



# ***Podostemum rutifolium* subsp. *rutifolium* como estruturador da comunidade de algas perifíticas em um rio neotropical**

*Podostemum rutifolium* subsp. *rutifolium* as structuring plant of periphytic algal community in a neotropical river

Fernando Alves Ferreira<sup>1</sup>, Roger Paulo Mormul<sup>1</sup>, Stefania Biolo<sup>1</sup> & Liliana Rodrigues<sup>1</sup>

## **Resumo**

As plantas da família Podostemaceae possuem caráter riacófilo, crescendo sobre substrato rochoso. O presente estudo foi desenvolvido no rio Paraná com o objetivo de registrar *Podostemum rutifolium* Warm. subsp. *rutifolium* e analisar a composição, a riqueza e a densidade da comunidade de algas perifíticas nesta macrófita. Para amostragem, foi utilizado um quadrado de borracha (25 cm<sup>2</sup>), mergulho em apnéia e a remoção da planta aderida à rocha. Posteriormente foi realizada a remoção, fixação, identificação e contagem das algas perifíticas deste substrato. Foram identificadas 137 espécies de algas perifíticas distribuídas em nove classes. O maior número de táxons pertenceu à classe Bacillariophyceae, seguida por Cyanophyceae. Esse padrão já foi encontrado para a maioria dos ambientes lóticos da planície de inundação do rio Paraná. Embora seja uma espécie de hábito incrustante, a arquitetura de *P. rutifolium* fornece microhabitats para muitas espécies de algas. Portanto, sugere-se que essa macrófita seja uma espécie chave na estruturação da comunidade algal perifítica e sua remoção poderia acarretar no declínio na diversidade do perifiton, principalmente por ser a única espécie presente como substrato vegetal na área amostrada.

**Palavras-chave:** colonização, estrutura de habitat, água corrente.

## **Abstract**

Plants from the family Podostemaceae grow on rocks in running water. This study was done in the Paraná River aiming to record the occurrence of *Podostemum rutifolium* Warm. subsp. *rutifolium* and to analyze composition, richness and density of the periphytic algae community on this macrophyte. We used a square rubber sampler (25 cm<sup>2</sup>) and dives in apnea to remove plants attached to the rocks using a putty knife. Later we proceeded to remove and fix, identify and count the algae attached to this substrate. One hundred thirty-seven species of algae were identified and included in nine classes. The highest number of taxa was recorded for Bacillariophyceae, followed by Cyanophyceae. This pattern is found in the majority of lotic environments from the Paraná River floodplain. In spite of being a fouling species, the architecture of *P. rutifolium* provides microhabitats for many algal species. We strongly suggest that this macrophyte is a key species in periphytic algal community structure, whereas its removal could lead to a decline in periphyton diversity mainly due to the unique presence of *P. rutifolium* as plant substrate in the sampling area.

**Key-words:** Colonization, habitat structure, running water.

## **Introdução**

O conceito “keystone structure” têm sido bem aplicado à presença de uma espécie estruturadora, que por sua vez afeta a diversidade dos grupos associados ou aderidos a ela (Paine 1969; Mills *et al.* 1993). Este conceito pode estar diretamente relacionado com a estruturação dos habitats

aquáticos por macrófitas, principalmente, quando houver uma única espécie como substrato vegetal no ambiente (Estes *et al.* 2011). A remoção dessa espécie estruturadora pode levar ao declínio da diversidade dos demais grupos, acarretando uma reação em cadeia, destacando-se a vulnerabilidade das comunidades (Tews *et al.* 2004).

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Maringá – UEM, Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, PEA, Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura, Nupelia, Av Colombo 5790, bl. H90, 87020-900, Maringá, PR.

Autor para correspondência: ferreirabot@gmail.com

Nos ecossistemas aquáticos, as zonas litorâneas são consideradas áreas com alta biodiversidade e um dos fatores que, em geral, está associado a esse fato é a presença de plantas aquáticas (Esteves 1998; Thomaz *et al.* 1997). Além da estruturação física, as plantas aquáticas proporcionam o aumento da complexidade espacial, o que afeta diretamente a diversidade de espécies associadas a essa vegetação (Thomaz *et al.* 1997; Wetzel 2001; Murphy *et al.* 2003; Agostinho *et al.* 2007). As macrófitas oferecem um excelente substrato para o desenvolvimento, por exemplo, da comunidade perifítica (Rodrigues *et al.* 2003).

Na planície de inundação do alto rio Paraná, alguns estudos revelam que a diversidade de peixes e de algas perifíticas está fortemente relacionada à diversidade de macrófitas tanto em pequena, como em grande escala (Agostinho *et al.* 2003, 2007; Murakami *et al.* 2009). Isto porque a presença de muitas espécies de macrófitas, como matéria orgânica viva ou morta, e do próprio perifíton presente nestas plantas podem servir como fonte de alimento para organismos aquáticos e terrestres (Campeau *et al.* 1994; Jones *et al.* 2000; Lopes *et al.* 2007; Mormul *et al.* 2010). A partir disso, as macrófitas juntamente ao perifíton, regulam os fluxos energéticos dos sistemas aquáticos como um todo, contribuindo também com elevadas taxas de produtividade nesse sistema (Rodrigues *et al.* 2003).

A planície de inundação do alto rio Paraná constitui o último trecho deste rio em território brasileiro, o qual consiste num ecossistema tipo rio-planície de inundação (*sensu* Neiff 1990). Esse trecho possui grande variabilidade de habitats, conservando assim uma elevada diversidade de espécies. O principal fator que regula a estrutura e o funcionamento das comunidades nesse ecossistema é o pulso de inundação (Thomaz *et al.* 2007).

Um largo levantamento de espécies aquáticas vem sendo desenvolvido na planície de inundação do alto rio Paraná desde o ano 2000 (Thomaz *et al.* 2007; Ferreira *et al.* 2011). Antes do programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração – PELD, havia um registro de cerca de 60 espécies de plantas aquáticas (Thomaz *et al.* 1997). Contudo, ao longo das pesquisas esse número elevou-se para 155 (Ferreira *et al.* 2011). Dentre essas espécies, um representante da família Podostemaceae, *Podostemum rutifolium* Warm. subsp. *rutifolium*, merece destaque, pois trata-se de um dos táxons de ocorrência mais comum da família Podostemaceae para o Sul do Brasil, o qual para a

Bacia do Paraná, especificamente, Philbrick *et al.* (2010) registraram oito espécies. Além da Bacia do Paraná, estes mesmos autores verificaram uma grande e diferenciada flora de Podostemaceae especialmente para o Brasil, em grandes regiões hidrográficas (Bacia do rio Amazonas) e grandes áreas (região sudeste). De uma forma ampla, esta família encontra-se distribuída predominante na faixa tropical, desde o México até a Argentina central além do continente africano central, sul e sudeste da Ásia e norte da Austrália e Nova Guiné (Cook 1990).

