

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

PAULO ROBERTO BRESSAN BUOSI

Estrutura e dinâmica da comunidade de ciliados (Protozoa, Ciliophora)
associada aos fitotelmos da bromélia *Aechmea distichantha* Lem.

Maringá
2011

PAULO ROBERTO BRESSAN BUOSI

Estrutura e dinâmica da comunidade de ciliados (Protozoa, Ciliophora)
associada aos fitotelmos da bromélia *Aechmea distichantha* Lem.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos
Continentais do Departamento de Biologia, Centro
de Ciências Biológicas da Universidade Estadual
de Maringá, como requisito parcial para obtenção
do título de Mestre em Ciências Ambientais
Área de Concentração: Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Luiz Felipe Machado Velho
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Laura Roberto Pinto Utz

Maringá
2011

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

B944e Buosi, Paulo Roberto Bressan, 1986-
Estrutura e dinâmica da comunidade de ciliados (Protozoa, Ciliophora) associada aos fitotelmos da bromélia *Aechmea distichantha* Lem. / Paulo Roberto Bressan Buosi. -- Maringá, 2011.
39 f. : il. (algumas color.).

Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)-- Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2011.
Orientador: Prof. Dr. Luiz Felipe Machado Velho
Coorientadora: Profª. Drª. Laura Roberto Pinto Utz

1. Ciliados (Protozoa, Ciliophora) – Comunidades – Estrutura – Planície de inundação – Alto rio Paraná. 2. Bromélia *Aechmea distichantha* Lem. – Fitotelmos – Planície de inundação – Alto rio Paraná. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 22. ed. -579.49178209816
NBR/CIP - 12899 AACR/2

FOLHA DE APROVAÇÃO

PAULO ROBERTO BRESSAN BUOSI

Estrutura e dinâmica da comunidade de ciliados (Protozoa, Ciliophora)
associada aos fitotelmos da bromélia *Aechmea distichantha* Lem.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Luiz Felipe Machado Velho
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof. Dr. Ludgero Cardoso Galli Vieira
Universidade de Brasília (UnB)

Prof. Dr. Fábio Amodêo Lansac-Tôha
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá

Aprovada em: 18 de abril de 2011.

Local de defesa: Anfiteatro Prof. “Keshiyu Nakatani”, Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

Dedico este trabalho à
minha mãe, pelo amor
incondicional e pelo
exemplo de pessoa
justa, honesta e
trabalhadora.

AGRADECIMENTOS

- À minha mãe, meu pai e irmãos, Tiago, André e João Paulo, pelo amor, carinho e apoio em todas as minhas decisões e circunstâncias. Amo todos vocês;
- Ao meu orientador Felipe, que desde os tempos da graduação me recebeu e me aturou por todo esse tempo;
- À minha co-orientadora Laura, por todo o carinho e hospitalidade em Porto Alegre e pelos ensinamentos da técnica do Protargol;
- Ao Prof. Dr. Ludgero pela grande ajuda nas análises estatísticas;
- Ao Gustavo, pelos ensinamentos na difícil área da perseguição e identificação dos ciliados;
- Ao Tião e seu facão, pela inestimável ajuda nas coletas das plantas;
- Aos companheiros de coletas Felipe, Gisele e Nando pela companhia nas escaladas dos barrancos e nas noites intermináveis de trabalho;
- Às fieis ajudantes de contagem Adalgisa, Bia Trevisan, Dani, Bia e Isa, muito obrigado. Sem a ajuda de vocês seria impossível;
- A todo o pessoal do Laboratório de Zooplâncton, em especial à Claudinha e ao professor Fábio, pelo carinho e atenção durante todos os anos que passei por lá;
- A todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho;
- Ao Nupélia, pelos apoios logístico e financeiro oferecidos para a realização deste trabalho;
- Ao Curso de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais;
- À Capes, pela concessão da bolsa.

Estrutura e dinâmica da comunidade de ciliados (Protozoa, Ciliophora) associada aos fitotelmos da bromélia *Aechmea distichantha* Lem.

RESUMO

Diversas pesquisas foram realizadas sobre ambientes e habitats da planície de inundação do alto rio Paraná, mas ainda são inéditos estudos que abordem as comunidades aquáticas que habitam o fitotelmo. Portanto, é imprescindível investigar a influência do regime pluviométrico sobre a densidade, riqueza de espécies e estrutura da comunidade de ciliados associados aos tanques da bromélia *Aechmea distichantha* Lem., em uma mata ciliar na margem esquerda do rio Paraná. A determinação foi para a investigação quanto ao tamanho dos tanques das plantas e o volume de água acumulado em cada um deles, como influenciaram nos atributos da comunidade de ciliados e, também, se as plantas mais próximas geograficamente possuem similaridades na composição da comunidade de ciliados. A área de estudo caracteriza-se por diversos paredões rochosos com plantas epifíticas. Realizaram-se seis coletas no ano de 2010, sendo três na estação seca e três na estação chuvosa, em três diferentes estratos dos paredões rochosos (superior, médio, inferior). A cada amostragem, foram coletados quatro indivíduos de *A. distichantha* em cada um dos estratos, perfazendo-se um total de 72 amostras. Valores de riqueza de espécies variaram de duas a 20 espécies na estação seca e de seis a 25 espécies na estação chuvosa, sendo que houve diferenças significativas entre os períodos, enquanto que não foram registradas diferenças significativas entre os estratos. Em relação à densidade das espécies foram registrados valores médios entre 0,04 e 238 ind.mL⁻¹ no período seco e de 0,02 a 477 ind.mL⁻¹ no período chuvoso. Uma Análise de Variância (ANOVA) resultou em não diferenças significativas, tanto entre os períodos quanto entre os estratos. Uma Análise de Correspondência Destendencionada (DCA) mostrou que estrutura da comunidade de ciliados mudou substancialmente em função da pluviometria. Por outro lado, análises de regressão simples evidenciaram apenas relação inversa entre densidade de indivíduos e volume de água e nenhuma relação desta variável com a riqueza de espécies ou entre tamanho dos tanques com os atributos da comunidade. Os testes de Mantel demonstraram que não houve estruturação espacial da composição de espécies nem da estrutura da comunidade de ciliados associados aos tanques da bromélia *A. distichantha*.

Palavras-chave: Bromélia *Aechmea distichantha* Lem. Ciliados. Densidade. Estrutura da comunidade. Fitotelmos. Riqueza de espécies.

Structure and dynamics of the ciliate community (Protozoa, Ciliophora) associated with the tank-bromeliad *Aechmea distichantha* Lem.

ABSTRACT

The aims of this study were to investigate the influence of the precipitation volume over the abundance, species richness and community structure of the ciliate community associated with the tanks of the bromeliad *Aechmea distichantha* Lem., in a riparian vegetation of the Paraná River. It was intended, yet, to verify if the size of the tanks and the water volume accumulated in each one of those influences the attributes (species richness and abundance) of the ciliate community, and also if plants that are geographically closer have similarity in the species composition and in the structure of the ciliate community. The study was conducted at the left border of the Paraná River, which is characterized by the presence of several rocky walls that allow the establishment of populations of epiphytic plants. The samplings were performed in the year of 2010, with three samplings in the dry season and three in the rainy season, in three layers of the rock walls (lower, middle, and upper). A total of 72 samples were taken (four individuals in each layer) in both periods. The values of species richness ranged from two to 20 species in the dry season and from six to 25 species in the rainy season, which presented values significantly higher than the dry season, whereas the differences between the layers did not present values significantly distinct. Regarding the species abundance, it were recorded average values from 0,04 to 238 ind.mL⁻¹ in the dry season and from 0,02 to 477 ind.mL⁻¹ in the rainy season. An Analysis of Variance (ANOVA) showed that the values of species abundance did not differ significantly for both season and layers. An Detrended Correspondence Analysis (DCA) evidenced that the structure of the ciliate community changed substantially due to the rainfall. On the other hand, simple regression analysis evidenced only a reverse relation between individual densities and water volume, and none relation neither between this variable with the species richness nor between the sizes of the tanks with the community attributes. In the same way, the Mantel's tests showed that there was no spatial structuring neither in species composition nor in the structure of the ciliate community associated with the tanks of the bromeliad *A. distichantha*.

Keywords: Ciliates. Community structure. Density. Phytotelms. Species richness. Tank bromeliad *Aechmea distichantha* Lem.

Dissertação elaborada de acordo com as normas da publicação científica *European Journal of Protistology*. Disponível em: <http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/701761/authorinstructions>.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	METODOLOGIA.....	12
2.1	Área de estudo.....	12
2.2	Metodologia de coleta.....	14
2.3	Análise laboratorial.....	15
2.4	Tratamento de dados.....	15
3	RESULTADOS.....	17
3.1	Dados pluviométricos.....	17
3.2	Riqueza de espécies.....	17
3.3	Densidade.....	19
3.4	Estrutura da comunidade.....	24
3.5	Tamanho da planta e volume de água nos tanques.....	27
3.6	Similaridade da composição de espécies e estrutura da comunidade.....	27
4	DISCUSSÃO.....	29
	REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

A planície de inundação do alto rio Paraná, há muitos anos, tem sido objeto de diversos estudos abordando a diversidade regional de espécies e diferentes aspectos ecológicos de muitas comunidades aquáticas (Thomaz et al. 2004). Embora um número elevado de ambientes e habitats tenham sido estudados ao longo dos últimos 20 anos nesta planície, ainda é inédito um estudo que aborde as comunidades aquáticas que habitam um ecossistema bastante peculiar, o fitotelmo.

Muitas estruturas vegetais como folhas, caules e flores têm a capacidade de captar e armazenar a água da chuva, criando microcosmos aquáticos naturais, denominados fitotelmos (Fish 1983; Kitching 2000). Tais ambientes oferecem uma excelente opção para o estudo e compreensão de processos ecológicos em comunidades tropicais e temperadas (Kitching 2000, 2001), além de servirem como modelos ecológicos naturais que podem auxiliar a compreensão da dinâmica de comunidades aquáticas (Srivastava et al. 2004). Estes microcosmos naturais têm sido utilizados ultimamente para a compreensão da dinâmica de metacomunidades (Kneitel & Miller 2003), para estudos da dinâmica de nutrientes entre os níveis tróficos destes micro-ecossistemas (Ngai & Srivastava 2006) e para o teste das predições da teoria de Biogeografia de Ilhas de MacArthur & Wilson (1967).

Em bromeliáceas, os fitotelmos são formados pela congruência das axilas foliares constituindo um tanque, característico dessas plantas. Além de água da chuva, os tanques de bromélias também captam folhas que são decompostas e consumidas por organismos. De acordo com Frank (1983) e Kitching (2000, 2001), a riqueza, densidade e composição de espécies das comunidades presentes nos fitotelmos são reguladas, principalmente, pela disponibilidade de nutrientes.

Em virtude do relativo isolamento geográfico dos fitotelmos de bromélias, estas plantas podem sofrer o mesmo efeito de ilhas, tendo em vista a barreira geográfica para a dispersão e colonização de organismos de outros ambientes nestes microambientes. Neste sentido, a teoria de biogeografia de ilhas (MacArthur & Wilson 1967) pode ser testada utilizando estes microcosmos naturais. Townsend et al. (2006) destaca a importância da área da ilha e da distância da ilha de uma fonte dispersora de organismos como os principais fatores na estruturação das comunidades nestes ambientes, uma vez que uma ilha mais próxima à fonte colonizadora e/ou com uma maior área apresentaria maiores valores de riqueza de espécies.

De acordo com Srivastava et al. (2004), as barreiras físicas dos microcosmos naturais representam uma restrição natural para a biota, o que facilita a adição ou remoção de espécies em estudos experimentais. No entanto, esses autores enfatizam que os fitotelmos não são sistemas totalmente fechados e que a comunidade pode ser constantemente alterada por processos como a emergência de larvas de insetos ou a colonização de microrganismos. Portanto, estes processos de dispersão entre os microcosmos são importantes ferramentas para responder questões acerca da dinâmica de metacomunidades.

