



Universidade Estadual Paulista  
"Júlio de Mesquita Filho"  
Programa Interunidades



Mestrado


---

**Engenharia Civil e Ambiental**

**RICARDO HIDEO TANIWAKI**

**A COMUNIDADE PERIFÉRICA E SUAS RELAÇÕES COM A  
QUALIDADE DA ÁGUA NO RESERVATÓRIO DE  
ITUPARARANGA (SP, BRASIL)**

Sorocaba  
2012



**Ricardo Hideo Taniwaki**

**A COMUNIDADE PERIFÉRICA E SUAS RELAÇÕES COM A  
QUALIDADE DA ÁGUA NO RESERVATÓRIO DE  
ITUPARARANGA (SP, BRASIL)**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Área de Concentração Saneamento.

Orientadora:

Profa. Dra. Viviane Moschini Carlos

Co-orientador:

Prof. Dr. Albano Geraldo Emílio Magrin

Sorocaba  
2012



Taniwaki, Ricardo Hideo.

A comunidade perifítica e suas relações com a qualidade da água no reservatório de Itupararanga (SP, Brasil) / Ricardo Hideo Taniwaki, 2012.

107 f. : il.

Orientador: Viviane Moschini Carlos  
Co-orientador: Albano Geraldo Emílio Magrin

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Campus Experimental de Sorocaba, 2012.

1. Reservatório (Itupararanga). 2. Perifíton. 3. Biomassa. 4. Bioindicador. I. Universidade Estadual Paulista. Campus Experimental de Sorocaba. II. Título.



**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE RICARDO HIDEO TANIWAKI, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL, DO(A) FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU.**

Aos 15 dias do mês de maio do ano de 2012, às 09:00 horas, no(a) AUDITÓRIO DO CÂMPUS EXPERIMENTAL DA UNESP DE SOROCABA, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. ALBANO GERALDO EMÍLIO MAGRIN do(a) Departamento de Biologia / Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade - UFSCar Sorocaba, Profa. Dra. RENATA FRACACIO do(a) Câmpus Experimental da UNESP / Unidade de Sorocaba, Prof. Dr. EDUARDO LUIZ DE OLIVEIRA do(a) Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de RICARDO HIDEO TANIWAKI, intitulado "A COMUNIDADE PERIFÉRICA E SUAS RELAÇÕES COM A QUALIDADE DA ÁGUA NO RESERVATÓRIO DE ITUPARARANGA". Após a exposição, o discente foi argüido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

  
Prof. Dr. ALBANO GERALDO EMÍLIO MAGRIN

  
Profa. Dra. RENATA FRACACIO

  
Prof. Dr. EDUARDO LUIZ DE OLIVEIRA

*Dedico este trabalho à minha família e aos meus amigos.*

*Sem eles, eu nada seria.*

*“Para estar junto não é preciso estar perto, e sim do lado de dentro”*

*Leonardo da Vinci*

## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Viviane Moschini Carlos, pela amizade, orientação, confiança e por todo o tempo que despendeu para que esse trabalho fosse concluído;

Ao meu co-orientador Albano Geraldo Emílio Magrin, que me auxiliou muito na preparação e correção dos manuscritos e pela amizade;

Muito obrigado Viviane e Albano!!! Vocês são orientadores exemplares!!!

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de mestrado concedida, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental e à Pró-reitoria da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” pelos auxílios financeiros, ao coordenador do programa Heraldo Luiz Giacheti e à secretaria de pós-graduação da Faculdade de Engenharia de Bauru – Unesp por todo o suporte técnico, à Unesp campus Sorocaba por todo o espaço e infraestrutura cedida e a todos os seus colaboradores, que fazem desta universidade um local muito agradável;

Aos professores Marcelo Pompêo, Renata Fracácio, Roberto Wagner Lourenço, André Henrique Rosa, Maurício Cetra e Welber Senteio Smith pelas diversas oportunidades, considerações realizadas em meu trabalho e pelas diversas dúvidas sanadas;

Aos professores do programa de pós-graduação em engenharia civil e ambiental por todo o conhecimento adquirido;

Aos alunos do laboratório de limnologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, em especial à Paula Yuri Nishimura e à Sheila Cardoso que me auxiliaram muito com as análises e com diversas dúvidas;

À Tatiana Cintra Borghi pela amizade e pela importantíssima ajuda com a identificação das diatomáceas perifíticas;

Aos alunos de iniciação científica do curso de engenharia ambiental da Unesp Sorocaba Ana Lúcia Firmino, Rafael Takayama Garrafoli, José Marcelo Arruda, Camila Kamimura, Bruna Leonardi e Lucas Dian, que me auxiliaram nas coletas e no laboratório e à aluna Márcia Pereira da Universidade Paulista Sorocaba pela amizade e ajuda na coleta;

Aos mestres Frederico de Souza Beghelli e Ana Pavão pela amizade e ajuda nas análises dos nutrientes da água;

À equipe do projeto temático, em especial à Maria do Carmo Calijuri, Flávia Bottino, Adriana Cristina Poli Miwa, Davi Gasparini Cunha e André Cordeiro Alves dos Santos, por todo conhecimento adquirido através das reuniões e pelos diversos dados disponibilizados;

Aos companheiros de turma de pós-graduação, principalmente ao Rodrigo Bellezoni e à Larissa Miranda pela amizade e pelas aventuras nos congressos;

Às técnicas do laboratório de biologia e química da Unesp Sorocaba Thalita Benetello, Milena Rodrigues e Sandra Gavetti pelas diversas ajudas no laboratório;

Ao pessoal do laboratório de química Bruno Cunha, Camila Mello, Renato Grillo, Anderson Espírito Santo, Nathalie Melo, Lílian Oliveira e Diego Baratelli pela amizade e ajuda com as incansáveis dúvidas de química;

Ao Fábio Sato e Diogo Noda pela amizade e por me abrigaram nas diversas disciplinas realizadas na cidade de São Paulo;

Aos professores da banca de qualificação e de defesa deste trabalho, que contribuíram com valiosas sugestões;

A todos os meus amigos, que me apoiaram e incentivaram para que eu seguisse em frente nessa jornada;

## **GRATIDÃO**

E por fim, mas não menos importante, agradeço infinitamente ao meu pai, à minha irmã e a Deus, por tudo, absolutamente tudo!

## RESUMO GERAL

O reservatório de Itupararanga representa grande importância na bacia hidrográfica do rio Sorocaba devido aos usos múltiplos que este ecossistema propicia à população. Dentre as diversas atividades que usufruem dos serviços ambientais desse reservatório, podemos citar o abastecimento de água potável, irrigação, recreação, navegação e turismo. Dessa forma, o presente estudo objetivou estudar os estoques de carbono e as relações da comunidade perifítica (biomassa e composição específica) com a qualidade da água no reservatório de Itupararanga. Para isso, foram realizadas cinco campanhas de amostragem em quatro estações amostrais ao longo do reservatório em duas espécies de macrófitas aquáticas. A biomassa perifítica aderida às raízes da macrófita aquática *Eichhornia* spp. apresentou variação de 0,9 mg.m<sup>2</sup> a 12,5 mg.m<sup>2</sup> e a biomassa perifítica aderida às raízes da macrófita aquática *Polygonum punctatum* apresentou a variação de 0,5 mg.m<sup>2</sup> a 3,9 mg.m<sup>2</sup> e mostraram-se controladas principalmente pelo regime hidrológico e pelas concentrações de nutrientes na água. Os estoques de carbono da comunidade perifítica aderida às raízes de *Eichhornia* spp. e nos pecíolos de *P. punctatum* variaram de 0,3 mgC.m<sup>2</sup> a 2,5 mgC.m<sup>2</sup> e 0,1 mgC.m<sup>2</sup> a 1,2 mgC.m<sup>2</sup> respectivamente. Já em relação à composição específica de algas perifíticas, foi encontrado um total de 156 táxons divididos em 8 classes e a densidade total das espécies variou de 10,2 mil a 171,8 mil indivíduos por milímetro quadrado. Em relação à qualidade da água, o reservatório de Itupararanga apresentou em diversos momentos concentrações acima do máximo permitido para fósforo total e abaixo do mínimo permitido para oxigênio dissolvido segundo a resolução CONAMA 357/2005. A comunidade de algas perifíticas mostrou-se controlada por padrões espaciais e temporais, como o tipo de substrato, a localização das estações amostrais e às características químicas e físicas da água regidas pela sazonalidade. Desta forma, pode-se concluir que a comunidade perifítica apresenta relações significantes com a qualidade da água, podendo ser utilizada como bioindicador da qualidade da água no reservatório de Itupararanga.

**PALAVRAS-CHAVE:** reservatório, perifíton, biomassa, Itupararanga e bioindicador.



## GENERAL ABSTRACT

The Itupararanga reservoir has great importance in the Sorocaba River basin due to the multiple uses that this ecosystem provides to the population. Among the many activities that take benefit of the environmental services from this reservoir, we can cite the drinking water supply, irrigation, recreation, navigation and tourism. Therefore, this study aimed to study the carbon stocks and the relationships of the periphytic community (biomass and species composition) with the quality of the water in the reservoir Itupararanga. For this, five sampling campaigns in four sampling stations along the reservoir in two species of aquatic macrophytes were performed. The periphyton biomass attached to the roots of the aquatic macrophyte *Eichhornia* spp. presented a variation of 0.9 mg.m<sup>2</sup> to 12.5 mg.m<sup>2</sup> and periphyton biomass attached to the roots of the aquatic macrophyte *Polygonum punctatum* showed variation of 0.5 mg.m<sup>2</sup> to 3.9 mg.m<sup>2</sup> and were controlled mainly by the hydrological regime and nutrient concentrations in the water. The periphytic community carbon stocks attached to the roots of *Eichhornia* spp. and the petioles of *P. punctatum* ranged from 0.3 mgC.m<sup>2</sup> to 2.5 mgC.m<sup>2</sup> and 0.1 mgC.m<sup>2</sup> to 1.2 mgC.m<sup>2</sup> respectively. In relation to the species composition of periphytic algae, it has been found a total of 156 taxa divided into eight classes and the overall density of the species ranged from 10,200 to 171,800 individuals per square millimeter. In relation to the water quality, the Itupararanga reservoir performed in several times above the maximum allowed concentrations for total phosphorus and below the minimum allowable concentrations for dissolved oxygen according to CONAMA 357/2005 resolution. The community of periphytic algae has shown to be controlled by spatial and temporal patterns, such as substrate type, the sampling stations locations and chemical and physical characteristics of water governed by seasonality. Thus, one can conclude that periphyton community has significant relationships with the quality of the water and can be used as a bioindicator of the quality of the water in the reservoir Itupararanga.