As plantas da família Podostemaceae são caracterizadas pela estrutura submersa, pelo hábito incrustante em substratos rochosos e pelo desenvolvimento em águas correntes turbulentas (Cook 1990; Philbrick *et al.* 2010). Quando se trata de *P. rutifolium* - apesar de ter sido registrada na região limnética de ambiente lêntico, sob influência do movimento de ondas na região (Irgang *et al.* 2003), esta espécie é tipicamente riacófila. Considerações ecológicas direcionadas à esta espécie ainda são escassas, bem como demais estudos acerca de sua biologia (Philbrick *et al.* 2010). A importância ecológica da presença de Podostemaceae já foi foco de trabalhos com cadeias alimentares, as quais tanto a própria planta como os organismos aderidos a ela serviram como recurso alimentar para peixes “lambaris” (gênero *Astyanax* Baird & Girard) (Vilella *et al.* 2002).

Nas últimas décadas, vem sendo registrado o aumento dos impactos ambientais antrópicos no alto Rio Paraná e diversas espécies acabaram extintas, local ou globalmente (Maltchik & Callisto 2004). O desenvolvimento de levantamentos ou inventários tornou-se uma ferramenta fundamental para a quantificação da riqueza de espécies, servindo como apoio para avaliação de toda a biodiversidade. Ainda, atua na detecção da presença de espécies raras e de potenciais espécies invasoras ou exóticas que possam causar danos ao ecossistema. Detalhes oriundos da comunidade perifítica, principalmente seu componente algal, permanece ainda desconhecidos para *P. rutifolium* como um tipo de substrato. Para a planície de inundação do alto rio Paraná, outras macrófitas foram alvo de estudos acerca da comunidade algal aderida, as quais constam: *Eichhornia azurea* Kunth (Rodrigues & Bicudo 2001b; Algarte *et al.* 2006; Murakami *et al.* 2009), *Ricciocarpus natans* (L.) Corda (Biolo & Rodrigues 2010), *Nymphaea amazonum* Martius & Zucarini (Rodrigues *et al.* 2008), *Hydrilla verticillata* (L.) Royle, *Cabomba furcata* Schultes & Schultes e *Egeria najas* Planch. (Mormul *et al.* 2010).

A maioria dos habitats aquáticos da planície de inundação do alto rio Paraná pode ser caracterizada como lêntico ou semilótico, com margens hidromórficas que suportam elevada diversidade de macrófitas aquáticas. Por outro lado, o rio Paraná possui elevado fluxo de água e margens arenosas, suportando menor diversidade de macrófitas, principalmente por essas características impedirem a permanência de plantas flutuantes e a fixação de macrófitas anfíbias e emergentes, que são os três grupos mais ricos em espécie na região (Ferreira *et al.* 2011). Buscou-se, desta maneira, com o presente trabalho, complementar os registros de ocorrência de *Podostemum rutifolium* para o estado do Paraná, especificamente para a planície de inundação do alto rio Paraná; e, primariamente, conhecer alguns detalhes acerca da comunidade de algas perífíticas nesta macrófita, a partir da análise da composição, riqueza e densidade algal, tendo em vista ser essa espécie de macrófita a única incrustante encontrada na área de estudo.

## Material e Métodos

A área amostrada encontra-se cerca de 100 m à montante da base de pesquisas do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura – Nupélia, no município de Porto Rico-PR, na margem esquerda do rio Paraná, na planície de inundação do alto rio Paraná (entre 22°45'52,94"S e 22°45'50,21"S; 53°15'27,13"O e 53°15'22,96"O). Esta planície é parte integrante da Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná, a qual possui área de 1.000.310 ha. Dentro dessa área de proteção estão dois parques, o Parque Nacional de Ilha Grande e o Parque Estadual do Ivinhema que inclui a área de várzea mais importante da região, porque não representa um trecho represado (Agostinho *et al.* 1994).

Os exemplares coletados de *P. rutifolium* subsp. *rutifolium* (Fig. 1), em fevereiro de 2009 (águas altas), encontravam-se aderidos às rochas submersas do tipo arenito. Através de mergulho em apnéia, um quadrado fixo de 25 cm<sup>2</sup> foi colocado em contato com a rocha. Rapidamente, o interior do quadrado foi removido com auxílio de uma espátula de mesma área. Imediatamente, o material foi prensado entre a espátula e um pequeno pedaço de plástico para reduzir perdas de material aderido, uma vez que esse procedimento teve que ser realizado submerso. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em frascos de vidro e mantidas em uma caixa de isopor com gelo (aproximadamente

10°C). Além disso, foi registrada a velocidade da água (m.s<sup>-1</sup>) com um fluxímetro e verificada a transparência (profundidade) com auxílio do disco de Secchi (m).

Plantas de três profundidades (0,3, 1,5 e 2,3 m, daqui em diante P1, subsuperfície; P2, região intermediária; e P3, região profunda, respectivamente) foram amostradas em réplicas (n=2). Em laboratório, o material perífítico foi removido das plantas com auxílio de pincel de cerdas macias e jatos de água destilada, imediatamente fixado em solução de Transeau na proporção 1:1 para a análise qualitativa, enquanto que para análise quantitativa as amostras foram fixadas em Lugol acético 5% (Bicudo & Menezes 2006). As amostras de material perífítico encontram-se depositadas no Herbário da Universidade Estadual de Maringá (HUEM) sob a numeração 20110 a 20115, enquanto os espécimes de *P. rutifolium* subsp. *rutifolium* estão depositados com o número de tombo 20826.

A análise qualitativa da comunidade de algas procedeu-se por meio da preparação de lâminas temporárias em microscopia óptica com ocular micrometrada. Os táxons encontrados foram medidos e identificados com base na bibliografia clássica (Prescott *et al.* 1981; Förster 1969; Prescott 1982; Komárek & Fott 1983; Komárek & Anagnostidis 1986, 1999, 2005; Krammer & Lange-Bertalot 1986, 1988, 1991a,b; Anagnostidis & Komárek 1988) e regional. A análise quantitativa foi realizada em microscópio invertido com o uso de câmaras de sedimentação, seguindo o método de Utermöhl (1958) e através de campos aleatórios, conforme recomendação de Bicudo (1990). A equação para o cálculo da densidade seguiu Ros (1979), adaptada para a área do substrato, sendo que os resultados foram expressos por unidade de área (ind.cm<sup>-2</sup>).

## Resultados

Dentre as profundidades aqui amostradas no rio Paraná, registrou-se diferenças nos valores de velocidade da água, sendo que da superfície para o fundo a correnteza estava a 2,7; 1,5 e 1,6 m.s<sup>-1</sup>, respectivamente. A profundidade do disco de Secchi foi total (3,5 m), denotando grande transparência no ponto amostrado. A macrófita *P. rutifolium* subsp. *rutifolium* foi encontrada nas três profundidades amostradas, incrustando a margem rochosa do tipo arenito, consistindo registro pioneiro desta espécie para a planície de inundação do alto rio Paraná (Ferreira *et al.* 2011).

