ausência e abundância (cobertura percentual) de crescimentos algais. Dados de temperatura e umidade relativa do ar e medidas de pH dos substratos (cascas de árvores) onde as algas e cianobactérias epífitas também foram coletadas. Os dez fragmentos foram caracterizados e comparados através das diversidades alfa e beta, uniformidade de distribuição das espécies (equitabilidade) e dominância, enquanto a similaridade entre as áreas foi analisada através dos coeficientes de Jaccard e de Bray-Curtis. A distribuição de abundância das algas e cianobactérias ao longo dos substratos foi comparada dentro do mesmo fragmento e entre todos os fragmentos considerando-se as mesmas alturas através da análise de variância para dados não-paramétricos de Kruskal-Wallis. A correlação entre as características das áreas e a diversidade de algas e cianobactérias foi verificada pelas análises de r de Pearson. Algas e cianobactérias não apresentaram padrões na distribuição vertical nas árvores em nenhum dos fragmentos estudados. Com relação aos valores de diversidade de espécies, observou-se que estes não estão relacionados ao tamanho do fragmento, e sim às condições ambientais encontradas nas áreas (cobertura do dossel e umidade). Os dendrogramas mostraram que os fragmentos estudados são distintos na composição e abundância de espécies,

ressaltando a necessidade de preservação de um maior número possível de fragmentos, independente de seu tamanho, para manutenção da diversidade de algas e cianobactérias epifíticas nos ambientes aerofíticos.

3.2. Introdução

Algas e cianobactérias ocorrem em todos os habitats terrestres do planeta (RINDI, 2007), incluindo alguns dos ambientes mais extremos, como rochas em desertos quentes e frios (FRIEDMANN & OCAMPO-FRIEDMANN, 1984), solos da Antártica (BROADY, 1996) e lugares altamente ácidos (LUKEŠOVÁ, 2001).

O papel ecológico dessa comunidade é considerado importante e diversificado, principalmente para os organismos que vivem em solos. Como colonizadores primários, algas e cianobactérias constituem a sinúsia inicial em substratos recentemente expostos, onde promovem o desgaste de minerais e criam condições ligeiramente ácidas, devido à produção de ácido carbônico gerado através da fotossíntese (METTING, 1981). Também são consideradas estabilizadoras e melhoradoras das propriedades físicas e químicas dos solos pela agregação de partículas, além de influenciarem a germinação de sementes de plantas vasculares (STARKS et al., 1981; JOHANSEN et al., 2001; HU et al., 2002). Uma das contribuições mais significativas é o acréscimo de nutrientes ao meio pela incorporação de carbono e nitrogênio orgânicos (METTING, 1981; EVANS & JOHANSEN, 1999; BELNAP, 2002).

Com relação à comunidade de algas e cianobactérias aerofíticas epífitas, pouco é conhecido sobre sua função ecológica. Forman (1975) reportou a importância de líquens com cianobactérias na fixação de nitrogênio atmosférico, em floresta tropical da Colômbia. Outros trabalhos revelam a importância econômica de algumas algas, como por exemplo, o efeito patogênico de *Cephaleuros*, uma Chlorophyta parasita, em folhas de café e chá de regiões tropicais e subtropicais (THOMPSON & WUJEK, 1997; LÓPEZ-BAUTISTA et al., 2002).

Poucos estudos sobre a distribuição ecológica das algas e cianobactérias aerofíticas têm sido realizados. A maior parte dessas informações é encontrada para ambientes urbanos (p. ex. GAYLARDE & GAYLARDE, 1999; RINDI & GUIRY, 2003), devido ao poder de deterioração de edifícios e monumentos. A avaliação quantitativa dos padrões de distribuição baseado em análises estatísticas tem sido feito em poucas investigações e somente para poucas espécies, principalmente da ordem Prasiolales (RINDI et al., 1999; RINDI & GUIRY, 2004; MENÉNDEZ et al., 2006). Broady (1979) estudou quantitativamente e forneceu informações sobre a

distribuição vertical de algas de solo da Antártica, onde a maioria das algas ocorreu em profundidades de 1 a 5cm. A distribuição vertical de algas de solo também foi estudada por Elster et al. (1999), em regiões geladas do Canadá, e a maior abundância de algas foi encontrada a 3cm de profundidade.

Estudos que tratam da distribuição vertical e da influência das características do substrato (tamanho, pH, umidade, textura) na comunidade corticícola de algas e cianobactérias não são encontrados na literatura. Informações similares estão disponíveis somente para a comunidade de briófitas e líquens (BILLINGS & DREW, 1938; HALE, 1952; CUBERSON, 1955; BEALS, 1965). Segundo Beals (1965), alguns fatores ambientais, como a espécie hospedeira, pH, capacidade de retenção de água do tronco e exposição à luz, mostram padrões distintos, indicando que esses fatores influenciam significativamente a distribuição de criptógamos.

Desconhece-se também a influência das características da área (tamanho e heterogeneidade de habitats) na abundância e riqueza desses organismos, o que é bem documentado para outros organismos, como por exemplo, plantas superiores (BASTIN & THOMAS, 1999; HONNAY et al., 1999a, b; BROSE, 2001; GODEFROID & KOEDAM, 2003; HILL & CURRAN, 2003; KRAUSS et al., 2004). Alguns trabalhos realizados com angiospermas encontraram uma relação direta entre o tamanho da área e riqueza de espécies (CONNOR & MCCOY, 1979, 2001; HOLT, 1992; ROSENZWEIG, 1995).