**KEYWORDS:** reservoir, periphyton, biomass, Itupararanga and bioindicator.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localização do reservatório de Itupararanga. Modificado de Secchin, L. F. (no prelo). .....	9
Figura 2. Características gerais e localização das estações amostrais TRANS, BR1, BR3 e BR4 no reservatório de Itupararanga. ....	12
Figura 3. Localização das estações amostrais TRANS e BR4 no reservatório de Itupararanga. Modificado de Secchin, L. F. (no prelo) .....	21
Figura 4. Precipitação (mm) e temperatura (°C) na cidade de Ibiúna durante o período de estudo (CIIAGRO, 2011). (Barras representam a precipitação e a linha representa a temperatura do ar). ....	24
Figura 5. Cota e vazão afluente do reservatório de Itupararanga durante o período de estudo. ....	24
Figura 6. Análise de cluster realizada com as variáveis climatológicas e físicas e químicas da água (Prec, DS, T°, pH, CE, OD, P-PT, P-PTD, P-PID, N-NT, N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> e N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ). ....	25
Figura 7. Variação sazonal do PSSC e da clorofila- <i>a</i> do perifíton durante o período de estudo nas estações amostrais TRANS e BR4 (valores mínimos, primeiro quartil, mediana, terceiro quartil e valores máximos). ....	27
Figura 8. Concentrações de carbono (C), nitrogênio (N) e hidrogênio (H) do peso seco do perifíton nas estações amostrais TRANS e BR4 durante o período de estudo. ....	28
Figura 9. Localização das estações amostrais BR1 e BR3 no reservatório de Itupararanga. Modificado de Secchin, L. F. (no prelo). ....	37
Figura 10. Precipitação média mensal e temperatura média mensal durante o ano de 2010. Barras: precipitação. Linha: Temperatura .....	40
Figura 11. Cota e vazão afluente do reservatório de Itupararanga durante o período de estudo. ....	40
Figura 12. Biomassa perifítica expressa em peso seco sem cinzas (PSSC) nas estações amostrais BR1 e BR3 no reservatório de Itupararanga (primeiro quartil, mediana, terceiro quartil e intervalo interquartil). ....	42

Figura 13. Biomassa perifítica expressa em clorofila-a nas estações amostrais BR1 e BR3 no reservatório de Itupararanga (primeiro quartil, mediana, terceiro quartil e intervalo interquartil). .....	42
Figura 14. Concentrações de carbono (C), nitrogênio (N) e hidrogênio (H) do peso seco do perifíton (PS) nas estações amostrais BR1 e BR3 durante o período de estudo no reservatório de Itupararanga no ano de 2010. ....	43
Figura 15. Localização das estações amostrais TRANS, BR1, BR3 e BR4 no reservatório de Itupararanga. Modificado de Secchin, L. F. (no prelo). ....	53
Figura 16. Precipitação média mensal e temperatura atmosférica média mensal na cidade de Ibiúna (SP). Fonte: CIIAGRO (2011). ....	55
Figura 17. Porcentagem das classes de algas perifíticas encontradas durante o período de estudo no reservatório de Itupararanga nas estações amostrais TRANS, BR1, BR3 e BR4. (Col- Coleochaetophyceae; Din- Dinophyceae; Eug- Euglenophyceae; Zyg- Zygnemaphyceae; Chl- Chlorophyceae; Oed- Oedogoniophyceae; Bac- Bacillariophyceae e Cya- Cyanophyceae). ....	64
Figura 18. Riqueza de organismos nas estações amostrais TRANS, BR1, BR3 e BR4 durante o período de estudo no reservatório de Itupararanga. ....	65
Figura 19. Representação dos índices de diversidade (H') e uniformidade (J) nas estações amostrais TRANS, BR1, BR3 e BR4 nas diferentes épocas de amostragens no reservatório de Itupararanga. ....	66
Figura 20. Posição das estações amostrais e sua época de amostragem ordenados de acordo com os dois primeiros eixos da análise de componentes principais. (zDS= transparência da água com o disco de Secchi; N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> = nitrato; P-PT= fósforo total; T°=temperatura da água; P-PDT= fósforo total dissolvido, N-NT= nitrogênio total; N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> = nitrato; CE= condutividade elétrica). ....	67
Figura 21. Análise de correspondência com remoção do efeito de arco (DCA) aplicada aos dados de densidade da comunidade perifítica com a ordenação das estações amostrais e ordenação das espécies mais abundantes no reservatório de Itupararanga. (Pmon- Pseudanabaena moniliformis; Fdel- Fragilaria delicatissima var. delicatissima; Amin- Achnanthydium minutissimum; Oed 1, 2, 3 e 4 – Oedogonium spp.). ....	68

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Métodos utilizados na determinação das variáveis físicas e químicas da água no reservatório de Itupararanga durante o período de estudo. ....	13
Tabela 2. Classificação do perifíton segundo as variações da biomassa de acordo com Lakatos (1989).....	16
Tabela 3. Valores das correlações entre as variáveis físicas e químicas da água e as variáveis da operação do reservatório de Itupararanga (VA= Vazão afluente; $p$ = significância) .....	25
Tabela 4. Variáveis físicas e químicas da água e suas respectivas médias, valores máximos, valores mínimos, coeficientes de variação (CV) e erro padrão (EP) dos dados coletados durante o estudo nas estações amostrais TRANS e BR4 no reservatório de Itupararanga. ....	26
Tabela 5. Análise de regressão múltipla entre variáveis dependentes (PS, PSSC, AEC, AEN) e independentes. #ordem: ordem de importância das variáveis independentes na explicação das variáveis dependentes. $R^2$ parcial: proporção da variância explicada pelo fator. $R^2$ modelo: proporção da variância explicada pelo modelo (Pizarro, 1999).....	28
Tabela 6. Tipo do perifíton de acordo com o índice de Lakatos (1989) e o Índice autotrófico (IA) (APHA, 2005). ....	29
Tabela 7. Valores das variáveis físicas e químicas da água superficial (mínimos, máximos, médios, coeficiente de variação -CV e o erro padrão -EP) do reservatório de Itupararanga, durante o período de estudo nas estações amostrais (EA) BR1 e BR3.....	39
Tabela 8. Valores das correlações entre as variáveis físicas e químicas da água e as variáveis da operação do reservatório de Itupararanga. (VA- Vazão afluente; VV- Vazão vertida e $p$ - Significância). ....	39
Tabela 9. Concentrações de carbono da biomassa perifítica em diferentes ambientes e em diferentes localizações encontrados neste estudo e na literatura. ....	43
Tabela 10. Análise de regressão múltipla entre variáveis dependentes (PS, PSSC, AEC, AEN) e independentes coletadas nas estações amostrais BR1 e BR3. #ordem: ordem de importância das variáveis independentes na explicação das	

variáveis dependentes. R2 parcial: proporção da variância explicada pelo fator. R2 modelo: proporção da variância explicada pelo modelo (Pizarro, 1999).....	44
Tabela 11 Tipo do perifíton das estações amostrais BR1 e BR3 de acordo com o Índice Autotrófico - IA (APHA, 2005) e Lakatos (1989). (org-inorg= orgânico-inorgânico).....	45
Tabela 12. Variáveis físicas (temperatura, transparência da água) e químicas (pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, fósforo total, fósforo total dissolvido, ortofosfato, nitrogênio total, nitrito e nitrato) da água, no período de fevereiro a novembro de 2010 nas estações amostrais TRANS, BR1, BR3 e BR4 no reservatório de Itupararanga e suas respectivas médias e coeficientes de variação (CV).....	56
Tabela 13. Presença dos táxons de algas perifíticas nas estações amostrais TRANS, BR1, BR3 e BR4 no reservatório de Itupararanga durante o período de estudo.....	57
Tabela 14. Espécies abundantes e dominantes (Indivíduos x 10 <sup>3</sup> ) nas estações amostrais TRAN, BR1, BR3 e BR4 durante o período de estudo (fevereiro, abril, junho, setembro e novembro). .....	63
Tabela 15. Contribuição das variáveis nos dois primeiros eixos da análise de componentes principais. ....	67

## SUMÁRIO

FICHA CATALOGRÁFICA .....	III
FOLHA DE APROVAÇÃO.....	IV
AGRADECIMENTOS .....	VI
RESUMO GERAL .....	VIII
GENERAL ABSTRACT.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
ÍNDICE DE TABELAS .....	XII
1 APRESENTAÇÃO.....	1
2 INTRODUÇÃO GERAL .....	2
2.1 RESERVATÓRIOS: IMPORTÂNCIA E IMPACTOS .....	2
2.2 A COMUNIDADE PERIFÍTICA .....	4
2.3 CICLOS E ESTOQUES DE CARBONO .....	6
2.4 OBJETIVOS GERAIS .....	8
2.5 ÁREA DE ESTUDO .....	8
2.5.1 O reservatório de Itupararanga .....	8
2.5.2 Estações amostrais .....	11
2.6 METODOLOGIA GERAL.....	13
2.6.1 Análises físicas e químicas da água e climatológicas.....	13
2.6.2 Análises do perifíton.....	13
3 CAPÍTULO 1. VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DOS ESTOQUES DE CARBONO E DA BIOMASSA DA COMUNIDADE PERIFÍTICA ADERIDA À EICHHORNIA SPP. NO RESERVATÓRIO DE ITUPARARANGA .....	19
3.1 INTRODUÇÃO .....	20
3.1.1 Área de estudo .....	20
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS .....	22
3.3 RESULTADOS .....	23
3.3.1 Variáveis físicas, químicas e climatológicas .....	23
3.3.2 Perifíton .....	27
3.4 DISCUSSÃO .....	29

3.5	CONCLUSÕES .....	33
4	CAPÍTULO II. BIOMASSA E COMPOSIÇÃO ELEMENTAR (C, N E H) DA COMUNIDADE PERIFÍTICA ADERIDA À POLYGONUM PUNCTATUM ELL. NO RESERVATÓRIO DE ITUPARARANGA.....	34
4.1	INTRODUÇÃO .....	34
4.1.1	Área de estudo .....	35
4.2	MATERIAIS E MÉTODOS .....	36
4.3	RESULTADOS .....	38
4.3.1	Características físicas e químicas da água e climatológicas.....	38
4.3.2	Características biológicas .....	41
4.4	DISCUSSÃO .....	45
4.5	CONCLUSÃO .....	48
5	CAPÍTULO III. COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DO PERIFÍTON E SUAS RELAÇÕES COM O AMBIENTE NO RESERVATÓRIO DE ITUPARARANGA.....	50
5.1	INTRODUÇÃO .....	50
5.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	51
5.3	RESULTADOS .....	55
5.4	DISCUSSÃO .....	69
5.5	CONCLUSÃO .....	72
6	CONCLUSÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	74
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	76

# 1 APRESENTAÇÃO

---

Esta pesquisa foi realizada durante o ano de 2010, financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior através de bolsa de mestrado, pela Pró-Reitoria da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo através de auxílios financeiros. Teve parceria com as instituições Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” campus Sorocaba, Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, Universidade Federal de São Carlos campus Sorocaba e Universidade Federal do ABC, inserido como parte do projeto temático “Contribuição ao conhecimento do ciclo do carbono no reservatório de Itupararanga como subsídio para a sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Sorocaba”, financiado pela Fundação de Amparo à pesquisa do Estado de São Paulo e coordenado pela Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria do Carmo Calijuri.