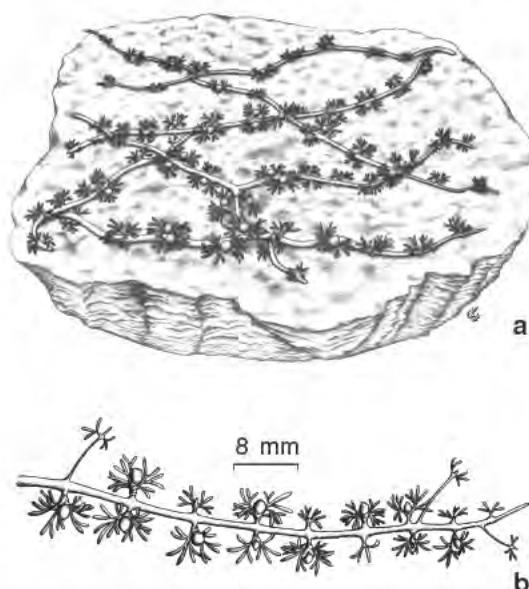
A riqueza de táxons da comunidade de algas perifíticas em *P. rutifolium* foi representada por um total de 137 táxons, distribuídos em nove classes: Bacillariophyceae (52 táxons), Cyanophyceae (48), Zygnemaphyceae (9), Chlorophyceae (9), Euglenophyceae (7), Chrysophyceae (4), Oedogoniophyceae (3), Cryptophyceae (3) e Xanthophyceae (3). A composição taxonômica está apresentada na Tabela 1.

Maior riqueza das algas perifíticas foi registrada na região profunda (88 táxons), reduzindo em direção à região intermediária e subsuperfície (77 e 75 táxons, respectivamente). A maioria das classes estava distribuída uniformemente nas diferentes profundidades (Fig. 2), com exceção de Zygnemaphyceae, classe não representada na região intermediária e com maior valor de riqueza na subsuperfície (sete táxons); Oedogoniophyceae e Cryptophyceae não registradas na subsuperfície; e Xanthophyceae, que ocorreu somente na região mais profunda.

A densidade total de algas perifíticas em *P. rutifolium* correspondeu a  $129,7 \times 10^3$  ind.cm<sup>-2</sup>, comportando-se opostamente à riqueza (Fig. 3), pois a maior densidade foi registrada na subsuperfície ( $66,1 \times 10^3$  ind.cm<sup>-2</sup>), reduzindo em direção à maior profundidade ( $37,3 \times 10^3$  ind.cm<sup>-2</sup> na região intermediária e  $26,3 \times 10^3$  ind.cm<sup>-2</sup> na região profunda). Bacillariophyceae e Cyanophyceae destacaram-se na definição dos valores de densidade total em todas as profundidades. Estas classes apresentaram densidades de  $87,6 \times 10^3$  ind.cm<sup>-2</sup> e  $39 \times 10^3$  ind.cm<sup>-2</sup> respectivamente, em contraste com a densidade total das demais classes ( $3,1 \times 10^3$  ind.cm<sup>-2</sup>). As densidades de Bacillariophyceae e Cyanophyceae diminuíram em direção às regiões mais profundas, enquanto que Chrysophyceae e Euglenophyceae foram mais abundantes em maior profundidade (Fig. 3). Nesta região, as densidades de Xanthophyceae e Zygnemaphyceae também foram mais elevadas.

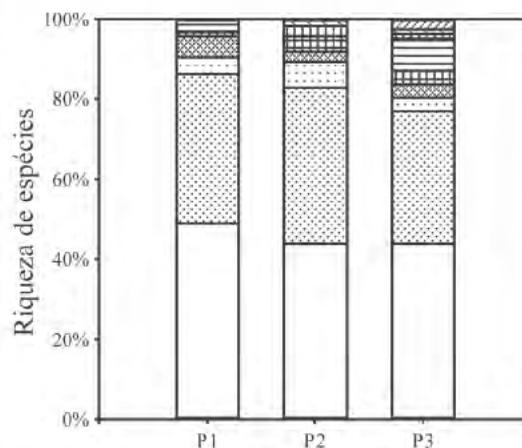
## Discussão

O regime hidrodinâmico do rio Paraná consiste num fator importante que atua direta ou indiretamente na ocorrência e desenvolvimento das comunidades aquáticas (Rodrigues & Bicudo 2001b; Agostinho *et al.* 2004; Rocha & Thomaz 2004). Em rios com elevada velocidade de corrente, as macrófitas aquáticas flutuantes são transportadas pela água; enquanto as espécies enraizadas não se desenvolvem sobre o sedimento,



**Figura 1** – a-b. *Podostemum rutifolium* Warm. subsp. *rutifolium* (F.A.Ferreira 244) – a. hábito; b. detalhe do aspecto geral da planta.

**Figure 1** – a-b. *Podostemum rutifolium* Warm. subsp. *rutifolium* (F.A.Ferreira 244) – a. habit; b. details of the general appearance of the plant.



**Figura 2** – Contribuição da riqueza de táxons das classes de algas perifíticas em *Podostemum rutifolium* nas diferentes profundidades no rio Paraná, planície de inundação do alto rio Paraná, em fevereiro de 2009 (■ Xanthophyceae, ■ Zygnemaphyceae, ■ Chlorophyceae, ■ Cryptophyceae, ■ Chrysophyceae, ■ Cyanophyceae, ■ Oedogoniophyceae, ■ Euglenophyceae, ■ Bacillariophyceae). P1 = 0,3, P2 = 1,5 e P3 = 2,3 m.

**Figure 2** – Species richness of periphytic algae on *Podostemum rutifolium* at different depths in the Paraná River, at the Paraná River floodplain, in February 2009.

**Tabela 1** – Lista de classes e respectivos táxons de algas perifíticas em *Podostemum rutifolium* subsp. *rutifolium* nas três profundidades amostradas (P1 = 0,3, P2 = 1,5 e P3 = 2,3 m), no rio Paraná, em fevereiro de 2009.

**Table 1** – List of classes and respective taxa of the periphytic algae on *Podostemum rutifolium* subsp. *rutifolium* in each three sampling points (P1 = 0,3, P2 = 1,5 e P3 = 2,3 m), in the Paraná River, in February 2009.

Táxon	P1	P2	P3
<b>CYANOPHYCEAE</b>			
<i>Aphanocapsa incerta</i> (Lemmermann) Cronberg & Komárek		X	X
<i>Aphanocapsa parasitica</i> (Kützing) Komárek & Anagnostidis		X	X
<i>Aphanothece microscopica</i> Nägeli	X		X
<i>Borzia trilocularis</i> Cohn ex Gomont	X	X	X
<i>Calothrix fusca</i> (Kützing) Bornet & Flahault	X	X	
<i>Chamaesiphon investiens</i> Skuja	X		X
<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemmermann	X		
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemmermann	X	X	X
<i>Chroococcus minimus</i> (Keissler) Lemmermann	X	X	X
<i>Chroococcus minor</i> (Kützing) Nägeli		X	X
<i>Coelomoron</i> sp.	X		
<i>Cyanostylon microcystoides</i> Geitler	X		
<i>Geitleribactron periphyticum</i> Komárek	X	X	X
<i>Geitlerinema</i> sp.		X	
<i>Gloeocapsa gelatinosa</i> (Meneghini) Kützing	X		X
<i>Gloeotrichia echinulata</i> (Smith) Richter	X		
<i>Heteroleibleinia pusilla</i> (Rabenhorst) Compère		X	
<i>Homeothrix stagnalis</i> (Hansgirg) Komárek & Kováèik		X	X
<i>Leibleinia epiphytica</i> (Hieronymus) Anagnostidis & Komárek	X	X	X
<i>Leptolyngbya foveolarum</i> (Rabenhorst ex Gomont) Anagnostidis & Komárek	X	X	X
<i>Leptolyngbya lagerheimii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	X	X	X
<i>Leptolyngbya perelegans</i> (Lemmermann) Anagnostidis & Komárek	X	X	X
<i>Leptolyngbya subtilis</i> Anagnostidis & Komárek		X	X
<i>Leptolyngbya tenuis</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek		X	X
<i>Leptolyngbya</i> sp.	X		
<i>Limnothrix mirabilis</i> (Böcher) Anagnostidis	X		
<i>Lyngbya fragilis</i> (Gomont) Compère	X	X	
<i>Lyngbya martensiana</i> Meneghini ex Gomont	X	X	X
<i>Lyngbya</i> sp.			X
<i>Microcystis</i> cf. <i>panniformis</i> Komárek <i>et al.</i>		X	
<i>Oscillatoria annae</i> Van Goor	X		
<i>Oscillatoria</i> cf. <i>perornata</i> Skuja			X
<i>Oscillatoria princeps</i> Vaucher ex Gomont		X	
<i>Oscillatoria sancta</i> (Kützing) Gomont			X
<i>Oscillatoria subbrevis</i> Schmidle			X
<i>Phormidium granulatum</i> (Gardner) Anagnostidis & Komárek			X
<i>Phormidium luridum</i> (Kützing) Gomont		X	X
<i>Phormidium molle</i> (Kützing) Gomont	X	X	X
<i>Phormidium</i> sp.		X	
<i>Porphyrosiphon</i> cf. <i>versicolor</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek		X	X
<i>Pseudoanabaena minima</i> (An) Anagnostidis	X	X	X