A fragmentação do habitat (transformação de grandes áreas em fragmentos menores e isolados) envolve a redução de espaço disponível para algumas espécies (HAILA, 2002; OLFF & RITCHIE, 2002; FAHRIG, 2003). Tal redução implica na diminuição da abundância local de espécies e um aumento no grau de isolamento entre populações, afetando muitos processos ecológicos tanto no nível populacional quanto no nível de comunidade (SAUNDERS et al. 1991; RATHCKE & JULES, 1993).

Na região noroeste do estado de São Paulo, observa-se um intenso processo de fragmentação na vegetação. Caracterizada como floresta estacional semidecidual e savana, a vegetação nativa restringe-se hoje a 4% de sua área original, tendo sido substituída por pastagens, culturas diversas ou áreas urbanas (SMA/IF, 2005). Tal impacto coloca a região como a mais desmatada e fragmentada do estado e com a menor concentração de unidades de conservação (KRONKA et al., 1993).

3.3. Objetivos

O principal objetivo do trabalho foi avaliar a riqueza e a abundância de algas e cianobactérias aerofíticas em diferentes fragmentos de floresta estacional semidecidual no noroeste paulista. Adicionalmente, foram realizadas comparações da estrutura destas comunidades procurando-se por eventuais relações de parâmetros, como riqueza, abundância e diversidade de espécies, com as características das áreas estudadas, além de investigar quais fatores ambientais (temperatura, pH e umidade) influenciam na distribuição espacial dos organismos estudados.

3.4. Material e métodos

Os trabalhos de campo foram realizados em dez fragmentos de floresta estacional semidecidual no noroeste do estado de São Paulo. Considerando que os organismos epifíticos são os principais componentes das comunidades de algas e cianobactérias aerofíticas nas áreas estudadas, 30 árvores foram aleatoriamente amostradas em três diferentes alturas, em cada fragmento, para a avaliação da frequência e abundância (porcentagem de cobertura) dos organismos. Detalhes da metodologia empregada estão descritos no Capítulo 1 desse trabalho.

Não foram mensurados dados de abundância para as espécies com morfologia cocóide, devido à dificuldade de quantificação desses organismos nas amostras, com base do método empregado.

Durante as coletas dos organismos, foram tomados valores de temperatura e umidade relativa do ar (termohigrômetro Hanna Instruments) com a finalidade de caracterização do ambiente local. A partir de amostragens preliminares foi possível constatar que os valores de temperatura e umidade tomados para o ambiente não apresentaram diferença dos valores obtidos para cada microhabitat (próximos aos crescimentos algais), por isso as medidas tomadas para a área foram extrapoladas para o microhabitat. Também foram realizadas medidas de PAP (perímetro a altura padrão) e de pH da casca das angiospermas onde as algas e cianobactérias epifitas foram coletadas.

As comunidades dos dez fragmentos foram avaliadas através da diversidade alfa. Utilizou-se os índices de Shannon-Wiener ($H' = - \sum(p_i \times \log_n p_i)$), onde $p_i =$

porcentagem de cobertura de cada espécie na comunidade) e de Simpson (inverso da dominância) (MAGURRAN, 1988). A dominância foi mensurada pelo do índice de Simpson ($D = \sum p_i^2$) (MAGURRAN, 1988) e pela Curva do Componente Dominância (ODUM, 1988). A uniformidade da distribuição das espécies foi medida através da equitabilidade ($e = H'/H_{max}$, onde H_{max} é a diversidade teórica máxima, calculada como o logaritmo na base natural do número de espécies) (LUDWIG & REYNOLDS, 1988).

A diferença entre todos os habitats em termos da composição de espécies neles encontradas foi mensurada através da diversidade beta (MAGURRAN, 1988), utilizando-se o índice de Whittaker ($\beta_w = (S/\alpha)-1$, onde S é o número total de espécies e α a riqueza média) e utilizando-se o inverso do índice de Jaccard ($1 - C_j$, onde $C_j = j/(a+b-j)$, sendo j o número de espécies comuns entre as duas áreas, a o número de espécies na área A e b o número de espécies na área B) (WHITTAKER, 1972).

A similaridade entre os dez fragmentos foi comparada com base na composição (presença/ausência) e abundância das espécies (porcentagem de cobertura). Para isso foram feitas análises de dendrogramas utilizando-se o coeficiente de Jaccard, para a matriz qualitativa e o de Bray-Curtis, para a matriz quantitativa (MAGURRAN, 1988). Estas avaliações foram conduzidas utilizando-se o programa MVSP (KOVACH, 1998).

A comparação da abundância de algas entre as três alturas (50 cm, 100 cm e 150 cm) dentro de cada fragmento foi feita através do teste de análise de variância para dados não-paramétricos de Kruskal-Wallis (H) (ZAR, 1996). Este teste foi aplicado, pois avaliações preliminares sobre a abundância das espécies revelaram que os dados não cumpriam os pressupostos de normalidade e homoscedasticidade para a utilização de testes paramétricos.

Os testes estatísticos foram realizados utilizando-se o Programa BioEstat (AYRES et al., 2005).

A influência das características das áreas (perímetro, área e índice de forma) sobre a abundância e diversidade dos organismos foi verificada através de análises de correlação de Pearson, com a utilização do programa MINITAB (RYAN et al., 1985).

3.5. Resultados

Os fragmentos apresentaram valores próximos em relação às características físicas e químicas (temperatura, umidade e pH). A temperatura nas áreas variou entre 23°C e 31,8°C e a umidade entre 45,5% e 67%. Os substratos amostrados mostraram pH levemente ácido, oscilando entre 4,57 a 5,73 (Tabela 1).