A pluviosidade tem sido considerada um dos mais importantes fatores estruturadores das comunidades aquáticas presentes em um fitotelmo, uma vez que o aumento da precipitação pode resultar em um aumento do volume de água no ambiente diminuindo, teoricamente, as competições por espaço e alimentos. Tendo em vista a possibilidade de que organismos possam chegar a estes ambientes pelos mais diversos mecanismos de dispersão e sobreviver às condições locais, Kitching (2001) afirma que a entrada de novas espécies em um ecossistema tão peculiar causa um distúrbio na comunidade uma vez que as competições por espaço e alimentos ficam mais intensificadas.

O importante papel da dispersão de organismos na determinação da diversidade local de espécies de comunidades em ambientes compartimentalizados (metacomunidades) há tempos é reconhecido (Huffaker 1958; Simberloff and Wilson 1970; Horn and MacArthur 1972; Hanski 1999). Na ausência de dispersão local entre comunidades, a diversidade local esperada é baixa, pois competidores dominantes ou predadores levarão outras espécies à extinção. Ao mesmo tempo que a taxa de dispersão entre comunidades aumenta até nível intermediário, um aumento na diversidade local de espécies é esperado por dois motivos (Caswell 1978; Mouquet & Loreau 2002): (i) quanto mais a dispersão aumenta, maior será a entrada de espécies com dispersão limitada em novos ambientes; e (ii) o aumento na taxa de dispersão de espécies pode manter espécies raras, que normalmente seriam extintas rapidamente. Pesquisa realizada por Kneitell & Miller (2003) revelou que a densidade e riqueza de espécies de ciliados em fitotelmos aumentaram com o aumento da dispersão local de organismos e com o aumento de recursos.

Kitching (2001) ressalta que a quantidade e a qualidade do alimento disponível em um fitotelmo é, também, um dos principais fatores na determinação das densidades dos organismos presentes nestes ambientes. Pesquisas relatam que a riqueza de espécies

e densidade de organismos está diretamente relacionada com a capacidade de armazenamento dos fitotelmos, ou seja, quanto maior for a capacidade de armazenar recursos do fitotelmo, maior serão as densidades populacionais (Sota 1996, 1998; Armbruster et al. 2002). Além disso, a quantidade de recursos também parece influenciar a estrutura da comunidade, uma vez que em fitotelmos com diferentes capacidades de armazenamento de recursos proporcionam distintas densidades populacionais (Sota 1996, 1998). Além disso, Haubrich et al. (2009) afirmam que a produção bacteriana pode ser influenciada por diversos fatores, como a sazonalidade e a localização (terrestre ou epífita) de cada planta.

O objetivo deste trabalho foi verificar a influência do regime pluviométrico e da altura das plantas em relação ao rio, sobre a riqueza, densidade e estrutura da comunidade de ciliados associados aos fitotelmos da bromélia *Aechmea distichantha* Lem., em uma mata ciliar associada ao rio Paraná. Além disso, pretendeu-se investigar se o tamanho dos tanques das bromélias, a disponibilidade de água nos mesmos e a distância entre plantas influenciam os atributos da comunidade de ciliados. Mais especificamente, foram feitas as seguintes predições: (i) os valores de densidade e riqueza de espécies são significativamente maiores no período chuvoso; (ii) as plantas com tanques mais avantajados possuem valores de riqueza de espécies e densidade mais elevados em relação aquelas com tanques menores; (iii) os valores de riqueza e densidade de espécies são positivamente correlacionados com o volume de água nas cisternas; (iv) plantas mais próximas geograficamente possuem maior similaridade na composição de espécies de ciliados; (v) a estrutura da comunidade é significamente distinta entre os períodos analisados; e (vi) a proximidade do rio influencia positivamente os valores dos atributos da comunidade de ciliados, ou seja, plantas do estrato inferior apresentam maiores valores de riqueza e densidade de espécies.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

A planície de inundação do alto rio Paraná encontra-se inserida no Bioma Mata Atlântica e na tipologia Floresta Estacional Semidecidual (Campos & Souza 1997). As formações florestais estão reduzidas a fragmentos próximos as margens do rio Paraná, sobre as ilhas e dispersos em cordões de mata ciliar ao redor dos ambientes aquáticos da planície (Campos & Souza 1997).

O estudo foi realizado às margens do rio Paraná (PR, Brasil), com coletas na margem esquerda do rio, na região situada entre a Base Avançada de pesquisas do Nupélia e o distrito de Porto São José, município de São Pedro do Paraná (Figura 1). A margem esquerda do rio Paraná se caracteriza pela presença de colinas de topo convexo que conferem a este lado do rio uma alta elevação (acima de 500m), além de possuir diversos paredões rochosos formados por rochas sedimentares do período Cretáceo e escarças áreas de inundação (Souza Filho & Stevaux 2004). Estes paredões proporcionam a instalação de diversas espécies de plantas epifíticas, como as bromélias utilizadas neste estudo.

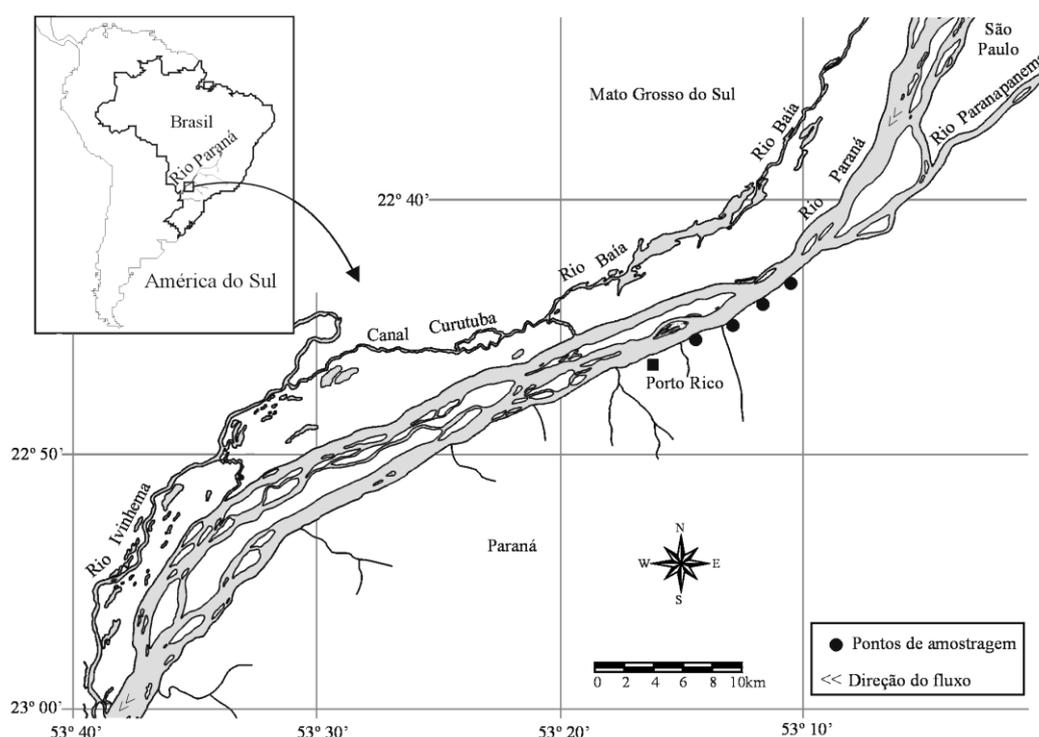


Figura 1. Mapa indicando os pontos de amostragem na margem esquerda do rio Paraná.

Indivíduos de *A. distichantha* (Figura 2) ocorrem como plantas terrestres ou epífitas (epífita facultativa) em florestas decíduais ou semi-decíduais e tem ampla distribuição na América do Sul, sendo encontrados em florestas do sul do Brasil, Bolívia, Paraguai, Uruguai e do norte da Argentina (Smith & Downs 1979). Esta bromélia-tanque possui folhas pungentes que medem cerca de 30–100 cm e pode se reproduzir tanto sexuada quanto assexuadamente. Plantas expostas a diferentes condições ambientais podem apresentar diferentes características. Por exemplo, indivíduos situados na sombra são mais altos e possuem maiores diâmetros, enquanto

que indivíduos expostos ao sol podem apresentar mais folhas e um tanque mais avantajado, suportando maiores quantidades de água (Cavallero et al. 2009).



Figura 2. Desenho esquemático de um indivíduo da espécie de bromélia *Aechmea distichantha* Lem. (Arte de Domingos Fossari, Reitz, 1983)

2.2 Metodologia de coleta

Foram coletados indivíduos da espécie *Aechmea distichantha*, em virtude da numerosa população localizada nos paredões rochosos na margem esquerda do rio Paraná. Com o objetivo de avaliar a influência da proximidade do rio sobre a composição de espécies de ciliados, foram amostradas plantas em três diferentes estratos do paredão rochoso: superior, médio e inferior. As alturas dos estratos foram definida na primeira campanha, levando em consideração a localização das plantas. As plantas classificadas como presentes no estrato inferior estavam a aproximadamente 3 metros do nível do rio; aquelas classificadas como do estrato médio estavam entre cerca de 3 e 7 metros do nível do rio; e aquelas classificadas como superiores estavam a mais de 7 metros do nível do rio. Independentemente da variação do nível do rio, a abrangência de cada estrato foi respeitada nas coletas subsequentes. Ocasionalmente, algumas plantas amostradas estavam localizadas no topo de árvores.

Realizaram-se seis coletas no ano de 2010, sendo que três delas ocorreram em meses de estiagem (fevereiro, março e abril) e as outras três, em período de chuvas

(outubro e novembro). A cada campanha foram coletados quatro indivíduos de *Aechmea distichantha* em cada um dos estratos, perfazendo-se um total de 72 amostras.

As plantas foram retiradas manualmente do paredão e então colocadas em sacos plásticos para serem transportadas até a Base Avançada de Pesquisas do Nupélia no município de Porto Rico, Paraná. No laboratório, as plantas foram viradas em bandejas para a remoção de toda a água presente nos tanques, os quais foram brevemente lavados com água destilada.

Os dados de pluviometria foram obtidos através da estação climatológica do Nupélia, situada na região da Base Avançada de Pesquisas. Foram usados apenas os dados pluviométricos acumulados da semana imediatamente anterior às amostragens.

2.3 *Análise laboratorial*

Após a remoção da água das plantas, o volume da amostra foi medido com auxílio de uma proveta. Os volumes de cada uma das amostras foram devidamente anotados para o posterior cálculo das densidades específicas. Logo após a remoção da água das plantas, foram realizadas as medidas da altura de cada uma das bromélias, além do perímetro e altura dos tanques e do número de folhas.

As amostras foram analisadas *in vivo*, sob microscópio ótico, em um período máximo de seis horas após a amostragem. Todas as identificações foram baseadas em bibliografia especializada (Dragesco & Dragesco-Kernéis 1986; Foissner et al. 1991, 1992, 1994, 1995, 1999, 2002; Foissner & Berger 1996; Patterson 1992). As contagens dos indivíduos e os cálculos das densidades das espécies foram realizadas de acordo com a metodologia de Madoni (1984). Este autor indica que a análise de dez sub-amostras de 100 μL ou 50 μL são suficientes para uma estimativa fiel do número de indivíduos real da amostral.

Para as espécies não identificadas durante o período de coleta, foram montadas culturas de organismos em placas de Petri, a partir de alíquotas das amostras vivas.

2.4 *Tratamento de dados*

Para verificar se houve diferenças nos valores de riqueza de espécies e densidade específica entre os períodos e entre os estratos, foi realizada uma Análise de Variância Bi-Fatorial (ANOVA Two-Way), sendo a densidade das espécies e os valores de riqueza de espécies as variáveis dependentes e os períodos (chuva e estiagem) e estratos (inferior, médio e superior) as variáveis categóricas. Esta análise é capaz de indicar se

existem diferenças nos valores médios de atributos ecológicos em função de uma ou mais variáveis categóricas. Os dados foram testados para verificar se eles atendiam aos pressupostos de normalidade e homocedasticidade.

Com o objetivo de sumarizar as diferenças na estrutura da comunidade de ciliados entre os dois períodos hidrológicos e entre os diferentes estratos, foi realizada uma análise de correspondência destendencionada (DCA, Hill & Gauch 2004), baseada nos dados de densidade das espécies. Os auto-valores e os escores dos eixos da DCA foram calculados utilizando o programa PcOrd 4.01 (McCune & Mefford 1999). Para a realização deste procedimento, foram excluídas as espécies encontradas em apenas uma amostra e com densidades muito baixas, em virtude da alta influência de espécies raras neste tipo de análise. Para a realização desta análise, os dados de densidade das espécies foram logaritmizados.