Táxon	P1	P2	P3
<i>Pseudanabaena mucicola</i> (Naumann & Huber-Pestalozzi) Bourrelly	x	x	x
<i>Schizothrix</i> sp.		x	
<i>Synecocystis aquatilis</i> Sauvageau	x		
<i>Xenococcus minimus</i> Geitler	x		
Chroococcales não identificada	x	x	x
Chroococcales não identificada 2		x	
Cyanophyceae filamentosa não identificada	x		
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>			
<i>Achnantheidium exiguum</i> (Grunow) Czarnecki			x
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Brébisson in Kützing) Grunow			x
<i>Achnanthes rupestoides</i> Hohn	x	x	x
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	x	x	x
<i>Amphipleura lindheimeri</i> Grunow	x		
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & Archibald	x		x
<i>Aulacoseira alpigena</i> (Grunow) Krammer		x	x
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	x	x	x
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen		x	x
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	x	x	x
<i>Craticula</i> sp.	x	x	x
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	x	x	
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	x	x	x
<i>Diadsmis confervacea</i> (Grunow) Hustedt			x
<i>Encyonema mesianum</i> (Cholnoky) D.G. Mann	x	x	x
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G. Mann	x	x	x
<i>Encyonema perpusillum</i> (Cleve) D.G. Mann	x	x	x
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D.G. Mann	x	x	x
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Mills	x		
<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow			x
<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg		x	x
<i>Eunotia pectinalis</i> (Kützing) Rabenhorst	x		x
<i>Eunotia praerupta</i> Ehrenberg	x		
<i>Eunotia</i> sp.	x		
<i>Eunotia</i> sp. 2			x
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	x	x	x
<i>Fragilaria tenera</i> (W. Smith) Lange-Bertalot		x	
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni			x
<i>Gomphonema affine</i> Kützing		x	
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg		x	x
<i>Gomphonema brasiliense</i> Grunow	x	x	x
<i>Gomphonema clevei</i> Fricke	x	x	x
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg emend. Van Heurck	x	x	x
<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	x	x	x
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	x	x	x
<i>Gyrosigma scalproides</i> (Rabenhorst) Cleve	x		x
<i>Melosira varians</i> C.A. Agardh	x	x	x
<i>Navicula</i> cf. <i>capitatoradiata</i> Germain	x		

<b>Táxon</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
<i>Navicula constans</i> Hustedt		X	
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	X	X	X
<i>Navicula schroeteri</i> Meister	X		
<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg	X	X	
<i>Navicula</i> sp.			X
<i>Neidium</i> cf. <i>catarinense</i> (Krasske) Lange-Bertalot	X		
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	X	X	X
<i>Nitzschia ignorata</i> Krasske	X		
<i>Nitzschia linearis</i> W. Smith	X	X	X
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	X	X	X
<i>Pinnularia</i> cf. <i>gibba</i> Ehrenberg			X
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky	X	X	X
<i>Synedra goulardii</i> Brébisson	X	X	X
<i>Terpsinoe musica</i> Ehrenberg		X	
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	X	X	X
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>			
<i>Cryptomonas</i> sp.		X	
<i>Cryptomonas</i> sp. 2			X
<b>CHLOROPHYCEAE</b>			
<i>Cladophora</i> sp.	X	X	X
<i>Coenocystis asymmetrica</i> Komárek		X	
<i>Desmodesmus brasiliensis</i> (Bohlin) Hegewald	X	X	
<i>Eutetramorus fottii</i> (Hindák) Komárek			X
<i>Gloeocystis vesiculosa</i> Nägeli	X		
<i>Uronema</i> sp.			X
Chlorophyceae colonial cocóide não identificada		X	
Chlorophyceae colonial cocóide não identificada 2		X	
<b>OEDOGONIOPHYCEAE</b>			
<i>Oedogonium</i> sp.			X
<i>Oedogonium</i> sp. 2		X	
<i>Oedogonium</i> sp. 3		X	
<b>ZYGNEMAPHYCEAE</b>			
<i>Closterium lunula</i> Nitzsch ex Ralfs			X
<i>Closterium tumidum</i> Johnson			X
<i>Cosmarium abbreviatum</i> Raciborski	X		
<i>Cosmarium angulare</i> Johnson			X
<i>Cosmarium galeritum</i> Nordstedt			X
<i>Cosmarium impressulum</i> Elfving	X		
<i>Cosmarium minimum</i> W. West & G. S. West			X
<i>Cosmarium pseudopyramidatum</i> Lundell			X
<i>Cosmarium</i> sp.			X
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>			
<i>Phacus agilis</i> Skuja		X	
<i>Phacus</i> sp.	X		

Táxon	P1	P2	P3
<i>Trachelomonas conica</i> Playfair			X
<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein	X		
<i>Trachelomonas robusta</i> (Swirenko) Deflandre	X		
<i>Trachelomonas verrucosa</i> Stokes			X
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swirenko	X	X	X
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>			
<i>Mallomonas</i> sp.			X
<i>Mallomonas</i> sp. 2		X	
<i>Mallomonas</i> sp. 3	X	X	X
<i>Mallomonas</i> sp. 4		X	X
<b>XANTHOPHYCEAE</b>			
<i>Characiopsis aquinolaris</i> Skuja			X
<i>Characiopsis sphagnicola</i> Pascher			X

que se torna instável para sua fixação (Camargo *et al.* 2003). Já *P. rutifolium* apresenta hábito incrustante em rochas e sedimentos e é extremamente adaptada ao desenvolvimento sob as condições presentes nos ambientes lóticos (Cook 1990; Philbrick *et al.* 2010). Segundo Philbrick & Novelo (2004) existe indicação da ocorrência dessa espécie para os rios do Paraguai, Argentina (Corrientes e Missões), Uruguai (rio Uruguai) e Brasil (Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro). Para o Paraná, existem registros para o rio Paraná (próximo a Guaíra) e Parque Nacional do Iguaçu (rio Iguaçu).