A ocorrência das 27 espécies de algas e cianobactérias encontradas apresentou ampla variação entre os fragmentos amostrados (Tabela 2). *Scytonema ocellatum* e *Trentepohlia monilia* foram as espécies mais bem distribuídas considerando-se todas as áreas estudadas, sendo encontradas em nove dos dez fragmentos analisados. Considerando as 90 unidades amostrais (30 árvores em três alturas) estudadas em cada área, os resultados revelaram que *Trentepohlia aurea* foi a espécie mais freqüente nos fragmentos G1 (42,0%) e G3 (29,0%), *Nostoc* sp. em G2 (26,7%), *Scytonema ocellatum* em G5 (31,1%) e G9 (38%), *S. javanicum* (10%) em G4, *T. arborum* em P1 (23,0%), *T. monile* em P2 (23,3%), *Aphanothece* sp.2 (18%) em P3 e *Porphyrosiphon notarisii* em P4 (14%).

O fragmento G1 foi a área que apresentou maior abundância média de organismos (6,65%), seguido pelo fragmento G2 (4,88%), já os fragmentos P4 e G5 revelaram a menor abundância média (0,90% e 0,94%, respectivamente). Considerando a abundância, em termos de porcentagem de cobertura, observa-se que *T. aurea* foi o organismo mais abundante nos fragmentos G1 (4,85%) e G3 (1,67%), *Melosira* sp. em G2 (1,53%), *Nostoc* sp. em G5 (0,53%), organismo não identificado em G9 (2,29%), *Hassalia byssoidea* em G4 (0,83%), e P3 (1,70%), *T. arborum* em P1 (3,00%), *Nostoc* sp. em P2 (0,79%) e *P. notarisii* em P4 (0,39%) (Tabela 2).

Os fragmentos que apresentaram maior riqueza de espécies foram os fragmentos P3, com 16 táxons específicos, seguido pelos fragmentos G2 e G4, com 14 espécies cada um. No fragmento G3 foram encontrados quatro táxons específicos, sendo esta a área com menor riqueza (Tabela 3).

Os fragmentos G2, G5, G4 e P4 foram os que apresentaram os maiores valores de H' (1,96, 1,85, 1,84 e 1,81, respectivamente). Nas mesmas áreas foram observados os maiores valores para o índice de diversidade de Simpson (G5 com 5,54, G2 com 5,53, G4 com 4,46 e P4 com 4,50) (Tabela 3).

O grau de concentração da abundância das espécies em cada fragmento, avaliado através do índice de dominância de Simpson e da análise gráfica da Curva do Componente Dominância, apresentou-se elevado em alguns fragmentos considerados grandes (G1 e G3) e nos fragmentos pequenos, com exceção de P4 (Tabela 3, Figura 1). Os maiores valores de equitabilidade (e) das comunidades e, conseqüentemente, os menores valores de dominância (D) foram encontrados nos fragmentos G5, G4, G3, G2 e P4. Com exceção de G3, essas áreas também apresentaram também os maiores valores de diversidade.

A diferença da composição florística entre todas as comunidades de algas e cianobactérias aerofíticas dos fragmentos foi medida através da diversidade beta (β_w) e foi igual a 1,45. A diversidade beta também foi mensurada comparando-se pares de fragmentos, através do índice de Jaccard (Tabela 4). Os fragmentos G2 e P2 apresentaram a maior similaridade na composição de espécies ($1 - C_j = 0,33$), sendo a menor similaridade foi encontrada entre os fragmentos G3 e P3 ($1 - C_j = 1,0$).

Tabela 1. Parâmetros ambientais selecionados dos fragmentos onde os organismos foram coletados.

Fragmentos	Temperatura (°C)	URA ¹ (%)	pH ²	PAP ³ (cm)
G1	31,8	50,0	4,75	54,9
G2	31,0	63,0	4,93	48,7
G3	29,5	45,5	4,64	36,2
G4	29,1	57,0	4,57	40,0
G5	26,0	65,5	5,32	38,1
G9	23,0	67,0	5,73	45,9
P1	29,0	64,0	5,00	36,7
P2	27,0	63,0	4,83	26,8
P3	26,6	65,0	5,57	38,5
P4	28,0	67,0	5,42	46,1

¹URA = Umidade relativa do ar

²Média dos valores de pH encontrados nos troncos onde foram encontrados algas e cianobactérias.

³ Média dos valores de PAP (perímetro a altura padrão) dos troncos onde foram encontrados algas e cianobactérias.

Tabela 2. Freqüências e abundâncias (médias de porcentagem de cobertura) das algas e cianobactérias nos dez fragmentos estudados.

Táxon	G1		G2		G3		G4		G5		G9	
	F (%)	%cob										
Cyanobacteria												
<i>Aphanothece</i> sp.1												
<i>Aphanothece</i> sp.2												
<i>Aphanothece</i> sp.3		8,0							2,0			
<i>Aphanothece</i> sp.4												
<i>Hapalosiphon</i> sp.					3,30	1,06						
<i>Hassallia byssoidea</i>			1,40	0,55			3,0	0,83	17,80	0,19		
<i>Lyngbya cf. truncicola</i>			3,30	0,01					12,20	0,02	11,00	0,01
<i>Nostoc</i> sp.			26,70	0,61					23,30	0,53		
<i>Phormidium cf. corium</i>			13,30	0,07					13,30	0,03	4,40	0,01
<i>Phormidium</i> sp.	5,0	0,06	4,40	0,06			5,0	0,03	21,10	0,16	17,00	0,38
<i>Porphyrosiphon notarisii</i>												
<i>Scytonema javanicum</i>	42,00	1,00	6,70	0,22			10,0	0,38			1,10	0,01
<i>S. ocellatum</i>	5,0	0,10	16,70	0,08			3,0	0,01	31,10	0,24	38,00	0,68
<i>Scytonema</i> sp.							3,0	0,01				
<i>Stigonema hormoides</i> var <i>constrictum</i>												
<i>S. ocellatum</i>			5,50	0,12								
Chlorophyta												
<i>Desmococcus olivaceus</i>							7,7				2,0	
<i>Klebsormidium flaccidum</i>							1,0	0,01				
<i>Printzina effusa</i>							4,0	0,06			15,50	0,22
<i>Trentepohlia abietina</i>							4,0	0,07				
<i>T. arborum</i>	23,00	0,38	0,18	0,52	2,20	0,11	8,0	0,21			6,70	0,66
<i>T. aurea</i>	43,00	4,85			29,0	1,67						
<i>T. diffracta</i>	10,0	0,05	12,20	0,10			1,0	0,01	10,00	0,04	12,00	0,08
<i>T. cf. duseinii</i>	3,0	0,03					2,0	0,22				
<i>T. monile</i>	8,30	0,10	8,90	0,95	13,0	0,69	7,0	0,13	3,30	0,01		
Organismo não identificado									4,40	0,08	32,00	2,29
Bacillariophyta												
<i>Melosira</i> sp.	5,0	0,12	6,7	1,53			7,0	0,20			5,50	0,11