A riqueza de espécies dos períodos chuvoso e seco, e dos estratos inferior, médio e superior, foram também comparadas através de curvas de acumulação (rarefação). A comparação deste atributo através destas curvas tem o objetivo de eliminar o efeito da densidade sobre a riqueza de espécies (Ludwig and Reynolds 1988).

Os efeitos do tamanho dos tanques (perímetro) e do volume de água acumulada em bromélias (ambas sendo consideradas como variáveis preditoras) sobre a riqueza de espécies e densidade de indivíduos (variáveis respostas) foram avaliados por meio de análises de regressão linear simples (Zar 2009). Estas análises foram realizadas separadamente para as campanhas de amostragem relativas às estações de recursos e de chuva e também para ambas as estações juntas. Tanto as variáveis preditoras quanto as variáveis respostas foram transformadas em logaritmos antes das análises.

Para avaliar o efeito da estrutura espacial sobre a estrutura composicional da comunidade de ciliados em cada estação (recursos e chuva) e também em ambas as estações juntas, foram utilizados testes de Mantel (Legendre & Legendre 1998). As matrizes de distância biológicas foram compostas por matrizes de distância de Jaccard e de Bray-Curtis para os dados de presença/ausência de espécies e de densidade de indivíduos, respectivamente. As matrizes espaciais foram construídas utilizando as coordenadas geográficas, em graus decimais, das unidades de coleta, por meio de matrizes de distância euclidiana. A significância da estatística de Mantel foi calculada por meio de 10.000 aleatorizações. Os testes de Mantel foram realizados no pacote vegan (Oksanen et al. 2011) do programa estatístico R (R Development Core Team 2011).

3 RESULTADOS

3.1 *Dados pluviométricos*

Em virtude da realização de duas amostragens no mês de Outubro, este foi o mais chuvoso entre os meses de coletas, com um total de 40 mm de chuva nas semanas anteriores às duas coletas, sendo que 13,2 mm antecederam a primeira coleta e 26,8 mm, a segunda coleta neste mês. No mês de Fevereiro foi registrado um total de 9,4 mm, enquanto que no mês de Março 0,8 mm. O mês de Abril foi o único em que não houve precipitação na semana anterior à coleta. Já na semana anterior à coleta do mês de Novembro foi registrado um total de 3,4 mm de precipitação.

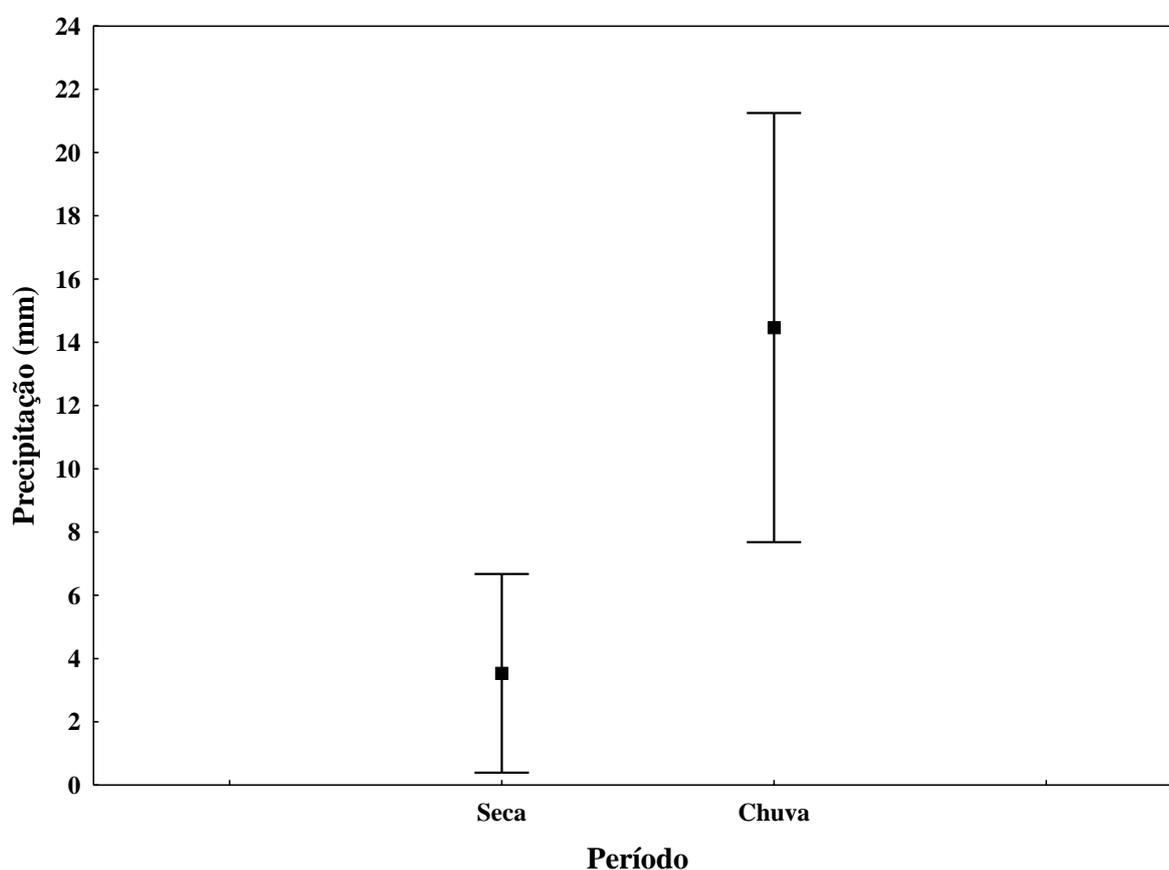


Figura 3. Volume pluviométrico médio nos dois períodos de amostragem. Ponto representa a média e a barra o erro padrão da média.

3.2 *Riqueza de espécies*

Considerando os dois períodos hidrológicos, foi registrado um total de 92 espécies de ciliados habitando os tanques da bromélia *Aechmea distichantha*, pertencentes a 14 ordens. Os valores de riqueza de espécies variaram de duas a 20

espécies no período de recursos, com uma média de 13 espécies, e de seis a 25 espécies no período chuvoso, com um valor médio de 15 espécies. Portanto, o período de chuvas apresentou valores de riqueza de espécies significativamente maiores que o período seco (Anova bi-fatorial: $F = 5,75$; $p = 0,019$). Em relação à variação espacial (entre os estratos), foi registrada uma tendência de valores maiores para o estrato médio, seguido pelo superior e, por último, o estrato inferior para o período chuvoso. No entanto, essas diferenças não foram significativas. No período seco, os valores de riqueza de espécies foram semelhantes nos três estratos (Figura 4).

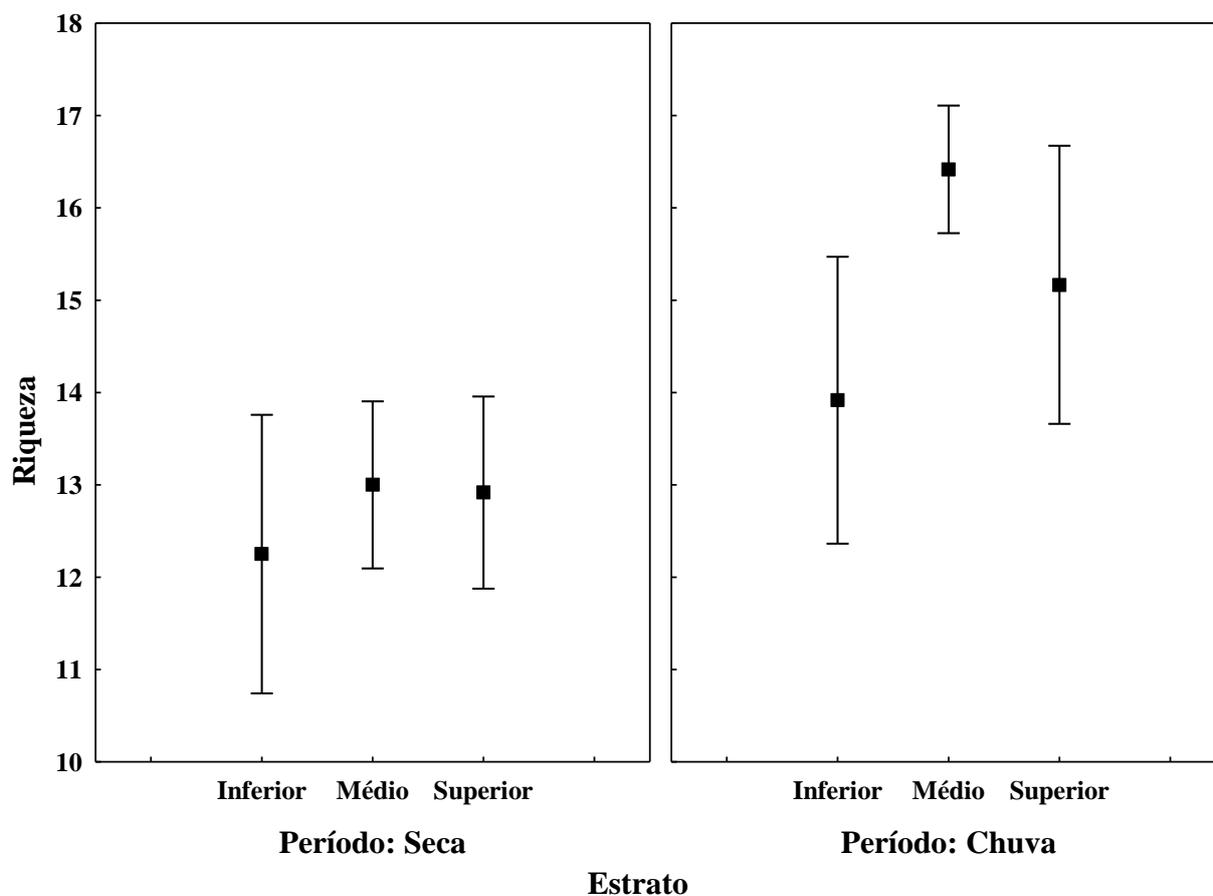


Figura 4. Valores de riqueza de espécies de ciliados para os dois períodos hidrológicos nos três estratos de amostragem. Os pontos representam as médias e as barras, o erro padrão.

A análise dos resultados das curvas de rarefação revelou que, para um mesmo valor de densidade, foram encontrados maiores valores de riqueza de espécies para o estrato inferior no período de recursos (Figura 5). Este resultado contrasta com aqueles apresentados na Figura 3, que indica maiores valores deste atributo para o estrato médio no período chuvoso. Esta divergência revela que os valores de densidade influenciaram os valores da riqueza de espécies nas amostras.