Como parte do projeto temático, esta pesquisa visou contribuir com o conhecimento sobre os estoques de carbono que a comunidade perifítica representa e também conhecer as suas relações com a qualidade da água no reservatório de Itupararanga. Para isso, este trabalho foi dividido em três capítulos, sendo o primeiro tratando dos estoques de carbono e da biomassa perifítica aderida às raízes da macrófita aquática *Eichhornia* spp., o segundo tratando dos estoques de carbono e da biomassa perifítica aderida às raízes da macrófita aquática *Polygonum punctatum* e o terceiro e último capítulo abordando a riqueza e abundância das algas perifíticas e suas relações com a qualidade da água.

Partes deste trabalho foram publicados nos anais do I Simpósio Internacional de Desenvolvimento Sustentável da Unesp, I Simpósio dos Pós-graduandos em Engenharia Civil e Ambiental da Unesp, II Seminário de pesquisa da área de proteção ambiental (APA) Itupararanga, XIII Congresso Brasileiro de Ficologia, I Workshop em Ciências Ambientais – Unesp Sorocaba, 26º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental ABES e foi submetido em periódicos da área de limnologia e ecologia.



## 2 INTRODUÇÃO GERAL

---

### 2.1 RESERVATÓRIOS: IMPORTÂNCIA E IMPACTOS

Os reservatórios são ecossistemas aquáticos de extrema importância estratégica, pois além da base teórica limnológica e ecológica que proporcionam, são utilizados para diversos fins que interferem na qualidade da água, nos mecanismos de funcionamento e na sucessão das comunidades aquáticas (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008). A dinâmica funcional dos reservatórios é considerada por Tundisi (2006) “um conjunto de respostas complexas e interconectadas, resultantes de variados graus de resposta às funções de forças externas, naturais ou artificiais e que podem variar em função da latitude, de usos múltiplos, da economia regional e das características gerais de operação e funcionamento”.

As altas taxas de crescimento populacional da América do Sul, Ásia e África têm gerado demandas urgentes por água nas últimas décadas (KENNEDY *et al.*, 2003), levando a construção de diversos reservatórios que geram múltiplos benefícios, como hidroeletricidade, recreação, navegação, irrigação e a pesca, mas podem causar diversos impactos negativos, como a perda da biodiversidade aquática e terrestre, o declínio da qualidade da água do rio em que foi construído e mudanças socioeconômicas na região induzidas pela construção (TUNDISI *et al.*, 2008).

A construção de um reservatório gera diversos custos para a sociedade. Na Amazônia, a construção do reservatório de Tucuruí implicou além dos custos monetários de construção e manutenção, a perda da floresta, bloqueio da migração de peixes, criação de ambientes aquáticos anóxicos, produção do metano e metilação do mercúrio entre outros diversos impactos sociais e culturais (FEARNSIDE, 2001).

Além dos impactos antrópicos já conhecidos, os reservatórios têm chamado a atenção devido à sua contribuição na emissão dos gases de efeito estufa. De acordo com Fearnside (2002), a emissão de dióxido de carbono pelo reservatório de Tucuruí (Amazônia) é substancialmente maior do que as emissões de dióxido de carbono através da queima de combustíveis fósseis da cidade de São Paulo (SP), sendo necessária a consideração das emissões desses gases na decisão da construção de novos reservatórios.

Diversos parâmetros ambientais e na paisagem podem ser fundamentais nas características dos reservatórios em relação à qualidade da água, como a complexidade estrutural do reservatório, heterogeneidade vertical e horizontal, relações entre a bacia hidrográfica e o reservatório e os impactos pontuais e não pontuais inseridos na bacia hidrográfica em que o reservatório se localiza (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2003). Devido a todos esses fatores, o manejo dos reservatórios se torna muito mais complexo do que o manejo de lagos (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2003).

De acordo com Henry *et al.* (1998), o tempo de residência da água pode classificar ecologicamente os reservatórios em características próximas a ecossistemas lóticos (quando o tempo de residência for baixo) e características próximas a ecossistemas lênticos (quando o tempo de residência for elevado). Em função do tempo de residência, distribuição advectiva e nutrientes introduzidos pelos tributários, a extensão da zona de influência dos rios, a zona lacustre e a zona intermediária podem ser ampliadas ou reduzidas (HENRY, 2008).

Dentre os diversos impactos, a eutrofização é um dos maiores problemas antrópicos que afetam os ecossistemas aquáticos continentais na biosfera (PINTO-COELHO *et al.* 2005). Em função da eutrofização, muitos reservatórios e lagos do mundo já estão comprometidos para o abastecimento público, manutenção da vida aquática e para a recreação (FIGUEIRÊDO *et al.* 2007), sendo um dos problemas que levam à perda da biodiversidade aquática no Brasil (AGOSTINHO *et al.*, 2005).

Diversas comunidades aquáticas têm sofrido mudanças com a eutrofização dos ecossistemas aquáticos continentais brasileiros, como a comunidade zooplanctônica (PINTO-COELHO *et al.*, 2005; PINTO-COELHO, 1998), a comunidade de peixes (BORGES *et al.*, 2010; CHELLAPPA *et al.*, 2008; STARLING *et al.*, 2002), a comunidade fitoplanctônica (BRANCO e SENNA, 1996; CROSSETTI e BICUDO, 2008), a comunidade bentônica (MORAIS *et al.*, 2010; MORENO e CALLISTO, 2006) e a comunidade perifítica (BORDUQUI e FERRAGUT, 2011; MOSCHINI-CARLOS, 2001).

Desta forma, estudos que integrem o conhecimento entre as comunidades aquáticas e as condições ambientais dos ecossistemas a qual elas pertencem são de extrema importância, tendo em vista os usos múltiplos que se fazem dos reservatórios no Brasil.

## 2.2 A COMUNIDADE PERIFÍTICA

O perifíton tem despertado interesse nos estudos limnológicos, pois responde prontamente às mudanças do meio, funcionando como sensor das variáveis ambientais, apresenta alta taxa de diversidade e possui ciclo de vida curto, podendo ser facilmente utilizado para desenvolver e testar modelos ecológicos (CETTO *et al.* 2004).

O perifíton é representado por uma fina camada (bioderme), composta de algas, bactérias, fungos, animais, detritos orgânicos e inorgânicos, vivos ou mortos, variando em sua espessura, podendo atingir alguns milímetros, atuando na interface entre o substrato e a água circundante (WETZEL, 1983).

Segundo Lowe (1996), a comunidade perifítica de ecossistemas aquáticos continentais lênticos são constituídos por componentes autotróficos e heterotróficos e são extremamente ligadas e estruturadas, com freqüente dominância de diatomáceas (Bacillariophyceae), algas verdes (Chlorophyceae), algas azuis (Cyanobacteria) e ocasionalmente representadas por algas vermelhas (Rhodophyceae).

O perifíton é considerado um componente autotrófico e um produtor primário de grande importância ecológica e biológica, sendo encontrados em superfícies de rochas, vegetação submersa de macrófitas aquáticas, na parte externa de barcos, em superfícies naturais e artificiais de rios, riachos, lagos, represas, áreas alagadas e estuários (STEVENSON, 1996; TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008), sendo um fator crucial para o funcionamento dos ecossistemas aquáticos (MOSCHINI-CARLOS, 1999; VILLENEUVE *et al.* 2010).

A comunidade perifítica desempenha um reconhecido papel nos ciclos energéticos de ecossistemas aquáticos continentais, assumindo grande importância nas zonas litorâneas, consistindo na fonte principal ou dominante da síntese de matéria orgânica (VERCELLINO e BICUDO, 2006), além de servir como recurso energético para as cadeias tróficas superiores, na reciclagem de nutrientes e na transferência de nutrientes entre as zonas bentônicas e pelágicas (LIBORIUSSEN e JEPPESEN, 2009).

A riqueza e abundância do perifíton em ecossistemas aquáticos continentais lênticos são influenciados direta e indiretamente por uma ampla gama de fatores bióticos e abióticos, dentre eles a luminosidade, a turbidez da água, as características físicas e químicas da água e a abundância de seus consumidores (peixes, invertebrados aquáticos) e,

devido a sua posição na cadeia trófica, as interações entre os fatores podem ser bastante complexas (LOWE, 1996).

O perifíton pode chegar a contribuir com cerca de 90 % da produção primária total, dependendo da área do substrato disponível, característica do substrato, condições físicas e químicas da água, da morfometria dos sistemas aquáticos, etc. (MOSCHINI-CARLOS, 1999; STEVENSON, 1996). Rico em proteínas, vitaminas e minerais, o perifíton constitui importante alimento para muitos organismos aquáticos, especialmente alguns peixes de importância econômica e insetos aquáticos, servindo como base alimentar para as cadeias tróficas (MOSCHINI-CARLOS, 1999).