Tabela 3. Valores de riqueza (número de espécies), abundância média (% de cobertura), diversidade (H' e $1/D$), dominância (D) e equitabilidade (e) das comunidades dos fragmentos florestais estudados.

Fragmento	Riqueza	Abundância Média	H'	$1/D$	D	e
G1	9	6,65	0,99	1,79	0,56	0,46
G2	14	4,88	1,96	5,53	0,18	0,79
G3	4	3,53	1,14	2,83	0,35	0,82
G4	14	2,08	1,84	4,46	0,22	0,72
G5	11	0,94	1,85	5,54	0,18	0,84
G9	10	4,73	1,60	3,48	0,29	0,73
P1	9	4,45	1,10	2,02	0,49	0,53
P2	11	3,35	1,53	3,31	0,30	0,67
P3	16	2,76	1,27	2,38	0,42	0,51
P4	12	0,90	1,81	4,50	0,22	0,73

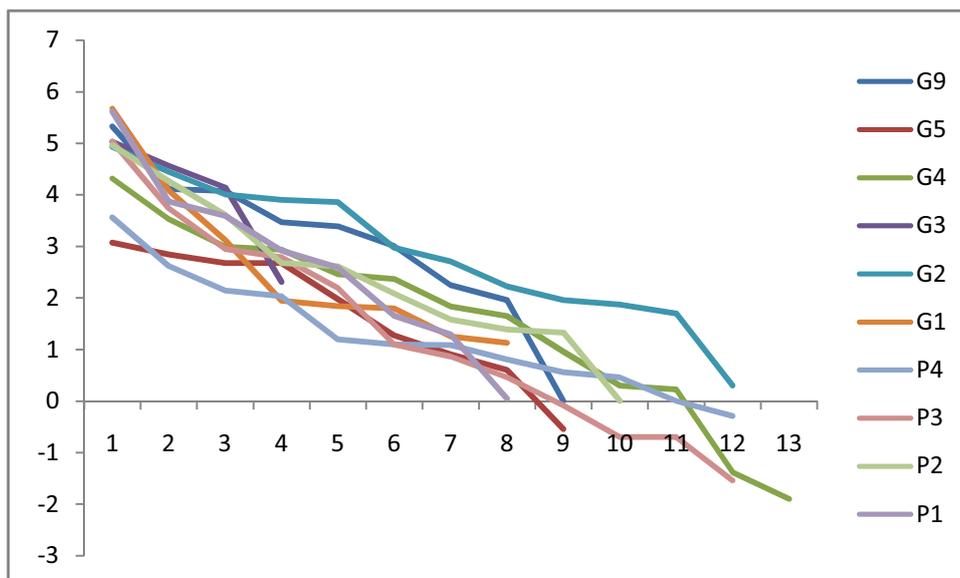


Figura 1. Curva do componente dominância das áreas amostradas.

O dendrograma obtido a partir de matriz qualitativa (Figura 2) mostrou que os fragmentos possuem composição florística distinta uns dos outros, sendo a flora do fragmento G3 a mais diferente entre todas as áreas estudadas. Os fragmentos mais similares foram G2 e P2, ainda assim em um grau considerado relativamente baixo (próximo de 60%).