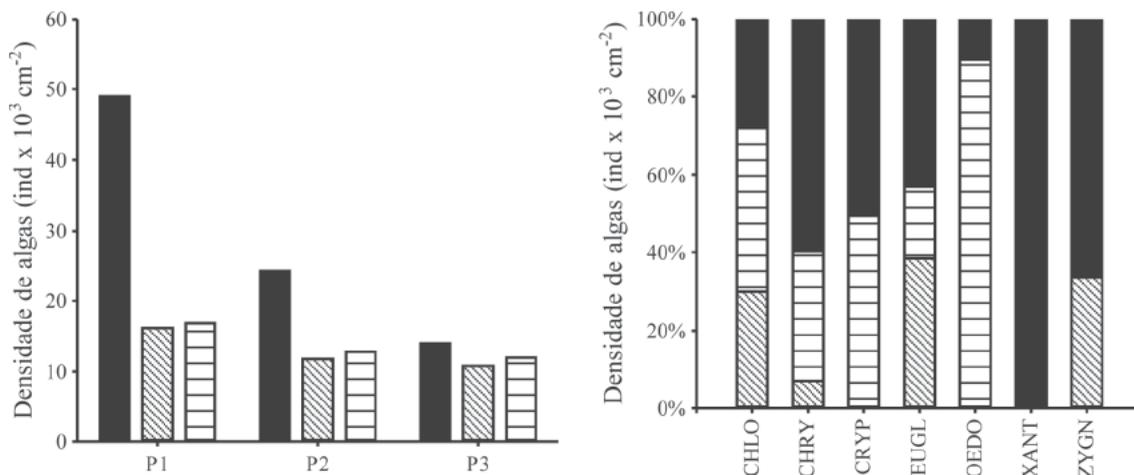
A ocorrência desta planta implica não somente na diversidade da comunidade de macrófitas aquáticas, mas também na biodiversidade como um todo (Thomaz *et al.* 2004), como verificada no presente estudo, para as algas perifíticas. Ao fornecer substrato colonizável ao desenvolvimento do perifíton, a característica riacófila de *P. rutifolium* restringe ecologicamente ambas as comunidades. Isto porque o desenvolvimento e a fisiologia do perifíton estão intrinsecamente relacionados à dinâmica estrutural e funcional do substrato vivo o qual esta comunidade encontra-se aderida (Rodrigues *et al.* 2003).

Muitos fatores influenciam a estrutura e dinâmica das algas perifíticas em ambientes lóticos, incluindo nutrientes, luz, temperatura, velocidade de corrente, substrato e herbivoria (Goldsborough & Robinson 1996; Jones *et al.* 2000). As algas perifíticas no rio Paraná mostraram-se estruturadas

conforme o substrato representado por *P. rutifolium*, frente às características hidrodinâmicas e limnológicas do ambiente, decorrente do hábito riacófilo desta macrófita. Tais características estiveram representadas pela corrente de água e profundidade. Em ambientes lóticos, as perturbações causadas pelas inundações afetam a biota aquática deste ambiente diretamente e atuam como o principal fator na estruturação e disponibilidade de habitat (Webb *et al.* 2006).

O rio Paraná é caracterizado por elevados valores de transparência da água e baixa concentração de nutrientes, principalmente fósforo (Rodrigues & Bicudo 2001a; Rocha & Thomaz 2004; Roberto *et al.* 2009; Thomaz *et al.* 2009), além de apresentar maior velocidade de corrente que lagoas e ressacos. Estes fatores atuam como perturbações ao desenvolvimento da comunidade de algas perifíticas, possibilitando a presença e permanência apenas de grupos capazes de tolerar condições estressantes. No presente estudo, esse fato foi corroborado pela abundância e dominância dos grupos Bacillariophyceae e Cyanophyceae, algas extremamente tolerantes às condições ambientais. Principalmente, na região superficial, onde a corrente de água foi mais intensa.

A classe Bacillariophyceae, representada pelas diatomáceas, possui a habilidade de se desenvolver em baixas concentrações de fósforo, porque requerem um menor suprimento deste nutriente para o seu desenvolvimento (Winter & Duthie 2000; Rodrigues & Bicudo 2001b). Além



**Figura 3** – a. Densidade das principais classes de algas perifíticas sobre *Podostemum rutifolium* subsp. *rutifolium* nas diferentes profundidades no rio Paraná, planície de inundação do alto rio Paraná, em fevereiro de 2009 (■ Bacillariophyceae, ▨ Cyanophyceae, ▤ demais classes). b. Contribuição das densidades das demais classes de algas perifíticas nas diferentes profundidades no rio Paraná, planície de inundação do alto rio Paraná, em fevereiro de 2009 (CHLO = Chlorophyceae, CHRY = Chrysophyceae, CRYP = Cryptophyceae, EUGL = Euglenophyceae, OEDO = Oedogoniophyceae, XANT = Xanthophyceae, ZYGN = Zygnemaphyceae, ▨ P1, ▤ P2, ■ P3).

**Figure 3** – a. Main classes density of periphytic algae on *Podostemum rutifolium* subsp. *rutifolium* at different depths in the Paraná River, at the Paraná River floodplain, in February 2009 (Bacillariophyceae, Cyanophyceae, other classes). b. Density contribution of other periphytic algae classes on *P. rutifolium* at different depths in the Paraná River, at the Paraná River floodplain, in February 2009.

disso, as diatomáceas apresentam baixa exigência de energia para crescimento quando comparada às algas não-silicosas, em razão da utilização de silicato em suas células (Rodrigues & Bicudo 2001b) presente em maiores concentrações nos ambientes lóticos da planície em comparação aos lênticos (Rodrigues & Bicudo 2001a), especialmente o rio Paraná. Por se tratar, portanto, de indivíduos com rápida capacidade de colonização e atuarem como competidores eficientes (Stevenson 1996; Biggs 1996), e por apresentar menores requisitos de nicho, suportando condições desfavoráveis, este grupo dominou perante os demais.

Ainda, as diatomáceas são favorecidas em ambientes aquáticos com regime hidrodinâmico de alta corrente e vazão, porque são capazes de desenvolver estruturas adaptativas de fixação no substrato (Biggs 1996), como pedúnculos mucilaginosos, produção de matrizes de mucilagem, e colônias em forma de estrela ou ramos, fixas pela base (Hoagland *et al.* 1982; Murakami *et al.* 2009). Estas estruturas propiciam grande vantagem a estas algas para sua permanência na comunidade perifítica e resistência frente às perturbações. Acredita-se por todas estas razões que na

comunidade perifítica em *P. rutifolium*, tanto em termos de riqueza quanto densidade, Bacillariophyceae foi a classe responsável pela excepcional dominância, juntamente com Cyanophyceae (cianobactérias). Resultados semelhantes foram registrados para a comunidade perifítica sobre *Eichhornia azurea* Kunth presente nos distintos ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná (Rodrigues & Bicudo 2001b; Fonseca & Rodrigues 2005a, Algarte *et al.* 2006).