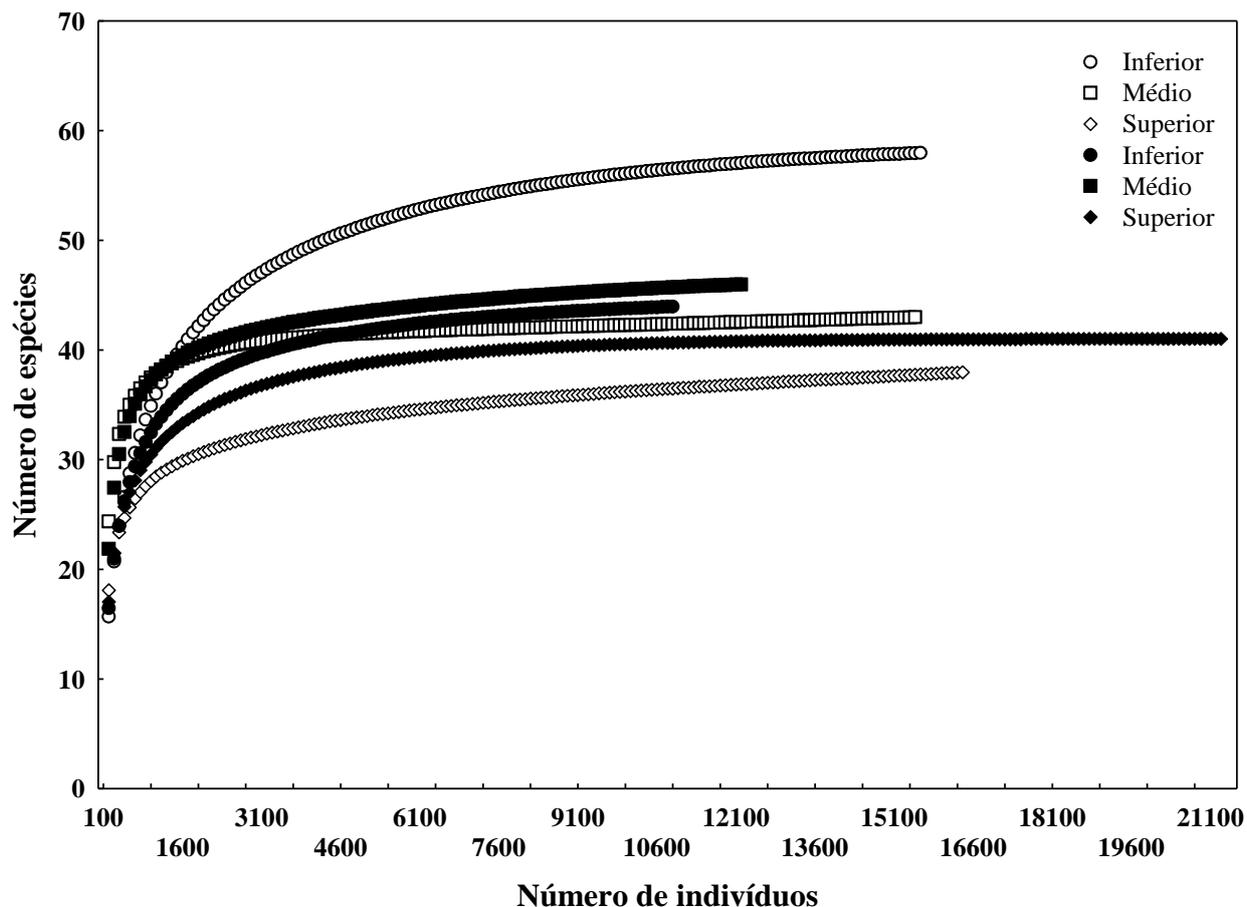


Figura 5. Curvas de acumulação de espécies para os dois períodos hidrológicos e para todos os estratos amostrados. Pontos preenchidos representam amostras do período chuvoso e pontos não-preenchidos representam amostras do período seco.

3.3 Densidade

Os valores totais de densidade de ciliados associados aos tanques de *A. distichantha* variaram de 57 a 10000 ind.mL⁻¹ no período seco (média de 1895 indivíduos) e de 248 a 13720 ind.mL⁻¹ no período chuvoso (média de 1994 indivíduos). Observou-se, em geral, uma tendência de aumento nos valores de densidade para o período de chuvas. Entretanto, as diferenças entre os períodos não foram significativas (Anova bi-fatorial: $F = 0,02$; $p = 0,87$). Embora espacialmente os valores totais de densidade de ciliados também não tenham diferido significativamente (Anova bi-fatorial: $F = 0,84$; $p = 0,43$), as densidades apresentaram um padrão de incremento em seus valores conforme a altura das plantas, de forma que o estrato inferior apresenta, em geral, os menores valores de densidade, e o superior, os maiores (Figura 6).

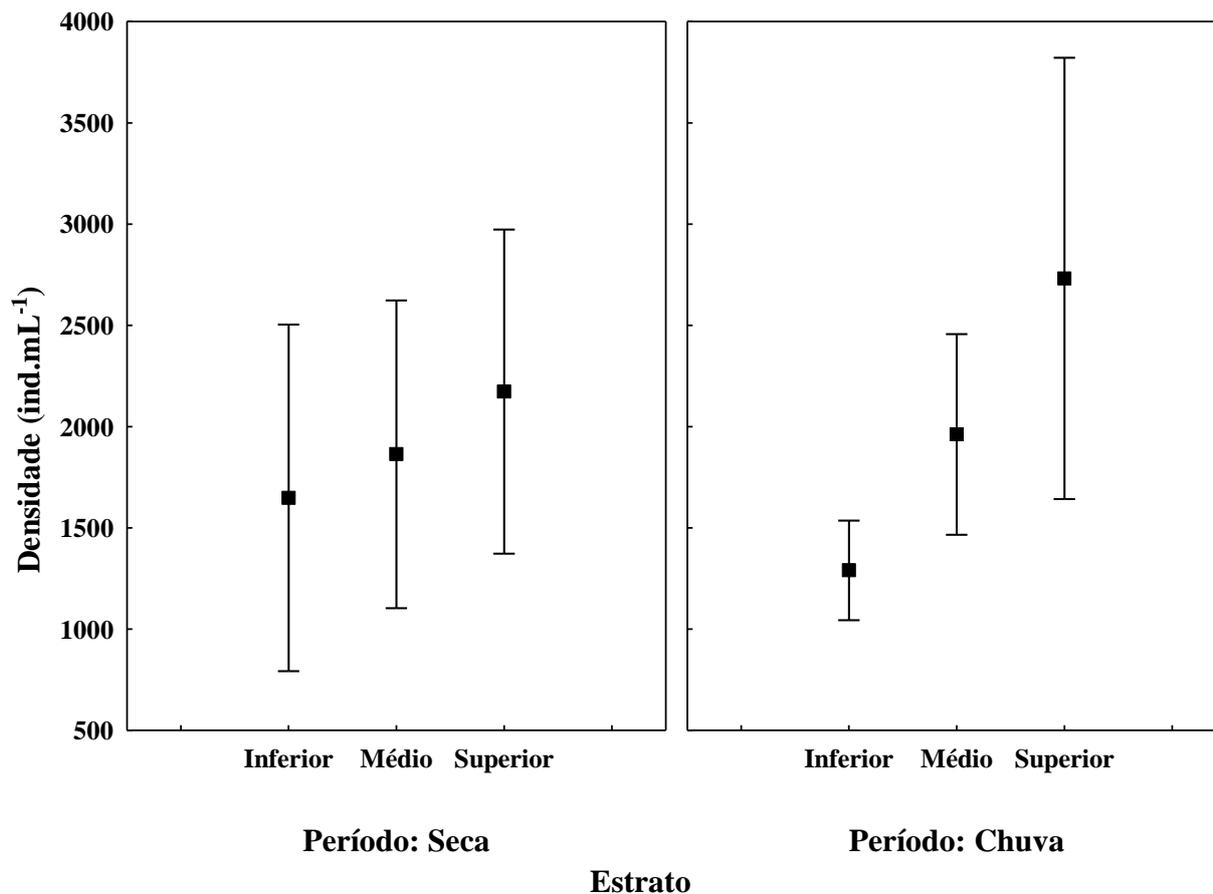


Figura 6. Densidade de ciliados para os dois períodos hidrológicos nos três estratos de amostragem. Os pontos representam as médias e as barras, o erro padrão.

Em relação à representatividade de cada uma das ordens na densidade total, a ordem Colpodida foi a mais representativa, com aproximadamente 45% da densidade total registrada. Hymenostomatida também contribuiu substancialmente para a densidade total de organismos, representando 18% da densidade total. Scuticociliatida e Oligotrichida também tiveram representatividade relativamente elevada com 12 e 10% da densidade total, respectivamente. Analisando os dois períodos separadamente, observou-se o mesmo padrão da distribuição das densidades totais, de forma que a ordem Colpodida foi a mais representativa em ambos os períodos e na maioria dos estratos, seguido por Hymenostomatida, Scuticociliatida e Oligotrichida, com pequenas diferenças entre os estratos (Figura 7). Observou-se, contudo, um leve aumento nos valores de densidade de colpodidos e hymenostomatídeos no período chuvoso, enquanto que a mudança sazonal influenciou negativamente as densidades de scuticociliátídeos.

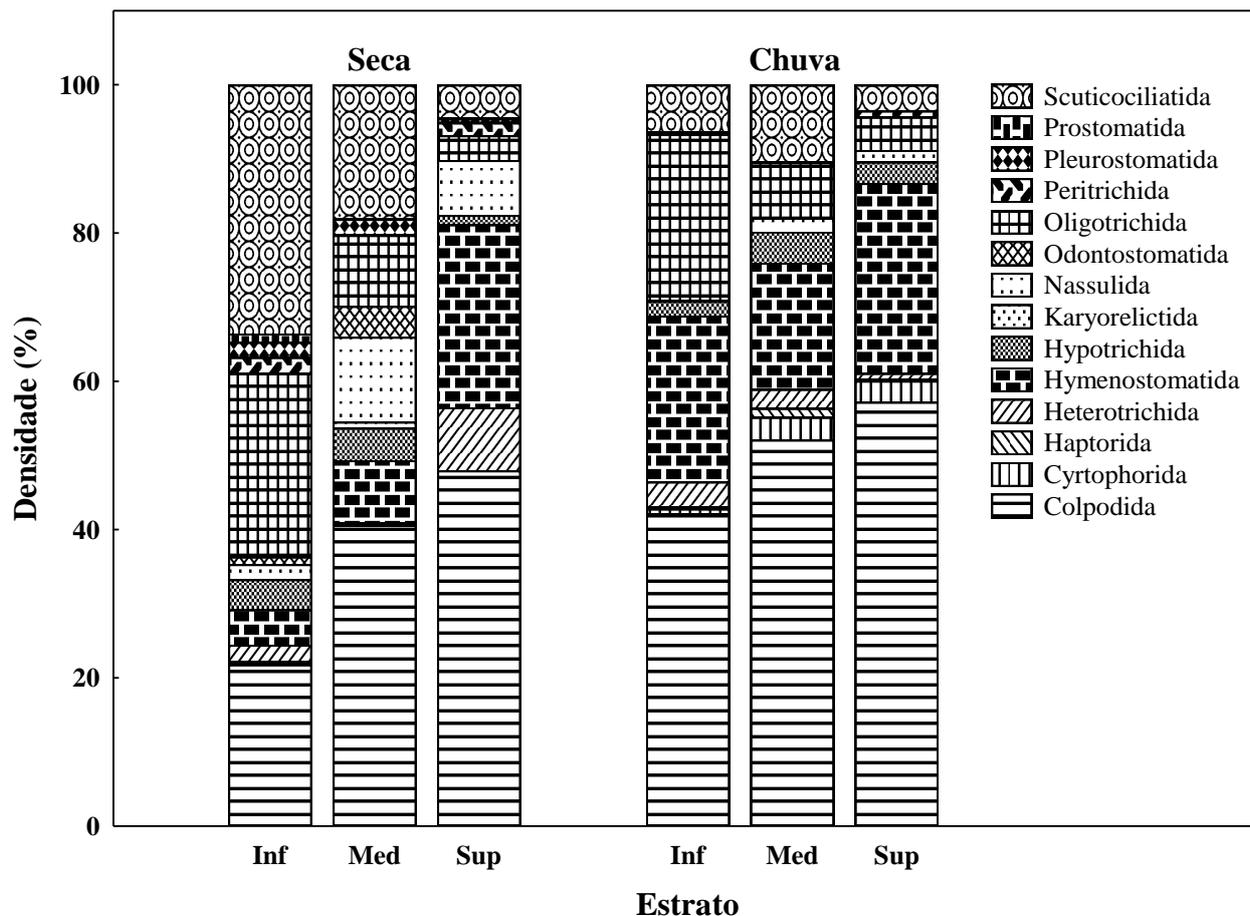


Figura 7. Representatividade em porcentagem de cada uma das ordens na densidade total de ciliados registrada no estudo.