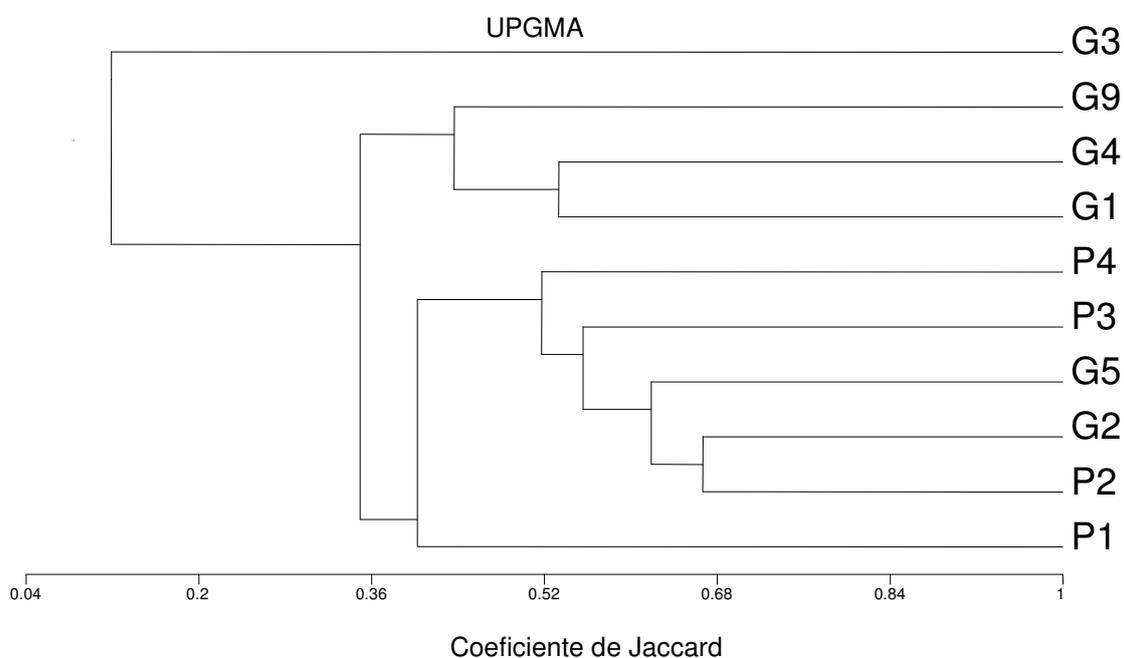


Figura 2. Dendrograma com base em matriz qualitativa (presença/ausência de espécies) nos dez fragmentos analisados.

Não houve valores de correlação estatisticamente significativos entre as características dos fragmentos e os atributos das comunidades (abundância x área, $r = 0,268$, $p = 0,454$; abundância x perímetro, $r = 0,096$, $p = 0,793$; abundância x índice de forma, $r = -0,135$, $p = 0,710$; riqueza x área, $r = 0,122$, $p = 0,736$; riqueza x perímetro, $r = 0,133$, $p = 0,714$; riqueza x índice de forma, $r = 0,306$, $p = 0,390$).

Não foram observados padrões na distribuição vertical de algas e cianobactérias nos troncos em nenhum dos fragmentos estudados. As análises realizadas através do teste de Kruskal-Wallis (H) não revelaram diferenças significativas na abundância dos organismos para as diferentes alturas nas mesmas áreas (G1, $H = 0,0118$, $p = 0,9941$; G2, $H = 0,0071$, $p = 0,9965$; G3, $H = 0,0609$, $p = 0,9700$; G4, $H = 0,350$, $p = 0,8399$; G5, $H = 1,0071$, $p = 0,6044$; G9, $H = 0,1954$, $p = 0,9069$; P1, $H = 0,3066$, $p = 0,8579$; P2, $H = 0,0651$, $p = 0,9680$; P3, $H = 0,234$, $p = 0,8896$; P4, $H = 0,837$, $p = 0,6578$).

3.6. Discussão

As análises de distribuição vertical das algas e cianobactérias não revelaram diferenças significativas na abundância de algas e cianobactérias entre as três alturas estudadas. Hale (1952) encontrou um padrão definido de distribuição da comunidade de criptógamos (líquens e briófitas) ao longo dos troncos, com cada espécie alcançando um valor máximo de constância em um nível diferente. Segundo o mesmo autor, algumas criptógamas tiveram restrições a grupos particulares de espécies de árvores devido a fatores como pH, umidade e textura.

No presente estudo não foram observadas especificidades entre as plantas hospedeiras e a comunidade de cianobactérias e algas epífitas, o que pode ser explicado pela semelhança das condições microambientais apresentadas pelos hospedeiros amostrados. A comunidade de líquens corticícolos estudada por Beals (1965) também não revelou correlações com características das árvores hospedeiras, as quais também apresentaram condições microambientais dos troncos sobrepostas.

Billings & Drew (1938) evidenciaram que os principais fatores que influenciaram a distribuição de espécies de briófitas nas plantas hospedeiras foram a umidade e o pH. Em seu trabalho, os autores encontraram dois grupos distintos de substratos, um menos úmido e mais ácido e outro mais úmido e menos ácido, os quais apresentaram composições de comunidade corticícola de briófitas diferentes. Nesse trabalho, as características químicas (pH) do substrato e físicas (temperatura e umidade) dos ambientes foram muito próximas, o que pode explicar a distribuição vertical uniforme de algas e cianobactérias.

Muitos estudos ecológicos predizem um relacionamento entre o tamanho da área e o número de espécies nela residentes (SCHOENER, 1976). Nesse trabalho, entretanto, o tamanho das áreas não mostrou um relacionamento direto com diversidade, riqueza e abundância de espécies de algas e cianobactérias aerofíticas.

De acordo com a Teoria de Biogeografia de Ilhas (MACARTHUR & WILSON, 1967), os efeitos do tamanho da área podem resultar de altas taxas de extinção em habitats pequenos, originadas de sua pequena capacidade de sustentabilidade de populações, que tende a ser mais vulnerável aos efeitos ambientais e à estocasticidade genética (HOBBS & YATES, 2003; MATTHIES et al., 2004). Ao contrário, grandes áreas possuem uma amplitude maior de condições ambientais (efeitos da heterogeneidade de habitats), permitindo o desenvolvimento de um número maior organismos especialistas (CONNOR & MCCOY, 1979). Esses efeitos parecem ser mais evidentes em organismos que necessitam de áreas maiores para seu estabelecimento, como por exemplo, plantas superiores, onde tanto o tamanho da área (CONNOR & MCCOY, 1979, 2001; BASTIN & THOMAS, 1999; HONNAY et al., 1999b; GODEFROID & KOEDAM, 2003; HILL & CURRAN, 2003; KRAUSS et al., 2004) quanto a heterogeneidade do habitat (HONNAY et al., 1999b; BROSE, 2001) têm mostrado afetar a diversidade de espécies.