Segundo Biggs (1996), o principal fator regulador da biomassa do perifíton é a disponibilidade de recursos, particularmente nutrientes e luz, que associados à temperatura, influenciam nas taxas de metabolismo e crescimento. O fator que leva a perda da biomassa do perifíton pode estar associado à instabilidade do substrato, à velocidade de correnteza, abrasão por sedimentos em suspensão e pastejo por invertebrados e peixes.

Diversos estudos foram realizados com o intuito de caracterizar a comunidade perifítica em ecossistemas aquáticos continentais. Segundo Porter (2008), a carga excessiva de fósforo e nitrogênio em riachos com águas claras e pouca vegetação ripária contribui para o aumento excessivo do perifíton, aumentando desta forma a quantidade de carbono orgânico (enriquecimento autogênico orgânico) e assim, prejudicando a qualidade da água e dos habitats de rios e riachos. Devido à habilidade do perifíton em assimilar e acumular nutrientes, Sládecková et al. (1983) utilizaram o perifíton para remover o excesso de nutrientes em reservatórios de água potável, examinando um possível método de pré-tratamento.

Em um estudo de Felisberto e Rodrigues (2005), foram caracterizadas as diferenças entre as comunidades perifíticas em sete reservatórios em cascata localizados no rio Paranapanema, sugerindo que a estrutura da comunidade ficoperifítica foi controlada por vários fatores, como a precipitação, profundidade do corpo d'água, tempo de retenção, nutrientes, transparência e temperatura da água.

Cetto *et al.* (2004) pesquisaram a comunidade perifítica em um reservatório eutrofizado e concluíram que as condições tróficas do ambiente, influenciam a composição e abundância de espécies de algas. Segundo os autores, a eutrofia, provavelmente, beneficiou a abundância de espécies de diatomáceas, e com a melhoria das condições limnológicas, houve um rápido enriquecimento no número de algas perifíticas.

Godwin *et al.* (2009), realizaram uma análise do estado nutricional do perifíton ao longo de um riacho altamente produtivo e concluíram que o perifíton apresenta alta taxa de produtividade e armazena grandes quantidades de nitrogênio e fósforo que podem ser transportados em eventos de maior fluxo da água, enriquecendo os trechos à jusante.

Watanabe (1990) utilizou vários índices biológicos para caracterizar o estado de poluição das águas com base na comunidade perifítica, e os resultados evidenciaram que tal caracterização configura-se como boa indicadora biológica, realizando medidas como: determinação gravimétrica, concentração de pigmentos clorofilianos e atividade metabólica (fotossíntese, respiração e assimilação heterotrófica), em função das características físicas e químicas do ambiente e do tempo de imersão dos substratos.

Para o estudo do perifíton, são utilizados substratos artificiais e naturais vivos ou mortos (MOSCHINI-CARLOS, 1999) ou em uma combinação dos dois componentes (WETZEL, 1983). O tipo de substrato utilizado depende do objetivo do estudo. Os substratos naturais mais comumente utilizados são as macrófitas aquáticas e os artificiais são lâminas de vidro e pedaços de cerâmica. Segundo Aloí (1990), os estudos relacionados a medidas de biomassa, produtividade primária e composição de espécies são precisos quando utilizados substratos naturais.

Desta forma, tendo em vista à importância que esta comunidade representa no funcionamento ecossistêmico dos reservatórios, este estudo objetiva verificar os principais fatores controladores dessa comunidade no reservatório de Itupararanga. Visa também verificar os estoques de carbono dessa comunidade para o reservatório e contribuir com o objetivo final do projeto temático intitulado: “Contribuição ao conhecimento do ciclo do carbono no reservatório de Itupararanga como subsídio para a sustentabilidade da bacia hidrográfica do Rio Sorocaba”, coordenado pela Profa. Dra. Maria do Carmo Calijuri e financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo.

Vale ressaltar que nunca tinha sido realizado um estudo com a comunidade perifítica nesse reservatório.

### **2.3 CICLOS E ESTOQUES DE CARBONO**

Entre os diferentes ciclos biogeoquímicos, o ciclo do carbono destaca-se pela sua complexidade e abrangência, englobando todos os aspectos da limnologia, desde a

produção primária, passando pelas cadeias alimentares até fenômenos de sucessão biológica (ESTEVEVES, 1998).

O carbono inorgânico é o principal recurso para os produtores primários na formação de substâncias orgânicas. Dentre as suas diversas formas, o carbono inorgânico dissolvido é o maior constituinte das águas interiores e podem influenciar muitas características gasosas da água e na disponibilidade de nutrientes, servindo de componente fundamental da produtividade primária (WETZEL, 2001).

Com o atual crescimento industrial, as quantidades de dióxido de carbono vêm crescendo substancialmente na atmosfera (KHALIL e RASMUSSEN, 1988), fazendo com que as características da água como a acidez e a dureza sejam alteradas, causando mudanças na dinâmica dos ecossistemas aquáticos continentais (WETZEL, 2001).

Devido aos ecossistemas aquáticos continentais representarem uma pequena fração da cobertura da Terra, os lagos, os rios e os reservatórios são raramente considerados como importantes e potenciais componentes quantitativos no ciclo do carbono em escalas globais ou regionais (COLE *et al.* 2007).

Os compostos de carbono podem representar mais de 95% dos componentes da matéria viva dos organismos, excluindo-se a água, sendo a forma em que a energia é acumulada e armazenada, e que se incorporado à produtividade primária líquida, fica disponível para consumo como parte de uma molécula de açúcar, de gordura, de proteína ou muitas vezes de celulose (BEGON *et al.* 2007). O carbono é transportado continuamente pelos rios na forma de carbono orgânico particulado, carbono orgânico dissolvido e carbono inorgânico dissolvido (WETZEL, 2001).

Especialistas têm chamado atenção sobre a necessidade de uma melhor compreensão ecológica do ciclo do carbono e dos efeitos das alterações antrópicas sobre este ciclo nos ecossistemas aquáticos continentais, pois apesar de sua pequena contribuição em termos de área, representam um importante papel no fluxo global do carbono (ENRICH-PRAST e PINHO, 2008).

Neste contexto, é importante o conhecimento da contribuição do perifíton no estoque total de carbono presente em reservatórios subtropicais, tendo em vista que essa comunidade representa grande importância na assimilação do carbono inorgânico, transformando-o em matéria orgânica, que em altas quantidades, pode degradar a qualidade das águas presentes nos reservatórios.

## 2.4 OBJETIVOS GERAIS

O presente estudo teve como objetivo verificar as relações entre a qualidade da água e a biomassa e os estoques de carbono da comunidade perífita aderida às raízes e pecíolos das macrófitas aquáticas dominantes no reservatório de Itupararanga (*Eichhornia* spp. (raízes) e *Polygonum punctatum* Ell. (pecíolos)). Visou também verificar quais fatores influenciam a riqueza e abundância específica da comunidade de algas perífitas.

## 2.5 ÁREA DE ESTUDO

### 2.5.1 O reservatório de Itupararanga

O Rio Sorocaba é o principal afluente da margem esquerda do rio Tietê, drenando uma área de aproximadamente 5.269 km<sup>2</sup>. É formado pelos rios Sorocabuçu, Sorocamirim e Una, cujas cabeceiras se encontram nos municípios de Ibiúna, Cotia, Vargem Grande Paulista e São Roque. Deságua no médio Tietê, no município de Laranjal Paulista (SMITH e PETRERE, 2000). Seu trecho superior percorre parte do Planalto Atlântico e o restante na Depressão Periférica nos afloramentos de terrenos do Grupo Tubarão.

O reservatório de Itupararanga (Figura 1) foi construído em 1912, pela Companhia de Energia Elétrica – Light, com a finalidade de geração de energia elétrica e é responsável por 63% da água fornecida após tratamento convencional, abastecendo cerca de 800.000 pessoas de várias cidades, entre elas Mairinque, Alumínio, Piedade, Votorantim e Sorocaba (PEREIRA, 2008). Com queda bruta de 206m, a barragem situa-se no município de Votorantim, com área de drenagem de 851 km<sup>2</sup>, vazão máxima de 39,12 m<sup>3</sup>/s e com volume útil de 286 milhões de m<sup>3</sup> (SMITH e PETRERE, 2001). Possui uma área de drenagem de 936,51 km<sup>2</sup>, com 26 km de canal principal e 192,88 km de margens, ocupando parcialmente os municípios de Ibiúna, Piedade, São Roque, Mairinque, Alumínio e Votorantim.

Atualmente, a represa está compreendida na Área de Proteção Ambiental (APA) de Itupararanga. A APA foi criada pela Lei Estadual nº 10.100/1998 por uma demanda do Comitê da Bacia Hidrográfica do Sorocaba e Médio Tietê, para assegurar a manutenção da qualidade das águas do manancial da represa. Porém, a APA de Itupararanga não incluía

três municípios (Alumínio, Cotia e Vargem Grande Paulista) formadores da represa, o que representou um entrave para sua regulamentação, uma vez que essa situação se estendeu por um longo período que trouxe como consequência, o crescimento sem planejamento no entorno da represa, prejudicando o gerenciamento de suas águas (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, 2007). A APA de Itupararanga foi regulamentada no ano de 2003, através da Lei Estadual nº 11.579/2003.



**Figura 1. Localização do reservatório de Itupararanga. Modificado de Secchin, L. F. (no prelo).**

O reservatório apresenta em sua margem direita uma considerável faixa de área natural, sendo uma região contínua importante de remanescente florestal, mas, por outro lado à ocupação desordenada fez com que a mata ciliar da margem esquerda fosse



substituída por culturas de olerícolas, pastagens, condomínios, chácaras e casas de veraneio, que contribuem para a entrada de nutrientes e substâncias tóxicas no reservatório, alterando a qualidade da água.

A geologia identificada na área em que se insere o reservatório de Itupararanga é caracterizada pelo predomínio do grupo sedimentar Tubarão, o qual é composto pelo grupo Itararé (predominância de arenitos finos, siltitos e lamitos) e pelo grupo Tatuí (predominância de arenitos e siltitos) (PEREIRA, 2008). O tipo de vegetação original predominante é de Florestas Estacionais Semidecíduais, verificando-se também a presença de Cerrado e Florestas Ombrófilas (PEREIRA, 2008).