As espécies registradas no presente estudo, bem como suas densidades médias, em ambos os períodos e em cada um dos estratos, estão apresentadas na Tabela 1. Considerando ambos os períodos hidrológicos e os três diferentes estratos, a espécie mais abundante foi *Colpoda steinii* Maupas, 1885, com uma densidade média de 330 ind.mL⁻¹, seguido pelos ciliados específicos de tanques de bromélias *Bromeliothrix metopoides* Foissner, 2011 (média de 265 ind.mL⁻¹) e *Bromeliophrya brasiliensis* Foissner, 2003 (média de 222 ind.mL⁻¹). A espécie planctônica *Halteria grandinella* Dujardin, 1841 também apresentou uma densidade relativamente elevada, assim como o scuticociliatídeo *Cyclidium glaucoma* Müller, 1773, os colpodidos *Cyrtolophosis mucicola* Stokes, 1885, *Colpoda magna* e *C. cucculus* Gmelin, 1790, e o hymenostomatídeo específico de tanques de bromeliáceas *Lambornella trichoglossa* Foissner, 2003.

Tabela 1. Densidades médias (ind.mL⁻¹) das espécies de ciliados registradas durante os dois períodos de estudo (recursos e chuva), nos diferentes estratos. (Cod = códigos usados na DCA; Inf = estrato inferior; Med = estrato intermediário; Sup = estrato superior).

Ordem	Espécies	Recursos			Chuva			Cod
		Inf	Med	Sup	Inf	Med	Sup	
Colpodida	<i>Bromeliothrix metopoides</i> ¹	73,4	121,5	300,2	58	193,3	844,2	Brm
	<i>Colpoda cucullus</i>	-	14,7	102	34,6	82	42,1	Coc
	<i>Colpoda inflata</i>	4,8	20	20	10,8	66,8	24,5	Coi
	<i>Colpoda magna</i>	18,2	141,7	75,7	14,5	21,3	10,5	Com
	<i>Colpoda steinii</i>	89,7	105	357,2	383,7	551,7	497,1	Cos
	<i>Cyrtolophosis mucicola</i>	175,6	322,1	186,8	35,4	92,3	105,9	Cym
Cyrtophorida	<i>Platyophrya vorax</i>	1	31,9	0,03	6,8	14,3	38,3	Plv
	<i>Chilodonella uncinata</i>	-	-	-	3,4	12	8,2	Chu
	<i>Chlamydonellopsis</i> sp.	2,7	-	-	-	30,3	45,5	Chl
	<i>Pseudochilodonopsis algivora</i>	-	1,7	-	0,8	0,9	24	Psa
Haptorida	<i>Trochiloides recta</i>	-	-	-	4,1	16,7	0,4	Trr
	<i>Didinium</i> sp.	-	-	-	0,06	-	-	-
	<i>Dileptus</i> sp.	-	-	-	-	6,24	-	Dil
	<i>Lagynophrya</i> sp.	-	-	-	-	5,1	-	-
	<i>Mesodinium pulex</i>	3,4	0,6	0,2	-	-	-	Mep
	<i>Monodinium</i> sp.	-	-	-	-	5,6	0,7	Mon
	<i>Phialina</i> sp.	-	-	-	-	0,7	0	-
	<i>Plagiopyla nasuta</i>	-	-	-	0,8	3,7	6	Pln
	<i>Spathidium</i> sp.1	-	-	-	1,4	1	-	Sp1
	<i>Spathidium</i> sp.2	0,1	0	0	0,08	0	0,07	Sp2
Heterotrichida	<i>Spathidium</i> sp.3	-	-	-	0,6	0,9	0,6	Sp3
	<i>Blepharisma</i> sp.	-	-	-	0,6	1,6	0,7	Ble
	<i>Brachonella spiralis</i>	-	-	0,4	20,5	9	-	Brs
	<i>Caenomorpha medulosa</i>	16,8	-	-	-	-	-	Cam
	<i>Caenomorpha</i> sp.	0,6	-	-	-	-	-	-
	<i>Metopus</i> sp.	1,7	3,1	90	16,7	39,6	20,3	Met
	<i>Metopus striatus</i>	17,4	-	94,6	-	-	-	Mes
	<i>Spirostomum minus</i>	0,6	-	-	-	-	-	Spm
	<i>Stentor</i> sp.	0,3	-	-	-	-	-	-
	<i>Bromeliophrya brasiliensis</i> ²	1,9	37,7	179	238	276,4	604,1	Brb
Hymenostomatida	<i>Colpidium colpoda</i>	0,3	5,3	-	1,5	0,1	0,3	Cop
	<i>Colpidium kleini</i>	-	-	0,3	1,3	-	2,4	Cok
	<i>Dexiostoma campylum</i>	2,9	26,8	18,8	-	-	-	Dec
	<i>Dexiotricha granulosa</i>	1,23	-	-	-	-	-	-
	<i>Epenardia</i> sp.	-	-	-	0,2	-	0,06	Epe
	<i>Frontonia depressa</i>	0,9	7,7	0,1	-	0,2	0,6	Fra
	<i>Frontonia leucas</i>	-	-	-	0,8	6	1,8	Frl
	<i>Glaucoma reniforme</i>	0,7	-	2,8	-	-	1,3	Glr
	<i>Glaucoma scintillans</i>	-	31	-	1,4	5,8	-	Gls

	<i>Lambornella trichoglossa</i> ³	8,5	44,6	327,5	39,6	13,9	51,1	Lat
	<i>Lembadion bullinum</i>	0,3	-	-	-	-	-	-
	<i>Lembadion lucens</i>	-	-	-	-	1,7	-	-
	<i>Paramecium caudatum</i>	21,9	-	-	2,2	-	-	Pac
	<i>Paramecium putrinum</i>	3,3	-	-	-	-	-	-
	<i>Philasterides armatus</i>	10	0,7	2,12	-	-	-	Pha
	<i>Tetrahymena</i> sp.	0,6	3	-	3,5	30,2	38,3	Tet
Hypotrichida	<i>Urocentrum turbo</i>	26,4	-	5	-	-	-	Urt
	<i>Aspidisca cicada</i>	-	-	-	0,4	-	1,4	Asc
	<i>Aspidisca lynceus</i>	-	0,9	-	-	-	-	-
	<i>Euplotes</i> sp.	1,8	-	-	-	-	-	Eup
	<i>Holosticha</i> sp.	0,3	12,4	0,7	3,2	32,3	15,3	Hsp
	Hypotrichida não identificado	22	-	23	7,1	20,8	30,4	Hyp
	<i>Oxytricha haematoplasma</i>	-	-	-	-	3,2	-	-
	<i>Oxytricha setigera</i>	0,1	-	-	-	10,3	-	-
	<i>Oxytricha</i> sp.	0,9	0,8	0,1	4,8	5,9	29,1	Oxy
	<i>Pattersoniella vitiphila</i>	2,3	37,7	2,9	2,9	3,1	0,5	Pav
	<i>Sterkiella histriomuscorum</i>	0,6	4	0,7	1,8	-	1,2	Sth
	<i>Stylonychia mytilus</i>	0,1	9,6	0,1	3,6	3,4	-	Stm
	<i>Uroleptus</i> sp.	39,6	15,7	-	1,4	2,8	-	Uro
	Karyorelictida	<i>Loxodes</i> sp.	0,06	15,5	-	-	-	-
<i>Nassulida</i>								
Nassulida	<i>Chilodontopsis depressa</i>	0,3	0	0	1,4	2,6	0,4	Chd
	<i>Drepanomonas revoluta</i>	18,1	171,4	50,1	-	-	-	Drr
	<i>Leptopharynx costatus</i>	5,4	19,6	56	-	-	-	Lec
	<i>Microthorax pusillus</i>	2,9	1,1	54,7	6,1	33,7	24,1	Mip
	<i>Nassula picta</i>	-	3,1	-	-	-	-	-
	<i>Pseudomicrothorax agilis</i>	7,1	18	-	-	-	-	Psm
Odontostomatida	<i>Discomorphella pectinata</i>	-	77,5	-	-	-	-	-
	<i>Saprodinium dentatum</i>	16,6	-	-	-	-	-	-
Oligotrichida	<i>Halteria grandinella</i>	412,6	178,4	72,4	289	147	122,1	Hag
Peritrichida	<i>Rimostrombidium humile</i>	-	-	0,4	-	-	-	-
	<i>Campanella umbellaria</i>	17	-	-	-	-	-	Cau
	<i>Epistylis</i> sp.	-	-	3,7	-	-	-	-
	<i>Opercularia</i> sp.	-	-	-	0,4	-	0,2	-
	<i>Rhabdostyla</i> sp.	-	-	-	0,2	-	-	-
	<i>Vorticella aquadulcis</i>	18,3	1,4	-	-	0,25	20,8	Voa
	<i>Vorticella</i> sp.	0,3	-	33,1	2,6	0,7	1,85	Vor Acu
Pleurostomatida	<i>Acineria uncinata</i>	34,1	7,1	11,8	-	-	-	-
	<i>Litonotus crystallinus</i>	-	31	-	-	-	-	-
	<i>Litonotus varsaviensis</i>	-	0,9	0,1	-	-	-	Liv
	Prostomatida							
Prostomatida	<i>Bursellopsis spumosa</i>	0,6	-	-	-	-	-	-
	<i>Coleps hirtus</i>	16,6	-	-	-	-	-	-

	<i>Holophrya</i> sp.	0,4	-	-	0,06	0,1	-	Hol
	<i>Holophrya teres</i>	-	-	1,9	-	-	-	-
	<i>Plagiocampa rouxi</i>	-	-	-	1,4	-	1	Plr
	<i>Urotricha farcta</i>	1,4	-	-	-	-	-	-
	<i>Urotricha</i> sp.	-	1,7	-	-	-	-	-
Scuticociliatida	<i>Calyptricha lanuginosa</i>	1,5	27,6	5,7	-	-	-	Cal
	<i>Cinetochilum margaritaceum</i>	1,9	12,3	36,9	1,1	19,4	4,8	Cim
	<i>Ctedoctema acanthocryptum</i>	2,7	47,5	-	-	-	-	Cta
	<i>Cyclidium glaucoma</i>	498,9	195	50,1	64,1	109,5	53,5	Cyg
	<i>Cyclidium heptatrichum</i>	53,9	53,5	4,7	16,1	75,2	36,4	Cyh
	<i>Pleuronema cf. smalli</i>	0,3	-	-	-	-	-	Pls

Para autoria e datas das espécies, ver Foissner & Berger (1996). ¹Foissner, 2010; ²Foissner, 2003a; ³Foissner, 2003b.

Os valores de densidade média das espécies, em cada um dos períodos, seguiram o mesmo padrão das densidades médias quando considerados os dois períodos, destacando-se as mesmas espécies. Neste sentido, no período de estiagem foram registradas espécies com densidades médias de 0,04 a 238 ind.mL⁻¹, sendo *Cyclidium glaucoma* a espécie mais abundante. Neste período também apresentaram densidades relativamente elevadas (acima de 100 ind.mL⁻¹) as espécies *Cyrtolophosis mucicola*, *Halteria grandinella*, *Colpoda steinii*, *Bromeliothrix metopoides* e *Lambornella trichoglossa*. Já no período chuvoso, as espécies apresentaram densidades médias de 0,02 a 477 ind.mL⁻¹, sendo *Colpoda steinii* a espécie mais abundante. *Bromeliothrix metopoides* e *Bromeliophrya brasiliensis* também apresentaram valores de densidade elevados, com médias acima de 360 ind.mL⁻¹.

3.4 Estrutura da comunidade

O primeiro e o segundo eixos de uma Análise de Correspondência Destendencionada (DCA) com auto-valores de 0,50 e 0,28, respectivamente, resumiram, em parte, a variação espacial e temporal da estrutura da comunidade de ciliados (Figura 8A). Em geral, os dois primeiros eixos da DCA, baseada nos dados de densidade das espécies, mostrou certa diferença entre as amostras coletadas do período de recursos, positivamente relacionadas com o eixo 1 da DCA e as amostras coletadas no período de chuvoso, negativamente relacionadas com o eixo 1 da DCA. Neste sentido, as espécies *Caenomorpha medulosa*, *Campanella umbellaria*, *Paramecium caudatum*, *Urocentrum turbo*, *Euplotes* sp. e *Metopus striatus*, positivamente relacionadas com DCA1, caracterizaram o período de recursos, enquanto as espécies *Colpidium kleini*,

Brachonella spiralis, *Glaucoma reniforme*, *Plagiopila nasuta*, *Aspidisca cicada*, *Trochilioides rectai* e *Monodinium* sp. estiveram negativamente relacionadas com DCA1 e caracterizaram o período chuvoso (Figura 8B). Especialmente, destacam-se apenas algumas amostras do estrato inferior no período de estiagem e poucas amostras do estrato médio neste mesmo período.