As cianobactérias (Cyanophyceae) são consideradas organismos cosmopolitas e colonizadores amplamente oportunistas (Huszar *et al.* 2000; Fonseca & Rodrigues 2005a,b). Apresentam características relacionadas à atividade fotossintética que permitem absorção mais eficiente de luz e assim requerem menor quantidade de energia para o seu desenvolvimento (Chorus & Bartram 1999), além da capacidade de armazenamento do fósforo na forma de grãos citoplasmáticos (Sant'anna *et al.* 2006). Menor requerimento de fósforo externo favorece este grupo em ambientes onde este recurso é limitante, como no rio Paraná. Conjuntamente ao elevado requerimento de nitrogênio (Chorus & Bartram 1999; Fonseca & Rodrigues 2005a), nutriente disponível

em altas concentrações no rio Paraná (Rodrigues & Bicudo 2001a), estas condições habilitam as cianobactérias como melhores competidoras em relação aos outros grupos algais. Estes fatores podem ter propiciado o desenvolvimento deste grupo de forma predominante na comunidade perifítica de *P. rutifolium*.

Os representantes das Zygnemaphyceae são abundantes em águas colonizadas amplamente por macrófitas (Coesel 1982, 1996; Felisberto & Rodrigues 2005; Murakami *et al.* 2009) e estão presentes tanto entre a vegetação aquática, quanto aderidos ao substrato. Apesar da baixa riqueza de Zygnemaphyceae e Chlorophyceae no presente estudo, a elevação dos valores destas classes na região mais profunda podem ser coincidentes com o aumento das macrófitas submersas no rio Paraná. De acordo com Thomaz *et al.* (2004, 2009), a operação das barragens a montante, com consequente aumento da transparência da água e redução das concentrações de fósforo, têm sido responsável pelo aumento das formas submersas ao longo do rio. Por sua vez, a elevação da diversidade de macrófitas, que propiciam um substrato colonizável para a comunidade perifítica, contribui consideravelmente para o aumento da riqueza de algas perifíticas, principalmente Zygnemaphyceae (Murakami *et al.* 2009). Sugere-se, desta forma, a influência do intercâmbio de algas perifíticas das macrófitas submersas para demais substratos, como *P. rutifolium*.

Outro fato relevante observado são os maiores valores na densidade e riqueza das classes menos representativas em maiores profundidades, conjuntamente ao decréscimo da riqueza e densidade de Bacillariophyceae e Cyanophyceae (grupos dominantes) nesta região. Em outros estudos, este padrão inverso de riqueza e densidade também foi observado para a comunidade de algas perifíticas nos distintos ambientes da planície do rio Paraná (Rodrigues & Bicudo 2001b; Fonseca & Rodrigues 2005a; Algarte *et al.* 2006, 2009; Murakami *et al.* 2009). No presente estudo, este fato pode ser explicado pela diminuição da velocidade da água com o aumento da profundidade. Tal fato propicia o desenvolvimento de uma maior riqueza de táxons pelo menor nível de perturbação e pela influência das macrófitas submersas, o que permite o desenvolvimento de formas mais frouxamente aderidas como Zygnemaphyceae e Chlorophyceae. Todavia, uma análise mais detalhada da comunidade poderá

evidenciar os fatores físicos, químicos e biológicos que contribuem para as diferenças que ocorrem nas diferentes profundidades.

Os impactos da fauna herbívora sobre as algas perifíticas em planícies de inundação podem provocar alterações na estrutura das comunidades perifíticas. Relações dos efeitos dos herbívoros e a natureza do substrato também contribuem para afetar a estrutura algal no perífiton (Goldsborough & Robinson 1996; Jones *et al.* 2000; Mormul *et al.* 2010). As Podostemaceae são reconhecidas como importantes fontes de alimento para diversos herbívoros aquáticos (Vilella *et al.* 2002). Além disso, as algas perifíticas, por sua vez, podem contribuir como fonte de nutrientes para a fauna herbívora, influenciando a cadeia dos consumidores e a exportação de matéria orgânica e energia (Campeau *et al.* 1994; Fonseca & Rodrigues 2005a). Ainda, a cobertura pelo perífiton proporciona vantagens ao substrato, ao evitar a herbivoria direta à planta hospedeira (Eminson & Moss 1980; Jones *et al.* 2000). Sugere-se, a partir do presente estudo, a importância tanto da presença de *P. rutifolium* como da rica comunidade perifítica sustentada por esta planta como importantes elos na cadeia alimentar aquática do rio Paraná. Atenta-se para o desenvolvimento de futuros estudos acerca das interações tróficas envolvendo esta macrófita e o perífiton dentre outras comunidades aquáticas neste ambiente.

A despeito das considerações expostas, verifica-se, de forma geral, a importância do substrato na estruturação das comunidades algais. No presente estudo, a presença do substrato constituído pela macrófita *P. rutifolium* influenciou na estruturação das algas perifíticas, juntamente aos fatores limnológicos característicos do regime hidrodinâmico do rio Paraná. Esta observação é de grande relevância na conservação destes ambientes, porque variações na composição das comunidades das macrófitas podem determinar, por sua vez, os padrões de biodiversidade de outras comunidades aquáticas (Thomaz *et al.* 2004). Além disso, é importante monitorar a dinâmica da comunidade perifítica, porque esta atua como elo na cadeia alimentar aquática, o que reflete em outros grupos ecológicos no sistema (Murakami *et al.* 2009). Sugere-se, portanto, que *P. rutifolium* seja considerada uma espécie estruturadora chave, segundo o conceito de “keystone structure” (Mills *et al.* 1993), uma vez que constitui o único substrato vegetal, de hábito incrustante e riacófila, na área

amostrada (região litorânea do rio Paraná); e pela qual sua remoção poderia levar ao declínio na densidade e diversidade das demais comunidades associados a ela, enfaticamente, o perifíton. Apesar da disponibilidade de demais substratos disponíveis à comunidade perifítica no rio Paraná como rochas e sedimento, a dinâmica do perifíton sobre um substrato vivo é completamente particular e pode definir a estrutura e composição das algas aderidas.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico e Científico (CNPq) às bolsas de pós-graduação; á Aldaléa Sparada Tavares pela identificação da espécie de *Podostemum rutifolium* e Eduardo Ribeiro da Cunha pela ilustração botânica.