Queiroz (2006) mapeou os tipos de cobertura do solo que influenciam a qualidade da água no entorno do reservatório de Itupararanga e chegou às seguintes conclusões: a cobertura do solo predominante é de floresta, com 49,87% da área total analisada, pastagem (21,98%), culturas perenes (9,81%), áreas construídas (4,96%), culturas temporárias (2,18%) e solo exposto (1,5%). Com base nesses dados, Pereira (2008) verificou que um dos principais problemas ambientais decorrentes da alteração da cobertura do solo é o avanço das áreas agrícolas, pastagens e áreas construídas sobre a vegetação natural, incluindo as próximas à vegetação ripária, cuja função ecológica é fundamental para a qualidade da água dos efluentes e do próprio reservatório.

Segundo Carvalho (2003), a bacia do rio Sorocaba está com 25% de cobertura de mata natural, 7,5% por reflorestamento, 32,5% por pastagens e policultura variada, com destaque para o milho e a cana-de-açúcar e extração mineral, além do uso urbano e industrial. Os principais usos da água são para abastecimento público e industrial, afastamento de efluentes domésticos e industriais e irrigação de plantações e as principais atividades industriais são as indústrias têxteis, alimentícias, metalúrgicas, mecânicas, químicas, engenhos e curtumes (CARVALHO, 2003).

Nos últimos anos, diversos estudos têm sido realizados no reservatório de Itupararanga, devido à importância que esse reservatório representa para a população da bacia hidrográfica do Alto Sorocaba. Esses estudos forneceram dados de diversas comunidades biológicas como o fitoplâncton (CUNHA e CALIJURI, 2011), comunidade bentônica (BEGHELLI e ARRUDA, 2011), diversidade microbiana (DUARTE e SILVA, 2011), ictiofauna (SMITH e PETRERE, 2008; SMITH *et al.* 2011), macrófitas aquáticas (BOTTINO *et al.* 2011) e também estudos relacionados à limnologia química e física (CONCEIÇÃO *et al.*, 2011; ENNES *et al.*, 2010; MIWA *et al.* 2011; SARDINHA *et al.*, 2010).

Desta forma, este estudo vem a contribuir com o conhecimento da comunidade periférica nesse reservatório, tendo em vista a importância que essa comunidade representa na regulação de outras comunidades através de efeitos nas cadeias tróficas superiores (*bottom-up*), na assimilação e ciclagem do carbono, na assimilação e ciclagem de nutrientes e ao seu potencial bioindicador de atividades antrópicas.

### 2.5.2 Estações amostrais

Abaixo estão descritas as características gerais das estações amostrais assim como o seu entorno.

- Desembocadura dos rios Sorocabuçu e Sorocamirim (TRANS) (23K 0272233 7384786; Figura 2). Estes dois rios são os principais formadores do reservatório e estão localizados à montante, na zona de transição da região fluvial e lacustre (Cunha and Calijuri, 2011). Esta estação possui um grande banco de macrófitas aquáticas dominado por *Eichhornia* spp. e baixa cobertura de vegetação ripária no seu entorno. Está localizada próximo à malha urbana da cidade de Ibiúna.

- Desembocadura do Córrego do Campo Verde (BR1) (23K 0266956 7385031, Figura 2), localizado no primeiro braço do reservatório. Esta estação possui um banco de macrófitas aquáticas dominado por *Polygonum punctatum* Ell. e também possui baixa cobertura de vegetação ripária. Seu entorno é ocupado por agriculturas e residências.

- Desembocadura do Córrego da Ressaca (BR3) (23K 0264430 7381817; Figura 2), localizado no terceiro braço do reservatório. Possui também um banco de macrófita aquática dominado por *Polygonum punctatum* Ell, e tem baixa cobertura de vegetação ripária. Seu entorno é bem similar à estação do córrego do Campo Verde, com presença de agriculturas e residências não respeitando a área de preservação permanente.

- Desembocadura do Córrego do Paruru (BR4) (23K 0259767 7380366; Figura 2), localizado no quarto braço do reservatório. Esta estação é a mais próxima à barragem, localizada à jusante do reservatório. Possui um banco de macrófita aquática dominado por *Eichhornia* spp. Seu entorno é ocupado principalmente por residências e agriculturas e é possível observar que a vegetação nas margens é mais densa em comparação às estações amostrais BR1 e BR3. Nas proximidades desta estação amostral está sendo construída uma estação de tratamento de esgoto.

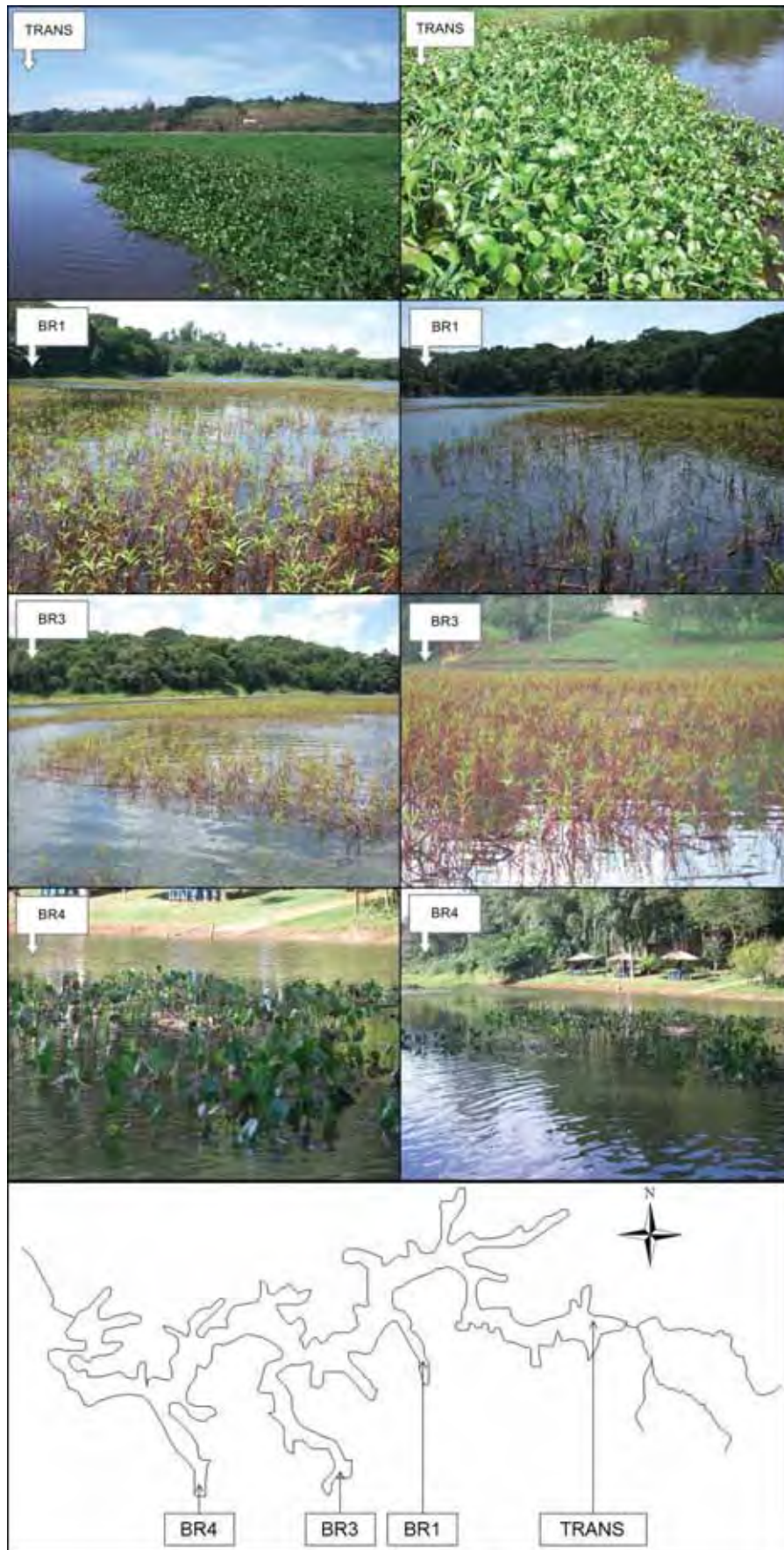


Figura 2. Características gerais e localização das estações amostrais TRANS, BR1, BR3 e BR4 no reservatório de Itupararanga.

## 2.6 METODOLOGIA GERAL

### 2.6.1 Análises físicas e químicas da água e climatológicas

A pesquisa foi realizada durante os meses de fevereiro, abril, junho, setembro e novembro do ano de 2010, totalizando cinco coletas. As variáveis físicas e químicas da água obtidas in situ foram: pH, condutividade elétrica, temperatura (°C) (sonda YSI 63-50 FT) e oxigênio dissolvido (sonda YSI 55-12 FT), ambos na superfície da água, no banco de macrófitas (Tabela 1). As variáveis climatológicas (precipitação mensal) foram obtidas no website do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO), da estação climatológica do município de Ibiúna. As variáveis referentes à operação do reservatório foram cedidas pela Votorantim Energia.

Para análise de nutrientes totais e dissolvidos, foram coletadas amostras de água superficial próximo ao banco de macrófitas aquáticas. Para análise dos nutrientes dissolvidos, a água foi filtrada com auxílio de bomba a vácuo e filtros de fibra de vidro GF/C Whatman. Para a determinação do nitrogênio total, fósforo total, ortofosfato, nitrito e nitrato foram utilizados os métodos descritos na Tabela 1.

**Tabela 1. Métodos utilizados na determinação das variáveis físicas e químicas da água no reservatório de Itupararanga durante o período de estudo.**

Variáveis	Métodos	Referências
Temperatura (°C)	Sonda – Potenciométrico	-
Oxigênio dissolvido (mg.L-1)	Sonda – Potenciométrico	-
Condutividade (µS.cm-1)	Sonda – Potenciométrico	-
pH	Sonda – Potenciométrico	-
Fósforo Total (µg.L-1)	Espectrofotométrico - método 4500 PB	APHA (2005)
Fosfato (µg.L-1)	Espectrofotométrico - método 4500 PE	APHA (2005)
Nitrogênio Kjeldahl Total (mg.L-1)	Digestão - método 4500NC e 4500Norg	APHA (2005)
Nitrito (mg.L-1)	Espectrofotométrico - método 4500NO3B	APHA (2005)
Nitrato (µg.L-1)	Colorimétrico - método 4500NO2B	APHA (2005)

### 2.6.2 Análises do perifíton

Para as análises relacionadas ao perifíton, foi adotado um procedimento padrão em todas as coletas e em todas as estações amostrais, descrito abaixo:

- Quadros de macrófitas aquáticas com área de 156 cm<sup>2</sup> (12,5 cm x 12,5 cm) foram coletados aleatoriamente nos bancos de macrófitas aquáticas em tréplica. Esta metodologia foi utilizada para atender os requisitos do projeto temático “Contribuição ao conhecimento do ciclo do carbono no reservatório de Itupararanga como subsídio à sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Sorocaba” que visou quantificar os estoques de carbono da comunidade perifítica por área dos bancos das macrófitas dominantes (*Eichhornia* spp. e *Poligonum punctatum*).