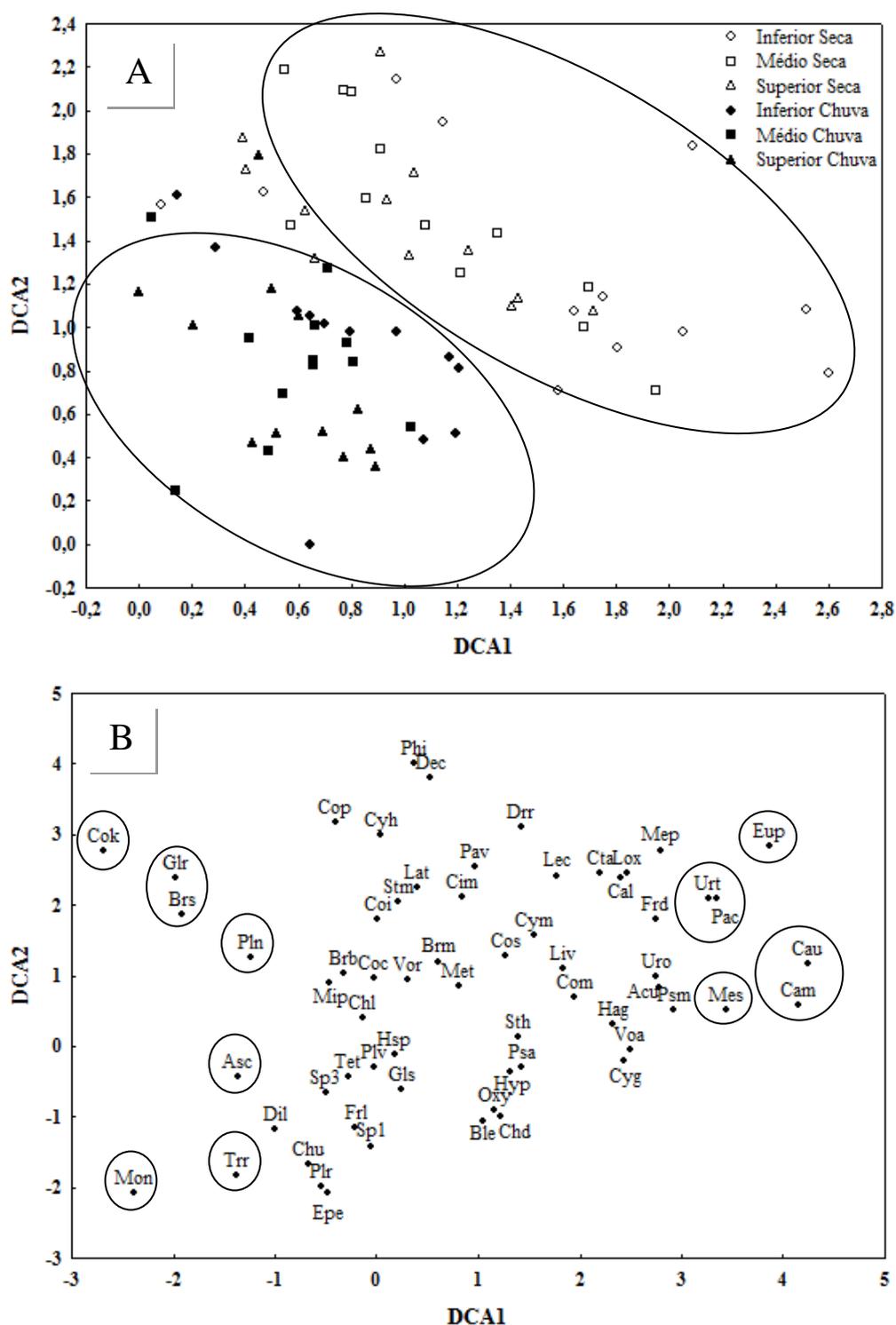


Figura 8. Diagrama de ordenação dos dois primeiros eixos da análise de correspondência destendicionada (DCA). (A) Ordenação dos escores dos estratos/períodos. Os pontos preenchidos representam amostras do período chuvoso e os pontos não-preenchidos representam amostras do período seco. (B) Ordenação dos escores das espécies de ciliados (os códigos são mostrados na Tabela 1).

3.5 *Tamanho da planta e volume de água nos tanques*

Os resultados das análises de regressão linear evidenciaram que não houve relação entre os valores de riqueza de espécies tanto com o perímetro dos tanques quanto com o volume de água encontrado nos mesmos. Para a densidade de ciliados, no entanto, as análises revelaram uma forte relação negativa entre os valores deste atributo com o volume de água encontrado nos tanques (Figura 9), não havendo também para a densidade relação com o tamanho dos tanques.

A análise de regressão linear realizada para ambos os períodos foi a que revelou uma dependência mais fraca da densidade em relação ao volume ($R^2 = 0,51$; $F = 37,09$; $p < 0,001$), se comparadas com as análises realizadas com os dados de densidade e volume das duas estações isoladas: a regressão realizada com os dados apenas da estação recursos revelou uma dependência levemente mais alta que a registrada na análise anterior ($R^2 = 0,52$; $F = 37,09$; $p < 0,001$) e relativamente mais baixa do que a registrada na análise considerando apenas os dados da estação chuvosa ($R^2 = 0,66$; $F = 65,21$; $p < 0,001$).

3.6 *Similaridade da composição de espécies e estrutura da comunidade*

Um teste de Mantel foi realizado a fim de verificar a existência de associação entre a composição de espécies e a estrutura da comunidade de ciliados com a estrutura espacial das plantas amostradas. Os resultados revelam que a similaridade na composição de espécies (dados de presença/ausência) não apresentou estruturação espacial em nenhum dos momentos analisados (ambas as estações: $r = 0,074$ e $p = 0,136$; estação recursos: $r = 0,079$ e $p = 0,213$; e estação chuvosa $r = 0,123$ e $p = 0,082$). Da mesma forma, o teste de Mantel utilizado a partir de dados de densidade das espécies através de uma matriz de distância de Bray-Curtis revelou que a similaridade na estrutura da comunidade de ciliados não apresentou estruturação espacial para nenhuma combinação de dados utilizadas, ou seja, esta análise não foi significativa para ambos os períodos ($r = 0,084$ e $p = 0,054$), para os dados de densidade do período de estiagem ($r = 0,12$ e $p = 0,054$) e para os dados de densidade do período chuvoso ($r = 0,055$ e $p = 0,198$).

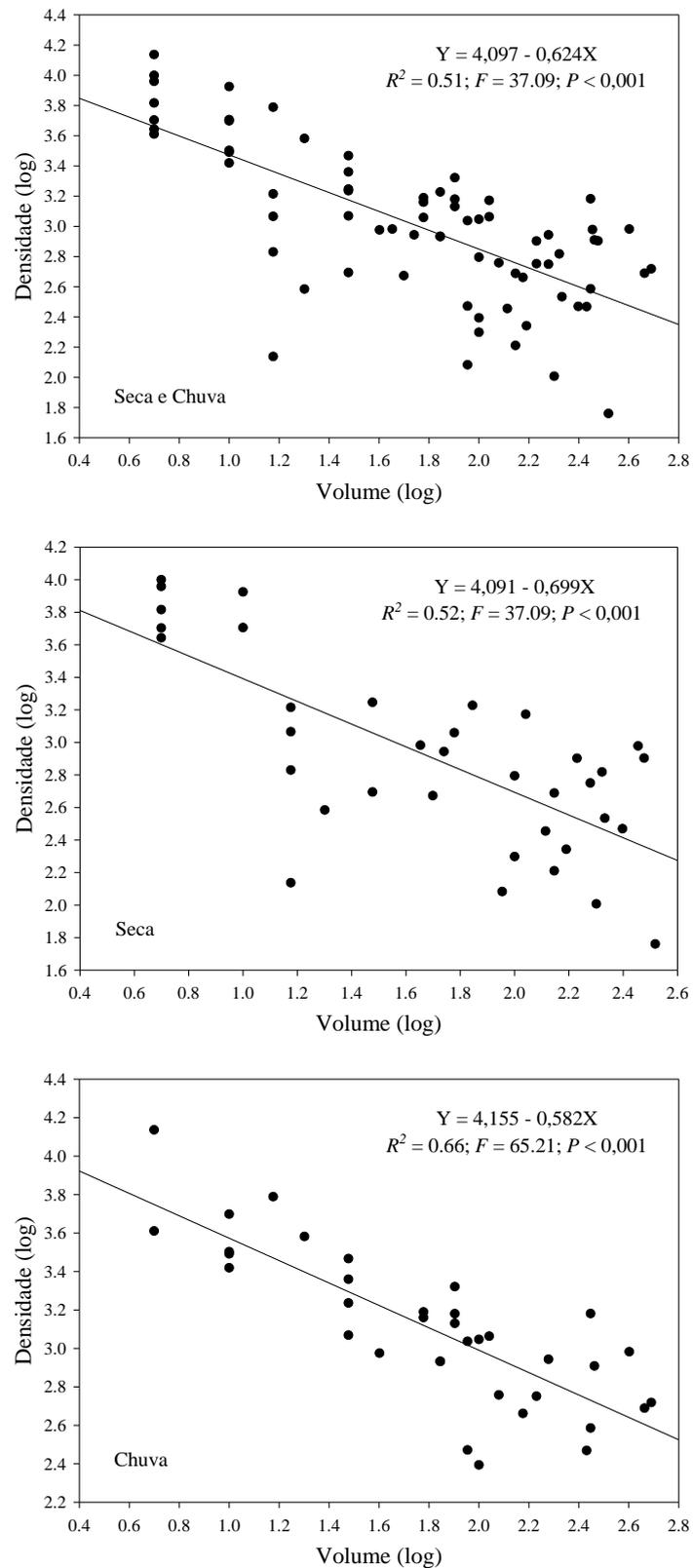


Figura 9. Análises de regressão linear simples avaliando a dependência da densidade em relação aos volumes de água encontrados nos tanques das bromélias. Os dados de ambas as variáveis foram logaritmizados.

4 DISCUSSÃO

A escassez de estudos ecológicos abordando protozoários ciliados nestes micro-ecossistemas não permite comparações muito esclarecedoras. A grande maioria dos estudos com fitotelmos abordam macro-invertebrados como insetos, aracnídeos e vermes oligoquetos ou anfíbios (Frank et al. 1976; Inger 1966; Little & Hebert 1996; Reid & Janetsky 1996; Sodré et al. 2010; Suárez-Morales 2010; Thienemann 1934; Torales et al. 1972). As recentes pesquisas sobre ciliados fitot lmicos normalmente são taxon micas e descrevem um número relativamente alto de novos g neros e espécies em pouco tempo (Foissner 2003a, 2003b, Foissner & Wolf 2009, Foissner et al. 2009, Foissner 2010, Foissner & Stoeck 2011), sendo poucas de caráter ecológico (Foissner et al. 2003; Srivastava & Bell 2009).

Os fitotelmos são sistemas fortemente influenciados pelo volume de água presente no ambiente. As limita es de tamanho desses microcosmos naturais conferem uma alta dependência da pluviometria por parte das comunidades aquáticas presentes nestes ambientes, de maneira que a mais leve evapora o pode desencadear processos de encistamentos de diversas espécies de protozoários (Foissner & Wolf 2009), diminuindo a riqueza de espécies. A riqueza de espécies de cililados associados aos fitotelmos da bromélia *Aechmea distichantha*, registrada no presente estudo, foi significativamente mais elevada no período chuvoso. Haubrich et al. (2009) estudaram alguns fatores que podem influenciar a comunidade bacteriana em tanques de bromélias e sugerem que existe uma rela o direta entre a pluviometria e a produ o bacteriana. Foissner et al. (2003) afirma que nestes micro-ambientes um dos principais alimentos para os protozoários ciliados são as bactérias presentes nestes tanques. Desta maneira, sugere-se que a alta pluviosidade favoreceu a emergência de ciliados que poderiam estar encistados, pois as condi es tornaram-se favoráveis com mais espaço e alimentos disponíveis para estes protozoários.