## Referências

- Agostinho, A.A.; Gomes, L.C. & Julio Jr, H.F. 2003. Relações entre macrófitas aquáticas e fauna de peixes. *In: Thomaz, S.M. & Bini, L.M. Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. Eduem, Maringá. Pp. 261-277.*
- Agostinho, A.A.; Thomaz, S.M. & Gomes, L.C. 2004. Threats to biodiversity in the floodplain of the Upper Paraná River: effects of hydrological regulation by dams. *Ecology & Hydrobiology* 4: 255-268.
- Agostinho, A.A.; Gomes, L.C. & Pelicice, F.M. 2007. Ecologia e manejo de recurso pesqueiro em reservatórios do Brasil. *Eduem, Maringá. 501p.*
- Algarte, V.M.; Moresco, C. & Rodrigues, L. 2006. Algas do perifíton de distintos ambientes na planície de inundação do alto rio Paraná. *Acta Scientiarum (Biological Sciences)* 28: 243-251.
- Algarte, V.M.; Siqueira, N.S.; Murakami, E.A. & Rodrigues, L. 2009. Effects of hydrological regime and connectivity on the interannual variation in taxonomic similarity of periphytic algae. *Brazilian Journal of Biology* 69: 609-616.
- Anagnostidis, K. & Komárek, J. 1988. Modern approach to the classification system of Cyanophytes 3 – Oscillatoriales. *Archiv Hydrobiology Supplement* 80: 327-472.
- Bicudo, C.E.M. & Menezes, M. 2006. Gênero de algas de águas continentais do Brasil. *Chave para identificação e descrição. Rima, São Carlos. 502p.*
- Bicudo, C.M. 1990. Considerações sobre metodologias de contagem de algas do perifíton. *Acta Limnologica Brasiliensis* 3: 459-475.
- Biggs, B.J.F. 1996. Patterns in benthic algal of streams. *In: Stevenson, R.J.; Bothwell, M.L. & Lowe, R.L. Algal ecology: freshwater benthic ecosystems. Academic Press, New York. Pp. 31-56.*
- Biolo, S. & Rodrigues, L. 2010. New records of Xanthophyceae and Euglenophyceae in the periphytic algal community from a neotropical river floodplain, Brazil. *Algological Studies* 135: 61-81.
- Biolo, S. & Rodrigues, L. 2011. Composição de algas perifíticas (exceto Bacillariophyceae) em distintos substratos naturais de um ambiente semilótico, planície de inundação do Alto Rio Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 34: 307-319.
- Camargo, A.F.M.; Pezzato, M.M. & Henry-Silva, G.G. 2003. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. *In: Thomaz, S.M. & Bini, L.M. Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. Eduem, Maringá. Pp. 59-83.*
- Campeau, S.; Murkin, H.R. & Titman, R.D. 1994. Relative importance of algae and emergent plant litter to freshwater marsh invertebrates. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51: 681-692.
- Chorus, I. & Bartram, J. 1999. Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management. E & FN SPON, London. 416p.
- Coesel, P.F.M. 1982. Structural characteristics and adaptations of desmid communities. *Journal of Ecology* 70: 163-177.
- Coesel, P.F.M. 1996. Biogeography of desmids. *Hydrobiologia* 336: 41-53.
- Cook, C.D.K. 1990. Aquatic plant book. SPB Academic Publishing, The Hague. 228p.
- Eminson, D.F. & Moss, B. 1980. The composition and ecology of periphyton communities in freshwaters. I. The influence of host type and external environment on community composition. *European Journal of Phycology* 15: 429-446.
- Estes, J.A.; Terborgh, J.; Brashares, J.S.; Power, M.E.; Berger, J.; Bond, W.J.; Carpenter, S.R.; Essington, T.E.; Holt, R.D.; Jackson, J.B.C.; Marquis, R.J.; Oksanen, L.; Oksanen, T.; Paine, R.T.; Pickett, E.K.; Ripple, W.J.; Sandin, S.A.; Scheffer, M.; Schoener, T.W.; Shurin, J.B.; Sinclair, A.R.E.; Soulé, M.E.; Virtanen, R. & Wardle, D.A. 2011. Trophic downgrading of planet Earth. *Science* 333: 301-306.
- Esteves, F.A. 1998. Fundamentos de limnologia. 2ed. Interciência, Rio de Janeiro. 602p.
- Felisberto, S.A. & Rodrigues, L. 2005. Influência do gradiente longitudinal (rio-barragem) na similaridade das comunidades de desmídias perifíticas. *Revista Brasileira de Botânica* 28: 241-254.
- Ferreira, F.A.; Mormul, R.P.; Thomaz, S.M.; Pott, A. & Pott, V.J. 2011. Macrophytes in the Upper Paraná River floodplain: checklist and comparison with other large South American wetlands. *Revista de Biologia Tropical* 59: 541-556.
- Fonseca, I.A. & Rodrigues, L. 2005a. Comunidade de algas perifíticas em distintos ambientes da planície

- de inundação do alto rio Paraná. *Acta Scientiarum (Biological Sciences)* 27: 21-28.
- Fonseca, I.A. & Rodrigues, L. 2005b. Cianobactérias perifíticas em dois ambientes lênticos da planície de inundação do alto Rio Paraná, PR, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 28: 821-834.
- Förster, K. 1969. Amazonische Desmidiaceen. 1. Teil. *Areal Santarém. Amazoniana* 11: 5-116.
- Goldsborough, G. & Robinson, G.G.C. 1996. Pattern in Wetlands. *In: Stevenson, R.J.; Bothwell, M.L. & Lowe, R.L. Algal ecology: freshwater benthic ecosystems.* Academic Press, New York. Pp. 78-119.
- Hoagland, K.D.; Roemer, S.C. & Rosowski, J.R. 1982. Colonization and community structure of two periphyton assemblages, with emphasis on the diatoms (Bacillariophyceae). *American Journal of Botany* 69: 188-213.
- Huszar, V.L.M.; Silva, L.H.S.; Marinho, M.; Domingos, P. & Sant'anna C.L. 2000. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *Hydrobiologia* 424: 67-77.
- Irgang, B.E.; Gastal Jr.; C.V.S.; Philbrick, C.T. & Novelo, A. 2003. A ocorrência inédita de uma Podostemaceae nas costas de uma laguna (Laguna dos Patos) no Rio Grande do Sul, Brasil. *Caderno de Pesquisa (Série Biologia)* 15: 7-12.
- Jones, J.I.; Moss, B.; Eaton, J.W. & Young, J.O. 2000. Do submerged aquatic plants influence periphyton community composition for the benefit of invertebrate mutualists? *Freshwater Biology* 43: 591-604.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1986. Modern approach to the classification system of Cyanophytes 2: Chroococcales. *Archiv Hydrobiologie Supplement* 73: 157-226.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1999. Cyanoprokaryota I Teil Chroococcales. *In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heyning, H. & Mollenhauer, D. (eds.). Süßwasser flora von Mitteleuropa.* Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 548p.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 2005. Cyanoprokaryota II. Teil 2nd Part: Oscillatoriales. *In: Büdel, B.; Krienitz, L.; Gärtner, G. & Schagerl, M. (eds.). Süßwasser flora von Mitteleuropa.* Elsevier/Spektrum, Heidelberg. 759p.
- Komárek, J. & Fott, B. 1983. Chlorophyceae – Chlorococcales. *In: Huber-Pestalozzi, G. (ed.). Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie.* Vol. 16. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. 1044p.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1986. Bacillariophyceae: Naviculaceae. *In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heyning, H. & Mollenhauer, D. (eds.). Süßwasser flora von Mitteleuropa.* Vol. 2, part. 1. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. Pp. 1-876.
- Krammer, K. 1988. Bacillariophyceae: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. *In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heyning, H. & Mollenhauer, D. (eds.). Süßwasser flora von Mitteleuropa.* Vol. 2, part. 2. Gustav Fischer, Stuttgart. Pp. 1-596.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1991a. Bacillariophyceae. Achnantheaceae. *Kritische Ergänzungen zu Navicula (Linolatae) und Gomphonema.* *In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heyning, H. & Mollenhauer, D. (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa.* Gustav Fisher, Stuttgart. Pp. 1-437.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1991b. Bacillariophyceae: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. *In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heyning, H. & Mollenhauer, D. (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa.* Gustav Fisher, Stuttgart. Pp. 1-576.
- Leandrini, J. & Rodrigues, L. 2008. Variação temporal da biomassa perifítica em ambientes semilóticos da planície de inundação do alto Rio Paraná. *Acta Limnologica Brasiliensia* 20: 21-28.
- Leandrini, J.; Fonseca, I.A. & Rodrigues, L. 2008. Variation in algal periphyton biomass in the upper Paraná River floodplain, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 68: 14-37.
- Lopes, C.A.; Benedito-Cecilio, E. & Martinelli, L.A. 2007. Variability in the carbon isotope signature of *Prochilodus lineatus* (Prochilodontidae, Characiformes) a bottom-feeding fish of the Neotropical region. *Journal of Fish Biology* 70: 1649-1659.
- Maltchik, L. & Callisto, M. 2004. The use of rapid assessment approach to discuss ecological theories in wetland systems, southern Brazil. *Interciencia* 29: 219-223.
- Mills, L.S.; Soulé, M.E. & Doak, D.F. 1993. The keystone-species concept in ecology and conservation. *BioScience* 43: 219-224.
- Mormul, R.P.; Thomaz, S.M.; Silveira, M.J. & Rodrigues, L. 2010. Epiphyton or macrophyte: Which primary producer attracts the snail *Hebetancylus moricandi*? *American Malacological Bulletin* 28: 127-133.
- Murakami, E.A.; Bicudo, D.C. & Rodrigues, L. 2009. Periphytic algae of the Garças Lake, Upper Paraná River floodplain: comparing the years 1994 and 2004. *Brazilian Journal of Biology* 69: 459-468.
- Murphy, K. J.; Dickinson, G.; Thomaz, S. M.; Bini, L. M.; Dick, K.; Greaves, K.; Kennedy, M.P.; Livingstone, S.; McFerran, H.; Milne, J.M.; Oldroyd, J. & Wingfield, R.A. 2003. Aquatic plant communities and predictors of diversity in a subtropical river floodplain: the upper Rio Paraná, Brazil. *Aquatic Botany* 77: 256-276.
- Neiff, J.J. 1990. Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. *Interciencia* 15: 424-441.
- Paine, R.T. 1969. A note on trophic complexity and community stability. *The American Naturalist* 103: 91-93.
- Prescott, G.W. 1982. Algae of the western great lakes area. *Otto Koeltz Science Publishers, Koenigstein.* 977p.
- Prescott, G.W.; Croasdale, H.T. & Vinyard, W.C. 1981. A synopsis of North American desmids. Part II. Desmidiaceae: Placodermae. Section 3. *In: Prescott,*