- O material coletado foi acondicionado em frascos plásticos contendo água destilada e levados para serem processados no laboratório;

- O perifíton aderido aos pecíolos e raízes das macrófitas aquáticas foi raspado com ajuda de pincel e jatos de água destilada em cima de uma bandeja;

- Depois de raspado, o material contendo o perifíton foi filtrado em peneira de 500 micras com o intuito de remover possíveis pedaços das macrófitas aquáticas e teve seu volume padronizado para 1 litro com ajuda de proveta;

- Foram retiradas alíquotas para a realização das análises relativas á biomassa, clorofila-a, análise qualitativa e análise quantitativa.

### **2.6.2.1 Biomassa**

A biomassa do perifíton foi determinada de acordo com APHA (2005) utilizando filtros de fibra de vidro GF/C Whatman. Para determinar o Peso Seco (PS) do perifíton, um volume conhecido do material perifítico foi filtrado em filtros de fibra de vidro pré-calcinados à temperatura de 500°C e levados à estufa à 105°C. A diferença entre o peso do filtro calcinado e após a filtragem e secagem na estufa se constitui o peso seco do perifíton.

Para a determinação das cinzas (C) do perifíton, os filtros com o perifíton secos na estufa a 105°C foram levados à mufla a 500°C por 1 hora. A diferença entre o peso do filtro calcinado e após a filtragem e ignição na mufla se constitui as cinzas do perifíton.

O volume filtrado foi convertido para a área do substrato amostrado (cada 1L de amostra continha 156 cm<sup>2</sup> de material perifítico aderido às macrófitas aquáticas).

O Peso Seco Sem Cinzas (PSSC) é determinado através da subtração das cinzas do peso seco do perifíton.

Para cada coleta, o procedimento de determinação do PS, PSSC e C foram realizados em tréplica.

### 2.6.2.2 *Clorofila-a*

Para a determinação da clorofila-a do perifíton foi utilizado o método de extração através de etanol 80%, de acordo com Nush (1980) modificado pela norma holandesa NEM 6520 (1981).

Para isto, um volume conhecido do material perifítico foi filtrado em filtros de fibra de vidro GF/C Whatman com ajuda de bomba peristáltica e congelada por no mínimo 24 horas. Após o congelamento, os filtros foram retirados do freezer e colocados em tubos de ensaio contendo 10 ml de etanol 80% e levados ao banho-maria a temperatura de 75°C durante 5 minutos. Após o banho-maria, foi realizado um choque térmico com gelo por 5 minutos e os tubos foram guardados em geladeira por 12 horas, encapados com papel alumínio para evitar a penetração da luz.

Após esse procedimento, foram realizadas as leituras em espectrofotômetro FEMTO 700 Plus em comprimentos de onda de 665 nm e 750 nm. Depois da leitura, foi adicionado gotas de ácido clorídrico 0,4N, para baixar o pH da solução entre 2,6 a 2,8 e novamente se fez a leitura em 665nm e 750 nm para a determinação da feofitina.

Com as leituras realizadas, aplicou-se as seguintes equações para a determinação da clorofila-a e da feofitina:

$$\text{Clorofila-a } (\mu\text{g.L}^{-1}) = 27,9 * \{(Eb665 - Eb750) - (Ea665 - Ea750)\} * Ve / Vf$$

$$\text{Phaeo } (\mu\text{g.L}^{-1}) = 27,9 * \{[1,7 * (Ea665 - Ea750)] - (Eb665 - Eb750)\} * Ve / Vf$$

Onde:

Eb= diferença da leitura (absorbância) da amostra não acidificada (665-750);

Ea= diferença da amostra acidificada

Ve= volume do extrato

Vf= volume filtrado (L)

O volume filtrado foi convertido para a área do substrato amostrado (cada 1L de amostra continha 156 cm<sup>2</sup> de material perifítico aderido às macrófitas aquáticas). Todas as amostras de clorofila-a e feofitina foram realizadas em tréplica.

### 2.6.2.3 - Índice de Lakatos

O índice proposto por Lakatos (1989) permite inferir se a comunidade perifítica possui biomassa elevada, média ou baixa através do peso seco do perifíton e também permite inferir sobre a quantidade de material orgânico e inorgânico aderido em sua matriz através da porcentagem do conteúdo de cinzas (Tabela 2).

**Tabela 2. Classificação do perifíton segundo as variações da biomassa de acordo com Lakatos (1989).**

Índice de Lakatos	
<b>Peso seco (PS)</b>	<b>g.m<sup>-2</sup></b>
Perifíton com biomassa elevada	>40
Perifíton com biomassa média	20-40
Perifíton com biomassa baixa	<20
<b>Conteúdo de cinzas (C)</b>	<b>(%)</b>
Perifíton do tipo inorgânico	>75
Perifíton do tipo inorgânico-orgânico	50-75
Perifíton do tipo orgânico-inorgânico	25-50
Perifíton do tipo orgânico	<25

### 2.6.2.4 Índice autotrófico (IA)

O índice autotrófico é uma maneira de determinar a natureza trófica da comunidade perifítica de acordo com a biomassa e as concentrações de clorofila. De acordo com APHA (2005), valores normais do índice variam de 50 a 200. Valores acima disso indicam associações heterotróficas na comunidade perifítica ou baixa qualidade da água.

Para o cálculo do Índice autotrófico (APHA, 2005), é utilizada a seguinte equação:

$$IA = \frac{\text{Peso seco (mg.m}^2\text{)}}{\text{Clorofila - a (mg.m}^2\text{)}}$$

### 2.6.2.5 Análise qualitativa

As amostras contendo o material perifítico foram fixadas com solução de formol 4% e conservadas em geladeira para a análise qualitativa. A análise qualitativa foi

realizada com ajuda de microscópios Zeiss Axio Imager A2 e Zeiss Axio Scope A1, anotando-se as espécies e suas medidas com o intuito de facilitar a análise quantitativa.

#### 2.6.2.6 *Análise quantitativa*

As amostras contendo o material perifítico foram fixadas com solução de lugol, até que atingisse a coloração dourada. A análise quantitativa foi realizada com ajuda de microscópio invertido Zeiss Axiovert 40C através do método Utermohl (1958) em câmaras de sedimentação. Os indivíduos foram contados em campos aleatórios (Bicudo, 1990) até atingir a estabilização da curva ou atingir o número de 100 indivíduos da mesma espécie.

Para o cálculo da densidade específica, foi utilizada a fórmula de APHA (2005):

$$\text{Organismos (mm}^2\text{)} = \frac{N \times At \times Vt}{Ac \times Vs \times As}$$

Onde:

$N$ = número de organismos contados,

$At$ = Área total do fundo da câmara (mm<sup>2</sup>),

$Vt$ =Volume total da amostra original (mL),

$Ac$ = área contada (campos ou transectos) (mm<sup>2</sup>),

$Vs$ = Volume da amostra utilizada na câmara (mL) e

$As$ = Área do substrato (mm<sup>2</sup>).

#### 2.6.2.7 *Índices de diversidade de Shannon-Wiener e de uniformidade de Pielou*

O índice de diversidade de Shannon-Wiener leva em consideração a riqueza das espécies e a sua abundância relativa (MOÇO *et al.* 2005), definida pela seguinte fórmula:

$$H' = \sum pi \cdot \log pi$$

Onde:

$pi = ni/N$

$ni$  = Valor de importância de cada espécie ou grupo

$N$  = Total dos valores de importância



O índice de uniformidade de Pielou (J) é um índice de uniformidade e refere-se ao padrão de distribuição dos indivíduos entre as espécies (MOÇO *et al.*, 2005), sendo definido por:

$$J = H' / \log S$$

Onde:

H' = Índice de Shannon Wiener

S = Número de espécies

### 3 CAPÍTULO 1. VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DOS ESTOQUES DE CARBONO E DA BIOMASSA DA COMUNIDADE PERIFÍTICA ADERIDA À *Eichhornia* spp. NO RESERVATÓRIO DE ITUPARARANGA

---

#### Resumo

Os estudos em reservatórios representam grande importância no Brasil devido à sua função de estoque e abastecimento de água potável para a população brasileira. Apesar de tal representatividade, esses ecossistemas estão cada vez mais degradados devidos aos eventos de eutrofização causado por lançamentos de efluentes domésticos e mudanças no uso e ocupação do solo em sua bacia hidrográfica, aumentando a biomassa dos produtores primários. O perifíton é um produtor primário que serve como base da cadeia alimentar em muitos ecossistemas e desta forma, pode representar grande importância nos estoques de carbono e nitrogênio. Neste sentido, este estudo teve como objetivo analisar as variações espaciais e temporais dos estoques de carbono e nitrogênio e da biomassa da comunidade perifítica aderida às raízes da macrófita aquática *Eichhornia* spp. Para isto, foram realizadas campanhas de campo no ano de 2010 em duas estações amostrais ao longo do reservatório de Itupararanga (Ibiúna, São Paulo) com o intuito de verificar quais variáveis são responsáveis pelo desenvolvimento desta comunidade. As análises de regressão múltipla evidenciaram que a comunidade perifítica é controlada principalmente pela precipitação, pela temperatura e pelos níveis de nutrientes presentes na água. O perifíton mostrou-se heterotrófico, com baixa biomassa durante o período de estudo e não demonstrou contribuir significativamente nos estoques de carbono e nitrogênio nesse reservatório subtropical.