Outros estudos investigaram respostas da riqueza de espécies de outras comunidades associadas a tanques de bromélias em fun o da pluviometria. Em uma investiga o da comunidade de macro-invertebrados associados aos tanques da mesma espécie de bromélia utilizada no presente estudo, Montero et al. (2010) encontraram diferenças significativas nos valores de riqueza de espécies, de forma que na esta o chuvosa os valores foram maiores que na esta o recursos. Armbruster et al. (2002) afirmam que a varia o da riqueza de espécies de macro-invertebrados em tanques de bromélias pode ser parcialmente explicada pelo volume de água armazenado nos

tanques. Contudo, outros autores sugerem que as diferenças na riqueza de espécies de artrópodos associados a bromélias brasileiras entre estações secas e chuvosas se devem não somente à pluviosidade, mas principalmente a variações nas temperaturas (Lopez & Inglesias Rios 2001, Mestre et al. 2001, Müller & Marcondes 2007).

Estes estudos também relacionam as variações dos valores de densidade das espécies com a sazonalidade. Geralmente, com o aumento do volume de água acumulado nos tanques, a densidade das espécies tende a elevar-se, devido ao aumento de recursos alimentares e espaço. No presente estudo, não foram verificadas diferenças significativas nos valores de densidade entre o período de estiagem e o período chuvoso. Entretanto, observou-se uma tendência de aumento nesse atributo no período de chuvas em relação ao período seco. Pesquisa realizada por Sodré et al. (2010) revelou que a abundância de quironomídeos associados a tanques de bromeliáceas teve forte relação com o volume de água nos tanques e com o regime de chuvas, com maiores valores de densidade nos períodos chuvosos e em fitotelmos com maior volume de água. Srivastava & Bell (2009) destacam que a densidade de ciliados também pode ser afetada pela presença de predadores de topo. Estes predadores causam extinções de organismos detritívoros, os quais são importantes para a disponibilidade e qualidade de detritos, que por sua vez vão afetar o crescimento de bactérias, importantes alimentos para os ciliados (Foissner et al. 2003).

De acordo com os resultados da Análise de Correspondência Descendenciada (DCA) realizada com dados de densidade das espécies, pode-se afirmar que houve diferença na estrutura da comunidade em função da pluviometria, considerando que as amostras do período chuvoso foram discriminadas das amostras do período seco, em função das diferenças na ocorrência e densidade das espécies de ciliados. Apenas algumas amostras do estrato inferior do período de chuvas agruparam-se juntamente com as amostras do período seco.

Em relação à densidade das espécies, foram constatados altos valores para algumas espécies de colpodidos características de solo, como *Colpoda steinii*, *C. inflata* e *Cyrtolophosis mucicola*, além da espécie característica de tanques de bromélias *Bromeliothrix metopoides*. Em estudo realizado com diferentes tipos de solos em uma floresta tropical em Porto Rico, Bamforth (2007) registrou uma alta densidade destes mesmos colpodidos, além de outras espécies também encontradas no presente estudo com frequências relativamente altas, como *Platyophrya vorax* e *Colpoda cucullus*, com exceção de *B. metopoides*. Este autor afirma que a ordem Colpodida é o grupo de

ciliados mais representativo nas populações destes organismos em solos. Esta proposição é corroborada por outros estudos, também realizados em solos de ambientes tropicais (Aeschl and Foissner 1993; Bamforth 1995, 2001; Foissner 1997a, b; Lehle 1992).

A alta densidade de espécies de colpodidos comumente encontradas em solos nos fitotelmos da bromélia *Aechmea distichantha* evidencia certa semelhança entre este micro-ambiente e o solo, uma vez que a matéria orgânica acumulada nos tanques (serrapilheira) é a mesma que fornece os nutrientes para os organismos presentes no solo. Desta maneira, os colpodidos encontraram nos fitotelmos um ambiente favorável para o estabelecimento e desenvolvimento de suas populações.

Nestes estudo, foram realizadas análises para testar as predições da teoria de biogeografia de ilhas de McArthur & Wilson (1967), no sentido de verificar se plantas com fitotelmos mais avantajados possuiriam maiores valores de riqueza e densidade de espécies de ciliados, bem como de investigar se plantas mais próximas geograficamente possuiriam composição de espécies e estrutura da comunidade de ciliados semelhantes, em virtude da dispersão facilitada pela proximidade entre as plantas. Além disso, também investigou-se se os atributos da comunidade de ciliados respondem às variações nos volumes de água registrados em cada uma das plantas.

A maioria dos estudos que fazem estes tipos de relações (e.g., riqueza de espécies \times tamanho do fitotelmo) utiliza os organismos macro-invertebrados associados aos fitotelmos. A utilização de protozoários nestes tipos de análise é provavelmente inédita. Pode ser que estes organismos não sejam uma boa ferramenta para este tipo de investigação, uma vez que eles respondem muito rapidamente às mais leves alterações ambientais. De fato, as análises de regressão simples revelaram que não houve relação entre a riqueza de espécies de ciliados e o tamanho dos tanques e volume de água, enquanto que para a densidade não houve relação com o tamanho do tanque, apenas uma relação negativa com o volume de água.

Estes resultados contrariam aqueles registrados por diversos autores que encontraram, na maioria das vezes, que boa parte da riqueza de espécies de macro-invertebrados pode ser explicada pelo tamanho do fitotelmo e volume de água no mesmo (Araújo et al. 2007; Armbruster et al. 2002; Richardson 1999; Sota 1998). Em relação à densidade, resultados de outros estudos sugerem que este atributo é diretamente proporcional ao tamanho e ao volume de água encontrado nos fitotelmos

(Richardson 1999; Sodré 2010) de forma que quanto maior o volume de água e mais avantajado o fitotelmo, maior será a densidade dos organismos.

A menor densidade de ciliados encontrada nas plantas com maior de volume de água pode, no entanto, ter relação com um possível efeito de diluição da comunidade destes protozoários. É possível que os baixos volumes de água encontrados nas plantas tenham restringido o crescimento de espécies mais sensíveis, enquanto que aquelas mais resistentes passaram a dominar o ambiente e aumentaram suas populações. De fato, as amostras que continham baixo volume de água normalmente possuíam poucas espécies dominantes, com altas densidades populacionais. Por outro lado, em amostras com altos volumes de água estes valores de densidades sofriam uma redução em virtude do efeito da diluição da comunidade.

Outra forma de se testar as predições da teoria de Biogeografia de Ilhas, de MacArthur & Wilson (1967), foi verificar se plantas geograficamente mais próximas possuíam uma composição de espécies e uma estrutura da comunidade mais similares, em virtude da dispersão de organismos ser mais facilitada entre ambientes mais próximos. Os resultados mostram que não houve estruturação espacial tanto da composição de espécies quanto da estrutura da comunidade de ciliados. A partir destes resultados, sugere-se que a dispersão de protozoários ciliados entre os tanques de bromélias pode não ser um importante fator para a estruturação da comunidade como em outros grupos.

Kneitel & Miller (2003) afirmam, após experimento realizado com plantas carnívoras, que a dispersão de outros organismos, como alguns detritívoros e predadores de topo da comunidade, pode afetar os atributos da comunidade de protozoários nestes ambientes. Contudo, os autores não ressaltam a dispersão dos próprios protozoários em nenhum momento. Foissner (2007) sugere que os mecanismos de dispersão dos protozoários não são muito eficazes, como amplamente divulgado por alguns autores (Boenigk et al. 2006; Finlay et al. 1996, 2004), baseado em dois motivos principais: (i) a viabilidade dos cistos é muito mais restrita do que se pensava anteriormente, de maneira a maioria morre em poucos meses quando expostas a recursos prolongadas; e (ii) certamente, há muitas evidências de dispersão dos cistos pelo ar, contudo seus mecanismos ainda são pouco conhecidos e muito poucas espécies foram identificadas capazes de fazer este tipo de dispersão, sugerindo que a maioria dos cistos transportados são inviáveis e necessitam de condições especiais para o desencistamento.

Dessa maneira, sugere-se que a dispersão de protozoários ciliados entre os tanques de bromélias é um mecanismo que provavelmente acontece ao acaso e depende de fatores que são muito variáveis, como, por exemplo, a ação de alguns animais dentro dos tanques, podendo transportar alguns organismos para outras plantas. De fato, pode-se observar, nas amostras analisadas, que as espécies dominantes em cada um dos tanques eram muito variáveis e, sem dúvidas, não dependia do local em que a planta se encontrava.

Portanto, a partir dos resultados das análises de regressão linear e dos testes de Mantel, rejeita-se a hipótese de que plantas mais próximas geograficamente possuem maior similaridade na composição de espécies e estrutura da comunidade de ciliados associados aos tanques da bromélia *A. distichantha*. Além disso, também rejeita-se as hipóteses de que os atributos da comunidade de ciliados, i.e., riqueza e densidade, são positivamente correlacionadas tanto com o volume de água dentro da cisterna, quanto com o tamanho (perímetro) dos tanques. Pelo contrário, encontrou-se uma relação inversa entre o volume de água e a densidade de organismos, sugerindo um efeito de diluição da água sobre a comunidade de ciliados.

Por outro lado, uma das hipóteses foi confirmada parcialmente, uma vez que a riqueza de espécies registrada no período chuvoso foi significativamente maior do que aquela registrada para o período seco. Contudo, para os valores de densidade, não foram encontradas diferenças significativas entre os períodos.

Por fim, os resultados da análise de correspondência destendencionada evidenciam uma clara diferença na estrutura da comunidade de ciliados associados aos tanques da bromélia *Aechmea distichantha*, baseada nos dados de densidade das espécies, entre os dois períodos estudados, embora os valores de densidade total não tenham diferido significativamente entre os períodos. Este resultado sugere que a comunidade destes protozoários em fitotelmos parece ser mais influenciada pelas variações temporais do que por aspectos espaciais, uma vez que não foi registrada uma estruturação espacial tanto para a composição de espécies como para a estrutura da comunidade.

REFERÊNCIAS

Aescht, E., Foissner, W., 1993. Effects of organically enriched magnesite fertilizers on the soil ciliates of a spruce forest. *Pedobiologia* 38, 321–335.

- Araújo, V.A., Melo, S.K., Araújo, A.P.A., Gomes, M.L.M., Carneiro, M.A.A., 2007. Relationship between invertebrate fauna and bromeliad size. *Braz. J. Biol.* 67, 611–617.
- Armbruster, P., Hutchinson, R.A., Cotgreave, P., 2002. Factors influencing community structure in a South American tank bromeliad fauna. *Oikos* 96, 225–234.
- Bamforth, S.S., 1995. Interpreting soil ciliate biodiversity. *Plant Soil* 170, 159–164.
- Bamforth, S.S., 2001. Proportions of active ciliate taxa in soils. *Biol. Fertil. Soils* 33, 197–203.
- Bamforth, S.S., 2007. Protozoa from aboveground and ground soils of a tropical rain forest in Puerto Rico. *Pedobiologia* 50, 515–525.
- Boenigk, J., Pfandl, K., Garstecki, T., Harms, H., Novarino, G., Chatzinotas, A., 2006. Evidence of geographic isolation and signs of endemism within a protistan morphospecies. *Appl. Environ. Microbiol.* 72, 5159–5164.
- Campos, J.B., Souza, M.C., 1997. Vegetação. In: Vazzoler, A. E. A. M.; Agostinho, A. A.; Hahn, N. S. (Ed). *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Eduem, Maringá, pp. 331–342.
- Caswell, H., 1978. Predator-mediated coexistence: a nonequilibrium model. *Am. Nat.* 112, 127–154.
- Cavallero, L., López, D., Barberis, I.M., 2009. Morphological variation of *Aechmea distichantha* (Bromeliaceae) in a Chaco forest: habitat and size-related effects. *Plant Biol.* 11, 379–391
- Dragesco, J., Dragesco-Kernéis, A., 1986. Ciliés libres de l’Afrique intertropicale. Introduction à la connaissance et à l’étude des ciliés. *Faune Trop. (Éditions de l’ORSTOM)* 26, 1–559.
- Finlay, B.J., Corliss, J.O., Esteban, G.F., Fenchel, T., 1996. Biodiversity at the microbial level: the number of free-living ciliates in the biosphere. *Q. Rev. Biol.* 71, 221–237
- Finlay, B.J., Esteban, G.F., Fenchel, T., 2004. Protist diversity is different? *Protist* 155, 15–22.
- Fish, D., 1983. Phytotelmata: terrestrial plants as hosts for aquatic insect communities. In: Frank, J. H. & L. P. Lounibos (Ed), *Phytotelmata: flora and fauna*. Plexus, New Jersey, pp. 1–28.
- Foissner, W., 1997a. Soil ciliates (Protozoa: Ciliophora) from evergreen forests of Australia, South America and Costa Rica: diversity and description of new species. *Biol. Fertil. Soils* 25, 317–339.