Os organismos avaliados nesse estudo possuem habitats geralmente na escala de centímetros como área de sobrevivência e, portanto, as condições ambientais pontuais sob as quais os indivíduos estão expostos (p.ex., grau de preservação da vegetação arbórea, luz e umidade) parecem ter maior influência na diversidade de espécies, do que o tamanho total do fragmento.

Fragmentos florestais bem preservados possuem árvores maiores com copas bem desenvolvidas, formando um dossel mais fechado e, conseqüentemente, limitando a penetração da luz no interior do fragmento. Essa condição pode ser observada no fragmento G9, que é considerado o mais bem preservado entre todos os estudados e quase toda sua extensão (92,4%) está ocupada por vegetação em estágio avançado de sucessão (Tabela 2, Capítulo 1), portanto densa e fechada, justificando diversidade e riqueza mais baixas que de outras áreas, mesmo sendo o que apresenta a maior área total (2189,6ha).

Em contrapartida, fragmentos com grau de conservação menor, como G2, G5 e P4, apresentaram maiores valores dos índices de diversidade. Essas áreas são dominadas por vegetação em estágio inicial e médio de sucessão e, assim, a intensidade luminosa tende a ser maior no interior do ambiente. Além disso, nesses locais foram encontradas umidades mais elevadas, que combinadas com as características da vegetação arbórea, podem explicar os maiores valores de diversidade das comunidades.

Os mesmos fatores podem estar relacionados à diversidade encontrada nos fragmentos G1 e G3, pois embora sejam considerados grandes, apresentaram baixa diversidade e riqueza de espécies. G1 e G3 possuem a maior parte de sua área com vegetação em estágio médio de sucessão (Tabela 2, Capítulo 1), possibilitando a entrada de luz no interior do fragmento. Entretanto, a umidade relativa do ar encontrada nesses ambientes foi baixa, o que, potencialmente, limita o desenvolvimento dos organismos, contribuindo para a baixa diversidade e riqueza de espécies observada. Os mesmos fragmentos mostraram elevada abundância e dominância de espécies. Esses ambientes parecem ser restritivos, principalmente pela baixa umidade, o que possibilita o crescimento de apenas algumas espécies, as quais são competitivamente adaptadas e dominam o ambiente.

Um dos muitos modelos que pode explicar o padrão da diversidade em comunidades é a Hipótese do Distúrbio Intermediário (HDI) (CONNELL, 1978) e os resultados encontrados nesse estudo podem ser relacionados aos princípios dessa hipótese. A HDI prediz que a diversidade deverá ser mais alta em comunidades com nível intermediário de distúrbio. Segundo essa hipótese, se os distúrbios são muito raros e/ou de pequena intensidade, espécies mais

bem adaptadas irão eliminar competitivamente outras espécies e assim, diminuir a diversidade, o que pode explicar os resultados observados no fragmento G9. Se os distúrbios forem muito freqüentes e/ou intensos, várias espécies sofrerão extinção local, já que muitas não são capazes de tolerar condições muito restritivas, e poucas espécies adaptadas dominarão o ambiente, o que pode ser encontrado nos fragmentos G1 e G3. Sob níveis intermediários de distúrbios, a diversidade é elevada, pois diferentes espécies são tolerantes às diferentes condições proporcionadas pelos distúrbios, favorecendo a coexistência de uma flora mais diversificada.

Além dos fatores citados, muitos outros, como diversidade climática e/ou de habitats e história evolucionária e produtividade da área, podem ser fortemente relacionados à diversidade de espécies local (RICKLEFS & SCHLUTER, 1993). Alguns desses fatores podem explicar os resultados encontrados nos fragmentos P1, P2, P3 e G4, já que essas áreas não parecem apresentar relações das condições ambientais com a diversidade de espécies.

Vários estudos demonstram a necessidade de preservação de áreas maiores para a manutenção da diversidade biológica (PRIMACK & RODRIGUES, 2001; KRAUSS et al., 2004; CAGNOLO et al., 2006) mas este relacionamento não foi observado para a comunidade de algas e cianobactérias aerofíticas. Isto provavelmente é um reflexo das próprias dimensões dos organismos e por consequência das requisições espaciais em função de seus históricos de vida. Condições microambientais intermediárias, principalmente de intensidade luminosa, umidade e temperatura, parecem estar mais efetivamente ligadas às características das comunidades.

As análises de dendrogramas revelaram uma baixa similaridade na composição e abundância de espécies entre os fragmentos. O grupo mais coeso, formado segundo a composição de espécies, foi composto pelos fragmentos G2 e P3, corroborado pelo cálculo da diversidade beta, mas mesmo assim, em nível relativamente baixo de similaridade. Os demais fragmentos posicionaram-se distantes uns dos outros, ressaltando a distinção da composição das comunidades entre as áreas estudadas. Os dados obtidos permitem concluir que as características específicas de cada fragmento resultam em comunidades relativamente distintas em composição e abundância.

Este fato ressalta, portanto, a necessidade da preservação do maior número possível de fragmentos florestais, independente de seu tamanho, garantindo a existência das diferentes comunidades de algas e cianobactérias aerofíticas. Obviamente, a questão da preservação das áreas deve ser considerada segundo uma visão mais ampla, abrangendo os diferentes organismos vegetais e animais e considerando suas necessidades específicas.

De qualquer maneira, os organismos e comunidades presentemente estudados representam importantes elementos no funcionamento dos sistemas ecológicos. Fazem parte da base da cadeia alimentar de diversos tipos de organismos e estão vinculados a processos biogeoquímicos relevantes, devendo ser considerados em iniciativas conservacionistas, principalmente nesta região do estado de São Paulo, extremamente deficitária em áreas naturais.