**Palavras-chave:** Perifíton, reservatório, estoques de carbono, qualidade da água, Itupararanga.

### 3.1 INTRODUÇÃO

Devido à importância que a comunidade perifítica representa nos ecossistemas aquáticos, alguns estudos têm sido realizados no Brasil em diversos ambientes, como em lagoas húmicas (GUARIENTO *et al.*, 2009; SANCHES *et al.*, 2011); lagoas (FERNANDES e ESTEVES, 2003), reservatórios (MOSCHINI-CARLOS *et al.*, 1998; MOSCHINI-CARLOS *et al.*, 2000; CETTO *et al.*, 2004; FELISBERTO e RODRIGUES, 2005; FERRAGUT e BICUDO, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2010; FERRAGUT *et al.*, 2010; BORDUQUI e FERRAGUT, 2011), e áreas alagáveis (LEANDRINI *et al.*, 2008).

Com as atuais discussões sobre o aumento das concentrações de carbono na atmosfera, estudos sobre os estoques de carbono têm sido realizados nos meios terrestres brasileiros (PEGORARO *et al.*, 2011; RIBEIRO *et al.*, 2011; SALIMON *et al.*, 2011), porém, no meio aquático se tornam mais raros. Devido à sua pequena fração de cobertura na terra, os ecossistemas aquáticos continentais raramente têm sido considerados como importantes componentes no ciclo do carbono (COLE *et al.*, 1994; COLE *et al.*, 2007).

Em relação à comunidade perifítica, a maioria dos estudos abordando o carbono está relacionada à estequiometria (FROST *et al.*, 2007; HILLEBRAND *et al.*, 2008; O'BRIEN E WEHR, 2010; GUARIENTO *et al.*, 2011; KOHLER *et al.*, 2011) e os isótopos estáveis da comunidade (MACLEOD e BARTON, 1998; TRUDEAU E RASMUSSEN, 2003; HILL e MIDDLETON, 2006; DE BRABANDERE *et al.*, 2007; JASCHINSKI *et al.*, 2011). Frost *et al.* (2005) realizou um estudo com cerca de 5000 dados sobre a contribuição do carbono das algas perifíticas na biomassa total do perifíton. De acordo com esse estudo, as células algais representam apenas uma pequena porção da matéria orgânica do perifíton.

O objetivo dessa pesquisa foi verificar quais são as variáveis físicas e químicas da água e climatológicas que controlam a biomassa perifítica aderida às raízes das macrófitas aquáticas *Eichhornia* spp. Visou também quantificar a contribuição dessa comunidade no estoque total de carbono de um reservatório subtropical (Itupararanga, Ibiúna, SP, Brasil).

#### 3.1.1 Área de estudo

O reservatório de Itupararanga (Figura 3) (Ibiúna, SP, Brasil) está localizado na cabeceira do rio Sorocaba, no sudeste do Brasil e insere-se na porção subtropical brasileira.

Recebe águas dos rios Sorocabuçu e Sorocamirim, que juntos formam o rio Sorocaba (SMITH e PETRERE, 2008) entre outros córregos com menor vazão. Esse reservatório foi construído em 1914 com o intuito de geração de energia elétrica (CUNHA E CALIJURI, 2011) e ocupa parcialmente os municípios de Ibiúna, Piedade, São Roque, Mairinque, Alumínio e Votorantim.

Os principais tipos de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica em que o reservatório se encontra (bacia do Alto Sorocaba e médio Tietê) são caracterizados principalmente por intensa atividade agrícola (393 km<sup>2</sup>) e chácaras (35 km<sup>2</sup>), sendo a maior área cultivada por olerícolas, seguidos de batata e tomate (CONCEIÇÃO *et al.*, 2011).

A sua margem direita é distinguida por uma densa área de cobertura vegetal caracterizada como floresta estacional semidecidual (QUEIROZ e IMAI, 2007). Segundo Cunha e Calijuri (2011), este reservatório supre a necessidade de abastecimento de água potável para cerca de 800 mil pessoas, possui uma capacidade de armazenamento de  $286 \times 10^6 \text{ m}^3$  de água e tempo de residência de 4 a 13 meses dependendo dos padrões de precipitação.

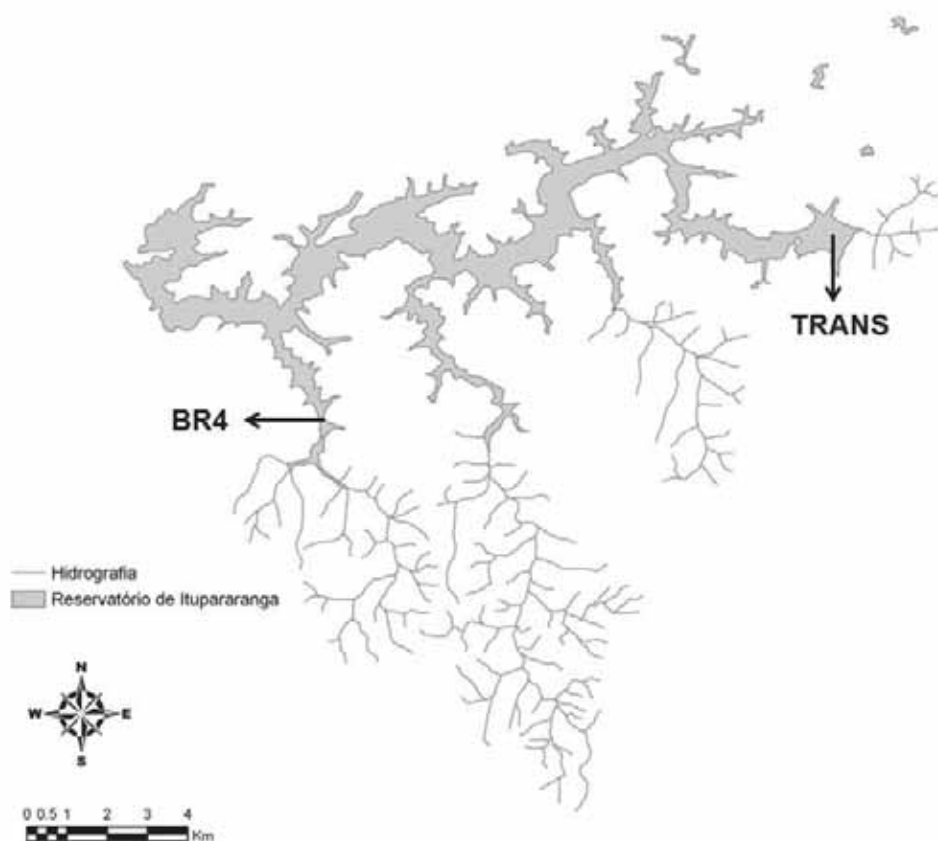


Figura 3. Localização das estações amostrais TRANS e BR4 no reservatório de Itupararanga. Modificado de Secchin, L. F. (no prelo)

### 3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O perifíton foi amostrado sazonalmente no ano de 2010 (fevereiro, abril, junho, setembro e novembro) em duas estações amostrais ao longo do reservatório de Itupararanga dominados pela macrófita aquática *Eichhornia* spp. A estação amostral TRANS (UTM 23K 0272233/7384786) localiza-se na desembocadura dos rios Sorocabuçu e Sorocamirim, na zona de rio do reservatório (CUNHA e CALIJURI, 2011) e também próxima à malha urbana da cidade de Ibiúna. A estação amostral BR4 (UTM 23K 0259767/7380366) localiza-se na desembocadura do córrego do Paruru e encontra-se à jusante e próxima à barragem, na zona lacustre do reservatório (CUNHA e CALIJURI, 2011) (Figura 3).

Os dados de precipitação (Prec) do período de estudo foram obtidos no website do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO, 2011), da estação climatológica do município de Ibiúna. As variáveis físicas e químicas da água obtidas *in situ* foram: pH, condutividade elétrica (CE) e temperatura da água (T°) (sonda YSI 63-50 FT), oxigênio dissolvido (OD) (sonda YSI 55-12 FT) e a transparência da água (medida através do disco de Secchi - Zds). Durante os meses de setembro e novembro não foi possível realizar a amostragem na estação BR4, devido ao baixo nível de água do reservatório, impedindo a entrada com o barco nesta estação amostral. Foram analisados o nitrogênio Kjeldahl total (N-NT), fósforo total (P-PT), fosfato inorgânico dissolvido (P-PID), fosfato total dissolvido (P-PTD), nitrito (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) e nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) segundo APHA (2005).

O perifíton aderido às raízes de *Eichhornia* spp. foi amostrado em triplicata em cada estação com coleta das plantas através quadros (área 156 cm<sup>2</sup>) colocados de forma aleatória nos *stands* de macrófitas aquáticas. No laboratório, o perifíton foi retirado das macrófitas através de raspagem com pincel e jatos de água destilada. Foram retiradas alíquotas para a determinação do peso seco (PS), peso seco sem cinzas (PSSC) e cinzas segundo APHA (2005) e clorofila-*a* (Chla) e feofitina (Phaeo) utilizando etanol como solvente segundo Nush (1980) modificado pela norma holandesa NEM 6520 (1981). Foi realizada a análise do carbono (AEC), nitrogênio (EAN), hidrogênio e enxofre do perifíton, através do analisador elementar CHNS-O CE Instruments (Mod. EA1110) em amostras integradas de cada estação amostral.

O perifíton foi classificado de acordo com a biomassa e conteúdo inorgânico e/ou orgânico segundo o índice proposto por Lakatos (1989) e também foi aplicado o Índice Autotrófico (IA) (APHA, 2005), que permite inferir sobre as fases sucessionais da comunidade perifítica classificando-as como autotrófico ou heterotrófico.

Para verificar o agrupamento das estações amostrais com características similares em todo período de amostragem, foi realizada a análise de cluster, incluindo 12 variáveis físicas e químicas da água e climatológicas. Regressões lineares múltiplas foram feitas, visando testar as relações entre a biomassa e estoques de carbono com as variáveis físicas e químicas da água e climatológicas. As análises foram feitas com o software Statistica version 8.0 (Statsoft Inc., 2007).

### 3.3 RESULTADOS

#### 3.3.1 Variáveis físicas, químicas e climatológicas

A precipitação na região do reservatório de Itupararanga variou de 3,6 mm (agosto) a 342,8 mm (janeiro), com média anual de 114,7 mm (Figura 4). A temperatura da água não apresentou grande variação ( $cv= 23,5\%$ ), sendo a época mais fria o mês de junho. Não houve uma clara divisão sazonal e espacial em relação à transparência e a condutividade elétrica da água. O pH da água apresentou-se básico em fevereiro (8,2 em TRANS e 7,7 em BR4) e nos outros períodos esteve levemente ácido ou próximo à neutralidade. As taxas de oxigênio dissolvido mostraram baixa amplitude de variação ( $cv = 38\%$ ), exceto durante o mês de abril na estação amostral TRANS ( $1,9 \text{ mg.L}^{-1}$ ) (Tabela 4).