Foissner, W., 1997b. Global soil ciliate (Protozoa, Ciliophora) diversity: a probability-based approach using large sample collections from Africa, Australia and Antarctica. *Biodivers. Conserv.* 6, 1627–1638.

Foissner, W., 2003a. Morphology and ontogenesis of *Lambornella trichoglossa* nov. spec., a new tetrahymenid ciliate (Protozoa, Ciliophora) from Brazilian tank bromeliads (Bromeliaceae). *Eur. J. Protistol.* 39, 63–82.

Foissner, W., 2003b. Morphology and ontogenesis of *Bromeliophrya brasiliensis* gen. n., sp. n., a new ciliate (Protozoa: Ciliophora) from Brazilian tank bromeliads (Bromeliaceae). *Acta Protozool.* 42, 55–70.

Foissner, W., 2007. Dispersal and biogeography of protists: recent advances. *Jpn. J. Protozool.* 40, 1–16.

Foissner, W., 2010. Life cycle, morphology, ontogenesis, and phylogeny of *Bromeliothrix metopoides*, nov. gen., nov. spec., a peculiar ciliate (Protista, Colpodea) from tank bromeliads (Bromeliaceae). *Acta Protozool.* 49, 159–193.

Foissner W., Blatterer H., Berger H., Kohmann F., 1991 Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band I: Cyrtophorida, Oligotrichida, Hypotrichia, Colpodea. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft Heft 1/91, 1–478.

Foissner, W., Berger, H., Kohmann, F., 1992. Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band II: Peritrichia, Heterotrichida, Odontostomatida. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft Heft 5/92, 1–502.

Foissner W., Berger H., Kohmann F., 1994. Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band III: Hymenostomata, Prostomatida, Nassulida. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft Heft 1/94, 1–548.

Foissner W., Blatterer H., Berger H., Kohmann F., 1995. Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band IV: Gymnostomatea, Loxodes, Suctoria. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft Heft 1/95, 1–540.

Foissner W., Berger H., 1996. A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes and waste waters, with notes on their ecology. *Freshw. Biol.* 35, 375–482.

Foissner W., Berger H., Schaumburg J., 1999. *Identification and Ecology of Limnetic Plankton Ciliates*. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes Wasserwirtschaft Heft 3/99, 1–793.

Foissner, W., Agatha, S., Berger H., 2002. Soil ciliates (Protozoa, Ciliophora) from Namibia (Southwest Africa), with emphasis on two contrasting environments, the tosha region and the Namib Desert. *Denisia* 5, 1–1459.

- Foissner, W., Strüder-Kyrpe, M., van der Staay, G.W.M., Moon-van der Staay, S.Y., Hackstein, J.H.P., 2003. Endemic ciliates (Protozoa: Ciliophora) from tank bromeliads (Bromeliaceae): a combined morphological, molecular, and ecological study. *Eur. J. Protistol.* 39, 365–372.
- Foissner, W., Blake, N., Wolf, K., Breiner, H.W., Stoeck, T., 2009. Morphological and molecular characterization of some peritrichs (Ciliophora: Peritrichida) from tank bromeliads, including two new genera: *Orborhabdostyla* and *Vorticellides*. *Acta Protozool.* 48, 291–319.
- Foissner, W., Wolf, K.W., 2009. Morphology and ontogenesis of *Platyophrya bromelicola* nov. spec., a new macrostome-forming colpodid (Protists, Ciliophora) from tank bromeliads of Jamaica. *Eur. J. Protistol.* 45, 87–97
- Foissner, W., Stoeck, T., 2011. *Cotterillia bromelicola* nov. gen., nov. spec., a gonostomatid ciliate (Ciliophora, Hypotricha) from tank bromeliads (Bromeliaceae) with *de novo* originating dorsal kineties. *Eur. J. Protistol.* 49, 29–50.
- Frank, J.H., Curtis, G.A., Evans, H.J., 1976. On the bionomics of bromeliad inhabiting mosquitoes. II. The relationship of bromeliad size to the number of immature *Wyeomyia vanduzeei* and *Wy. medioalbipes*. *Mosq. News* 37, 180–192.
- Frank, J.H., 1983. Bromeliad phytotelmata and their biota, especially mosquitoes. In: Frank, J.H., Lounibos, L.P. (Eds.), *Phytotelmata: terrestrial plants as host for aquatic insect communities*. Plexus, Medford, New Jersey, pp. 101–128.
- Hanski, I., 1999. *Metapopulation ecology*. Oxford University Press, Oxford.
- Haubrich, C.S., Pires, A.P.F., Esteves, F.A., Farjalla, V.F., 2009. Bottom up regulation in tropical phytotelm bromeliads. *Hydrobiologia* 632, 347–353.
- Hill, M.O., Gauch, H.E., 2004. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Plant. Ecol.* 42, 47–58.
- Horn, H.S., MacArthur, R.H., 1972. Competition among fugitive species in a harlequin environment. *Ecology* 53, 749–752.
- Huffaker, C.B., 1958. Experimental studies on predation: dispersion factors and predator-prey oscillations. *Hilgardia* 27, 343–383.
- Inger, R.F., 1966. The systematics and zoogeography of the Amphibia of Borneo. *Fieldiana Zool.* 52, 402–521
- Kitching, R.L., 2000. *Food webs and container habitats: the natural history and ecology of Phytotelmata*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kitching, R.L., 2001. Food webs in phytotelmata: “Bottomup” and “top-down” explanations for community structure. *Annu. Rev. Entomol.* 46, 729–760.

Kneitel, J.M., Miller, T.E., 2003. Dispersal rates affects species composition in metacommunities of *Sarracenia purpurea* inquilines. *Am. Nat.* 162, 165–171.

Legendre, P., Legendre, L., 1998. Numerical ecology. Amsterdam, Elsevier.

Lehle, E., 1992. Wimpertiere und andere Einzeller im Boden eines Fichtenbestandes im Schwarzwald. *Mikrokosmos* 81, 193–198.

Little, T.J., Hebert, P.D.N., 1996. Endemism and ecological islands: the ostracods from Jamaican bromeliads. *Freshw. Biol.* 36, 327–338.

Lopez, L.C.S., Iglesias Rios, R., 2001. Phytotelmata community distribution in tanks of shaded and sun-exposed terrestrial bromeliads from restinga vegetation. *Selbyana* 22, 219–224.

Ludwig, J. A., Reynolds, J. F., 1988. *Statistical Ecology*. John Wiley & Sons, New York, USA.

MacArthur, R.H., Wilson, E.O., 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton.

Madoni, P., 1984. Estimation of the size of freshwater ciliate populations by a sub-sampling technique. *Hydrobiologia* 111, 201–206.

McCune, B., Mefford, M.J., 1999. *Multivariate analysis of ecological data version 4.01. PC-ORD for Windows*. MjM Software, Oregon.

Mestre, L.A.M., Aranha, J.M.R., Esper, M.D.P., 2001. Macroinvertebrate fauna associated to the bromeliad *Vriesea inflata* of the Atlantic Forest (Parana State, southern Brazil). *Braz. Arch. Biol. Technol.* 44, 89–94.

Montero, G., Feruglio, C., Barberis, I.M., 2010. The phytotelmata and foliage macrofauna assemblages of a bromeliad species in different habitats and seasons. *Insect Conserv. Div.* 3, 92–102.

Mouquet, N., Loreau, M., 2002. Coexistence in metacommunities: the regional similarity hypothesis. *Am. Nat.* 159, 420–426

Müller, G.A., Marcondes, C.B., 2007. Immature mosquitoes (Diptera: Culicidae) on the bromeliad *Nidularium innocentii* in ombrophilous dense forest of Santa Catarina Island, Florianópolis, Santa Catarina State, southern Brazil. *Biotemas* 20, 27–31.

Ngai, J.T., Srivastava, D.S., 2006. Predators accelerate nutrient cycling in a bromeliad ecosystem. *Science* 314, 963–963.

Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Henry, M., Stevens, H., Wagner, H., 2011. *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 1.17-8. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>

- Patterson, D.J., 1992. Free-living freshwater protozoa – a color guide. CRC Press, Florida.
- R Development Core Team, 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. URL <http://www.R-project.org/>.
- Reid, J.W., Janetsky, W., 1996. Colonisation of Jamaican bromeliads by *Tropocyclops jamaicensis* n. sp. (Crustacea: Copepoda: Calanoidea). *Invertebr. Biol.* 115, 305-320.
- Reitz, R., 1983. Bromeliáceas e a Malária – Bromélia Endêmica. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí.
- Richardson, B.A., 1999. The bromeliad microcosm and the assessment of faunal diversity in a neotropical forest. *Biotropica* 31. 321–336.
- Simberloff, D.S., Wilson, E.O., 1970. Experimental zoogeography of islands: a two-year record of colonization. *Ecology* 51, 934–937.
- Smith, L.B., Downs, R.J., 1979. Bromelioideae (Bromeliaceae). *Flora Neotropica* 14, 1493–2142.
- Sodré, V.M., Rocha, O., Messias, M.C., 2010. Chironomid larvae inhabiting bromeliad phytotelmata in a fragment of the Atlantic Rainforest in the Rio de Janeiro State. *Braz. J. Biol.* 70, 587–592.
- Souza Filho, E.E., Stevaux, J.C., 2004. Geomorphology of the Paraná River Floodplain in the reach between the Paranapanema and Ivaí Rivers. In: Agostinho, A.A., Rodrigues, L., Gomes, L.C., Thomaz, S.M., Miranda, L.E. (Eds.), *Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain*. Eduem, Maringá, pp. 9–13.
- Sota, T., 1996. Effects of capacity on resource input and the aquatic metazoan community structure in phytotelmata. *Res. Popul. Ecol.* 38, 65–73.
- Sota, T., 1998. Microhabitat size distribution affects local difference in community structure: metazoan communities in treeholes. *Res. Popul. Ecol.* 40, 249–255.
- Srivastava, D.S., Kolasa, J., Bengtsson, J., Gonzalez, A., Lawler, S.P., Miller, T.E., Munguia, P., Romanuk, T., Schneider, D.C., Trzcinski, M.K., 2004. Are natural microcosms useful model systems for ecology? *Trends Ecol. Evol.* 19, 379–384.
- Srivastava, D.S., Bell, T., 2009. Reducing horizontal and vertical diversity in a foodweb triggers extinctions and impacts functions. *Ecol. Lett.* 12, 1016–1028.
- Suárez-Morales, E., Mendoza, F., Mercado-Salas, N., 2010. A new *Allocyclops* (Crustacea, Copepoda, Cyclopoida) from bromeliads and records of freshwater copepods from Mexico. *Zoosystema* 32, 393-407.
- Thienemann, A., 1934. Der tierwelt der tropischen Planzengewässer. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 13, 1–91.

Thomaz, S.M., Agostinho, A.A., Hahn, N.S., 2004. The Upper Paraná River and its Floodplain. Backhuys, Leiden.

Torales, G.C., Hack, W.H., Turn, B., 1972. Criaderos de culicídeos en bromeliáceas del NW de Corrientes. *Acta Zool. Lillo.* 29, 293–308.

Townsend, C.R., Begon, M., Harper, J.L., 2006. *Fundamentos em Ecologia*. Trad.: Gilson Rudinei Pires Moreira. Artmed, Porto Alegre.

Zar, J.H., 2009. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, 5 ed., 960 p.