Como observado, as condições ambientais das áreas são importantes para definir a diversidade de espécies. Essas condições tendem a ser diferentes no interior e nas áreas de borda dos fragmentos, as quais potencialmente estão expostas a mais luz e menos umidade. Esse estudo concentrou suas amostragens no interior dos fragmentos, inexistindo trabalhos comparativos das comunidades de algas e cianobactérias corticícolas de interior e de bordas de áreas florestais, sendo que investigações com esse objetivo poderiam revelar resultados importantes sobre a ecologia desses organismos.

3.7. Referências bibliográficas

AYRES, M.; AYRES, M.J.; AYRES D.L.; SANTOS, A.S. **BioEstat 4.0: aplicações estatísticas na áreas das ciências biomédicas**. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, Brasília, Ministério da Ciência e Tecnologia; Belém Imprensa Oficial do Estado do Pará, 2005. 324 p.

BASTIN, L.; THOMAS, C.D. The distribution of plant species in urban vegetation fragments. **Landscape Ecology**, v. 14, p. 493–507, 1999.

BEALS, E.W. Ordination of some corticolous cryptogammic communities in south-central Wisconsin. **Oikos**, v. 16, p. 1-8, 1965.

BELNAP, J. Nitrogen fixation in biological soil crusts from southeast Utah, USA. **Biology and Fertility of Soils**, v. 35, p. 128-135, 2002.

BILLINGS, W.D.; DREW, W.B. Bark factors affecting the distribution of corticolous bryophytic communities. **American Midland Naturalist**, v. 20, p. 302-330, 1938.

BROADY, P.A. Quantitative studies on the terrestrial algae of Signy Island, South Orkney Islands. **British Antarctic Survey Bull**, v. 47, p. 31-41, 1979.

BROADY, P.A. Diversity, distribution and dispersal of Antarctic terrestrial algae. **Biodiversity and Conservation**, v. 5, p. 1307-1335, 1996.

BROSE, U. Relative importance of isolation, area and habitat heterogeneity for vascular plant species richness of temporary wetlands in east-German farmland. **Ecography**, v. 24, p. 722-730, 2001.

CAGNOLO, L.; CABIDO, M.; VALLADARES, G. Plant species richness in the Chaco Serrano Woodland from central Argentina: Ecological traits and habitat fragmentation effects. **Biological Conservation**, v. 132, p. 510-519, 2006.

CONNELL, J.H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. **Science**, v. 199: p. 1302-1310, 1978.

CONNOR, E.F.; MCCOY, E.D. The statistics of the species-area relationship. **American Naturalist**, v. 113, p. 791-833, 1979.

CONNOR, E.F.; MCCOY, E.D. Species-area relationships. **Encyclopedia of Biodiversity**, v. 5, p. 297-411, 2001.

CULBERSON, W.L. The corticolous communities of lichens and bryophytes in the upland forests of northern Wisconsin. **Ecological Monographs**, v. 25, p. 215-231, 1955.

ELSTER, J.; LUKEŠOVÁ, A.; SVOBODA, J.; KOPECKY, J.; KANDA, H. Diversity and abundance of soil algae in the polar desert, Sverdrup Pass, Central Ellesmere Island. **Polar Record**, v. 35, p. 231-25-1, 1999.

EVANS, R.D.; JOHANSEN, J.R. Microbiotic crusts and ecosystem processes. **Critical Reviews and Plants Sciences**, v. 18, p. 183-225, 1999.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 34, p. 487-515, 2003.

FORMAN, R.T.T. Canopy lichens with blue-green algae: a nitrogen source in a Colombian rain forest. **Ecology**, v. 56, p. 1176-1184, 1975.

FRIEDMANN, E.I.; OCAMPO-FRIEDMANN. Endolithic microorganisms in extreme dry environments: analysis of a lithobiontic microbial habitat. In: KLUG

M.J.; REDDY C.A. **Microbial Ecology**. Washington: American Society for Microbiology, p. 177-185, 1984.

GAYLARD, P.M.; GAYLARD, C.C. Algae and cyanobacteria on painted buildings in Latin America. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 46, p. 93-97, 1999.

GODEFROID, S.; KOEDAM, N. How important are large vs. small forest remnants for the conservation of the woodland flora in an urban context? **Global Ecology and Biogeography**, v. 12, p. 287–298, 2003.

HAILA, Y. A conceptual genealogy of fragmentation research: from island biogeography to landscape ecology. **Ecological Applications**, v. 12, p. 321–334, 2002.

HALE, M.E.JR. Vertical distribution of cryptogams in a virgin forest in Wisconsin. **Ecology**, v. 33, p. 398-406, 1952.

HILL, J.L.; CURRAN, P.J. Area, shape and isolation of tropical forest fragments: effects on tree species diversity and implications for conservation. **Journal of Biogeography**, v. 30, p. 1391–1403, 2003.

HOBBS, R.J.; YATES, C.J. Impacts of ecosystem fragmentation on plant populations: generalizing the idiosyncratic. **Australian Journal of Botany**, v. 51, p. 471–488, 2003.

HOLT, R.D. A neglected facet of Island Biogeography: the role of internal spatial dynamics in area effects. **Theoretical Population Biology**, v. 41, p. 354–371, 1992.

HONNAY, O.; ENDELS, P.; VEREECKEN, H.; HERMY, M. The role of patch area and habitat diversity in explaining native plant species richness in disturbed suburban forest patches in northern Belgium. **Diversity and Distributions**, v. 5, p. 129–141, 1999a.

HONNAY, O.; HERMY, M.; COPPIN, P. Effects of area, age and diversity of forest patches in Belgium on plant species richness, and implications for conservation and reforestation. **Biological Conservation**, v. 87, p. 73–84, 1999b.