- G.W. (ed.). Desmidiáles. University Nebraska Press, Lincoln. 720p.
- Philbrick, C.T. & Novelo, A.R. 2004. Monograph of *Podostemum* (Podostemaceae). Systematic Botany Monographs 70: 1-106
- Philbrick, C.T.; Bove, C.P. & Stevens, H.I. 2010. Endemism in neotropical Podostemaceae. Annals of the Missouri Botanical Garden 97: 425-456.
- Roberto, M.C.; Santana, N.F. & Thomaz, S.M. 2009. Limnology in the Upper Paraná River floodplain: large-scale spatial and temporal patterns, and the influence of reservoirs. Brazilian Journal of Biology 69: 717-725.
- Rocha, R.R.A. & Thomaz, S.M. 2004. Variação temporal de fatores limnológicos em ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná (PR/MS - Brasil). Acta Scientiarum (Biological Sciences) 26: 261-271.
- Rodrigues, L. & Bicudo, D.C. 2001a. Limnological characteristics comparison in three systems with different hydrodynamic regime in the upper Paraná river floodplain. Acta Limnologica Brasiliensia 13: 39-49.
- Rodrigues, L. & Bicudo, D.C. 2001b. Similarity among periphyton algal communities in a lentic-lotic gradient of the upper Paraná river floodplain, Brazil. Revista Brasileira de Botânica 24: 235-248.
- Rodrigues, L.; Bicudo, D.C. & Moschini-Carlos, V. 2003. O papel do perifíton em áreas alagáveis e nos diagnósticos ambientais. In: Thomaz, S.M. & Bini, M.L. (eds.). Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. Eduem, Maringá. Pp. 211-230.
- Rodrigues, L.; Zanon, J.E.; Biolo, S. & Carapunarla, L. 2008. A planície alagável do rio Paraná: estruturas e processos ambientais – Perifíton. Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração – PELD/CNPq. Relatório técnico-científico das atividades de 2008. Disponível em <<http://www.peld.uem.br/Relat2008/pdf/Capitulo04.pdf>>.
- Ros, J. 1979. Práticas de ecologia. Omega, Barcelona. 181p.
- Sant'anna, C.L.; Azevedo, M.T.P.; Agujaro, L.F.; Carvalho, M.C.; Carvalho, L.R. & Souza, R.C.R. 2006. Identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras. Interciência, Rio de Janeiro. 58p.
- Stevenson, R.J. 1996. An introduction to algal ecology in freshwater benthic habitats. In: Stevenson, R.J., Bothwell, M.L. & Lowe, R.L. (eds.). Algal ecology: freshwater benthic ecosystems. Academic Press, New York. Pp. 3-30.
- Tews, L.; Brose, U.; Grimm, V.; Tielbörger, K.; Wichmann, M.C.; Schwager, M. & Jeltsch, F. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. Journal of Biogeography 31: 79-92.
- Thomaz, S.M.; Bini, L.M. & Bozeli, R.L. 2007. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. Hydrobiologia 579: 1-13.
- Thomaz, S.M.; Bini, L.M.; Pagioro, T.A.; Murphy, K.J.; Santos, A.M. & Souza, D.C. 2004. Aquatic macrophytes: diversity, biomass and decomposition. In: Thomaz, S.M.; Agostinho, A.A. & Hahn, N.S. (eds.). The upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation. Backhuys Publishers, Leiden. Pp. 331-352.
- Thomaz, S.M.; Carvalho, P.; Padial, A.A. & Kobayashi, J.T. 2009. Temporal and spatial patterns of aquatic macrophyte diversity in the Upper Paraná River floodplain. Brazilian Journal of Biology 69: 617-625.
- Thomaz, S.M.; Roberto, M.C. & Bini, L.M. 1997. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In: Vazzoler, A.E.A.M.; Agostinho, A.A. & Hanh, N.S. (eds.). A planície de inundação do alto rio Paraná. Eduem, Maringá. Pp. 73-102.
- Utermöhl, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitative phytoplankton-methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie 9: 1-38.
- Vilella, F.S.; Becker, F.G. & Hartz, S.M. 2002. Diet of *Astyanax* species (Teleostei, Characidae) in an Atlantic forest river in Southern Brazil. Brazilian Archives of Biology and Technology 45: 223-232.
- Webb, J.A.; Downes, J.A.; Lake, P.S. & Glaister, A. 2006. Quantifying abrasion of stable substrata in streams: a new disturbance index for epilithic biota. Hydrobiologia 559: 443-453.
- Wetzel, R.G. 2001. Limnology: lake and river ecosystems. Academic Press, San Diego. 1006p.
- Winter, J.G. & Duthie, H.C. 2000. Epilithic diatoms as indicators of stream total N and P concentration. Journal of North American Benthological Society 19: 32-49.