HU, C.; LIU, Y.; SONG, L.; ZHANG, D. Effect of desert soil algae on the stabilization of fine sands. **Journal of Applied Phycology**, v. 14, p. 281-292, 2002.

JOHANSEN, J.R.; BRITTON, C.; ROSATI, T.C.; XUESONG, L.; SAINT CLAIR, L.L.; WEBB, B.L.; KENNEDY, A.J.; YANKO, K.S. Microbiotic crusts of the Mojave Desert: factors influencing distribution and abundance. **Nova Hedwigia**, v. 123, p. 341-371, 2001.

KOVACH, W.L. **MVSP – A multivariate statistical package for Windows, Version 3.0.** Pentranh, Wales, United Kingdom: Kovach Computing Services, 1998.

KRAUSS, J.; KLEIN, A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Effects of habitat area, isolation, and landscape diversity on plant species richness of calcareous grasslands. **Biodiversity and Conservation**, v. 13, p. 1427–1439, 2004.

KRONKA, F.J.N.; MATSUKUMA, C.K.; NALON, M.A.; DELCALI, I.H.; ROSSI, M.; MATTOS, I.F.A.; SHIN-IKE, M.S.; PONTINHAS, A.A.S. **Inventário florestal do Estado de São Paulo.** São Paulo: Instituto Florestal, 1993. 199 p.

LÓPEZ-BAUTISTA, J.M.; WATERS, D.A.; CHAPMAN, R.L. The Trentepohliales revised. **Constancea** 83, http://ucjeps.berkeley.edu/constancea/83/lopez_etal/trentepohliales.html, 2002.

LUKEŠOVÁ, A. Soil algae in brown coal and lignite post-mining areas in Central Europe (Czech Republic and Germany). **Restoration Ecology**, v. 9, p. 341-350, 2001.

LUDWIG, J.A.; REYNOLDS, J.F. **Statistical ecology: a primer on methods and computing.** New York: John Wiley & Sons, 1988. 337 p.

MACARTHUR, R.H.; WILSON, E.O. **The theory of Island Biogeography.** Princeton: Princeton University Press, 1967. 224 p.

MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement.** Princeton: Princeton University Press, 1988. 179 p.

MATTHIES, D.; BRAUER, I.; MAIBOM, W.; TSCHARNTKE, T. Population size and the risk of extinction: empirical evidence from rare plants. **Oikos**, v. 105, p. 481–488, 2004.

MENÉNDEZ, J.L.; RINDI, F.; RICO, J. M.; GUIRY, M.D. The use of CHAID classification trees as an effective descriptor of the distribution of *Rosenvingiella radicans* (Prasiolales, Chlorophyta) in urban environments. **Cryptogamie, Algologie**, v. 27, p. 153-164, 2006.

METTING, B. The systematics and ecology of soil algae. **The Botanical Review**, v. 47, p. 195-312, 1981.

ODUM, E.P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434 p.

OLFF, H.; RITCHIE, M.E. Fragmented nature. Consequences for biodiversity. **Landscape and Urban Planning**, v. 58, p. 83–92, 2002.

PRIMACK, R.B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação.** Londrina: Vida, 2001. 328 p.

RATHCKE, B.J.; JULES, E.S. Habitat fragmentation and plant-pollinator interactions. **Current Science**, v. 65, p. 273–277, 1993.

RICKLEFS, R.; SCHLUTER, D. **Species diversity in ecological communities**. Chicago: University of Chicago Press, 1993. 414 p.

RIND, F.; GUIRY, M.D. Composition and distribution of subaerial algal assemblages in Galway City, western Ireland. **Cryptogamie, Algologie**, v. 24, p. 245-267, 2003.

RINDI, F.; GUIRY, M.D. Composition and spatial variability of terrestrial algal assemblages occurring at the bases of urban walls in Europe. **Phycologia**, v. 43, p. 225-235, 2004.

RINDI, F.; GUIRY, M. D.; BARBIERO, R. P.; CINELLI, F. The marine and terrestrial Prasiolales (Chlorophyta) Galway City, Ireland: a morphological and ecological study. **Journal of Phycology**, v., 35, p. 469-482, 1999.

RINDI, F. Diversity, distribution and ecology of green algae and cyanobacteria in urban habitats. In: SECHBACH, J. **Cell Origin, Life in Extreme habitats and Astrobiology. Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments**. Netherlands: Springer, v. 11, cap. 6, p. 619-638, 2007.

ROSENZWEIG, M.L. **Species diversity in space and time**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 460 p.

RYAN, B.F.; JOINER, B.L.; RYAN, T.A.JR. **Minitab handbook**. 2 ed. Boston: Duxbury Press, 1985.

SAUNDERS, D.A.; HOBBS, R.J., MARGULES, C.R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. **Conservation Biology**, v. 5, p. 18–32, 1991.

SCHOENER, T.W. The species–area relation within archipelagoes: models and evidence from island land birds. In: FIRTH, H.J.; CALABY, J.H. **Proceedings of the XVI International Ornithological Congress**. Canberra: Australian Academy of Science, p. 629–642, 1976.

SMA/IF (Secretaria do Meio Ambiente / Instituto Florestal). **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2005. 200 p.

STARKS, L.T.; SHUBERT, L.E.; TRAINOR, F.R. Ecology of soil algae: a review. **Phycology**, v. 20, p. 65-80, 1981.

THOMPSON, R.H.; WUJEK, D.E. **Trentepohliales: *Cephaleuros*, *Phycopeltis* and *Stomatochroon* – Morphology, taxonomy and ecology**. New Hampshire: Science Publications, 1997. 149 p.

WHITTAKER, R.H. Evolution and measurement of species diversity. **Taxon**, v. 21, p. 213-51, 1972.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1996.
662 p.