A operação do reservatório (Figura 5) evidenciou grandes influências sobre as características físicas e químicas da água. A cota do reservatório apresentou correlações significativamente positivas com o pH ( $0,6; p=0,08$ ), transparência da água ( $0,8; p\leq 0,05$ ) e as concentrações de fósforo total dissolvido ( $0,7; p\leq 0,05$ ) (Tabela 3) e correlacionou-se negativamente com as concentrações de nitrato ( $-0,7; p\leq 0,05$ ) (Tabela 3). A vazão afluente do reservatório apresentou correlações significativamente positivas com a temperatura da água ( $0,7; p\leq 0,05$ ), pH ( $0,7; p\leq 0,05$ ), transparência da água ( $0,7; p\leq 0,05$ ) e com as concentrações de fósforo total dissolvido (Tabela 3) e correlacionou-se negativamente com as concentrações de nitrito ( $-0,6, p=0,06$ ) (Tabela 3).

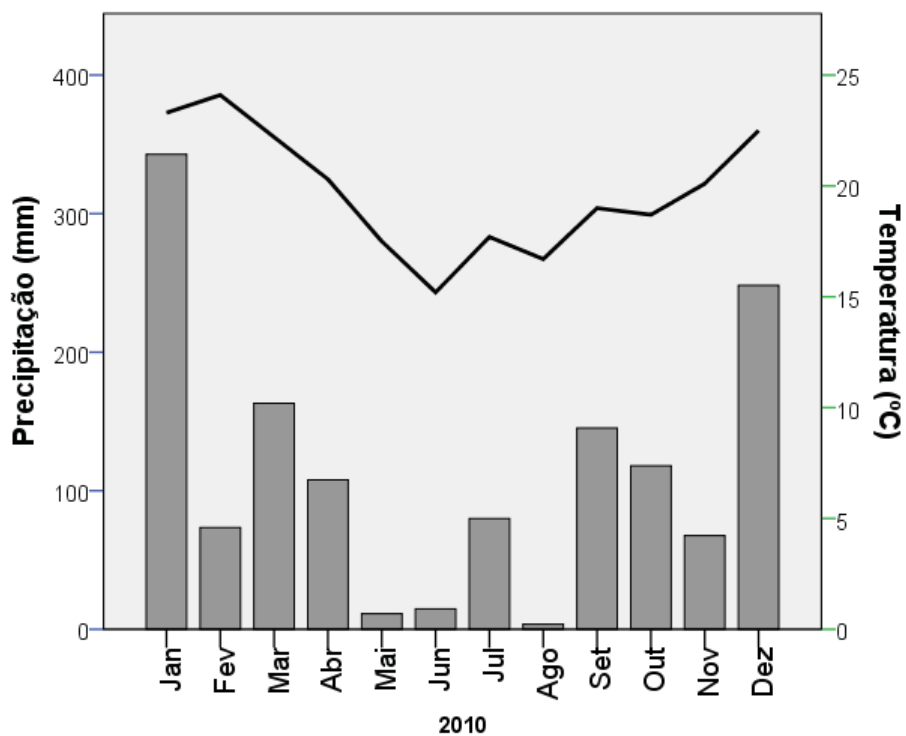


Figura 4. Precipitação (mm) e temperatura (°C) na cidade de Ibiúna durante o período de estudo (CIAGRO, 2011). (Barras representam a precipitação e a linha representa a temperatura do ar).

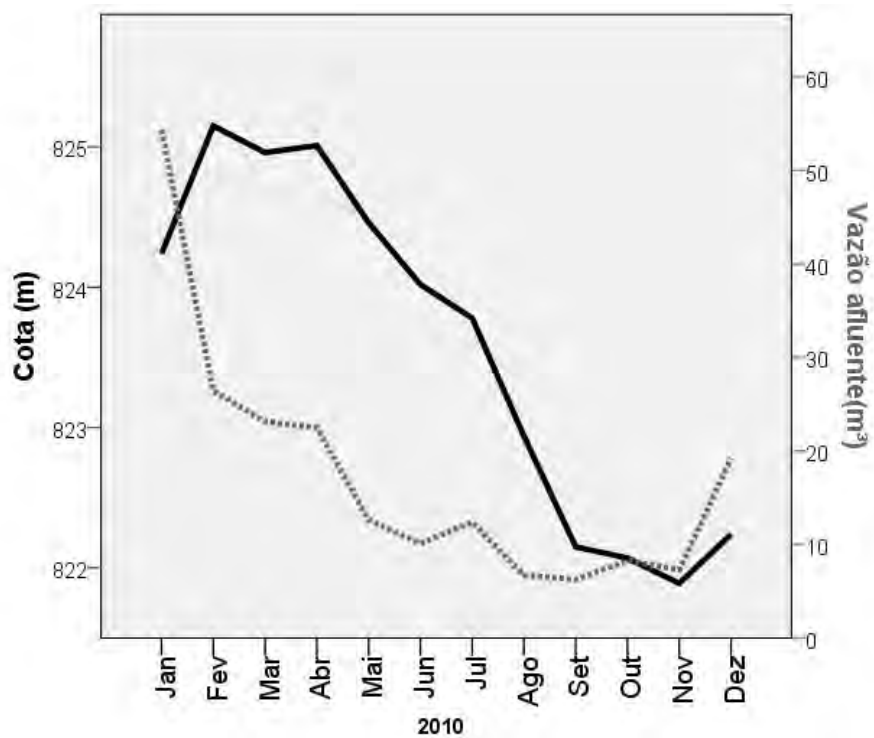


Figura 5. Cota e vazão afluente do reservatório de Itupararanga durante o período de estudo.

Tabela 3. Valores das correlações entre as variáveis físicas e químicas da água e as variáveis da operação do reservatório de Itupararanga (VA= Vazão afluente;  $p$ = significância)

Variáveis	Operação do reservatório			
	VA	$p$	Cota	$p$
Temperatura	0,79	0,02		
pH	0,74	0,04	0,65	0,08
Transparência da água	0,79	0,02	0,81	0,02
Fósforo total dissolvido	0,67	0,07	0,71	0,05
Nitrito	-0,67	0,07		
Nitrato			-0,79	0,02

A análise de cluster realizada com os dados de precipitação e com as variáveis físicas e químicas da água (Prec, DS, T°, pH, CE, OD, P-PT, P-PTD, P-PID, N-NT, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) separou as coletas de junho (TRANS e BR4) e a estação TRANS em fevereiro num grupo e as demais noutro (Figura 6). Desta forma, essa análise permitiu separar os períodos estudados em estação seca (junho) e chuvosa (fevereiro, abril, setembro e novembro). A estação amostral TRANS do mês de fevereiro, provavelmente, separou-se dos demais grupos do cluster devido às altas concentrações de nutrientes presentes na água (Figura 6).

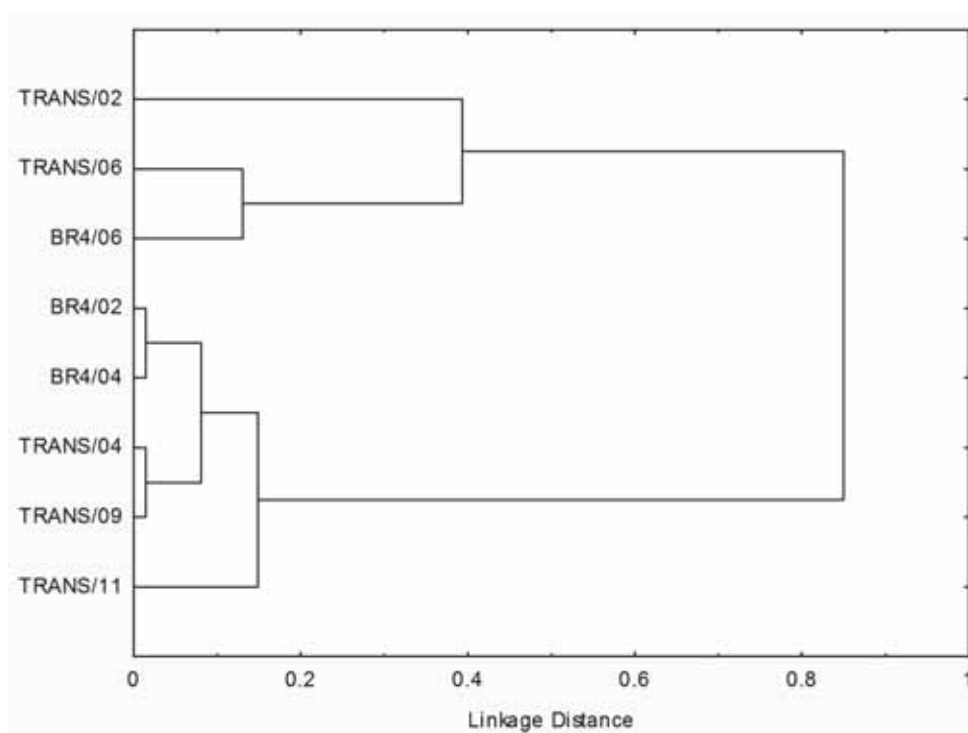


Figura 6. Análise de cluster realizada com as variáveis climatológicas e físicas e químicas da água (Prec, DS, T°, pH, CE, OD, P-PT, P-PTD, P-PID, N-NT, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>).



Durante o estudo, foi possível observar concentrações médias de fósforo total compatíveis com o que se observa em reservatórios brasileiros (CUNHA e CALIJURI, 2011), porém com grande amplitude de variação ( $cv = 75,4\%$ ) excluindo-se a estação amostral TRANS durante o mês de fevereiro que apresentou altas concentrações (Tabela 4). As concentrações de fosfato total dissolvido ( $cv = 90,9\%$ ) e ortofosfato ( $cv = 50,4\%$ ) apresentaram de uma forma geral, maiores concentrações durante o mês de fevereiro e as maiores concentrações na estação amostral TRANS (Tabela 4). Não foi possível detectar o nitrogênio total nas amostras de abril (TRANS e BR4) e novembro (TRANS), sendo as maiores concentrações registradas no mês de fevereiro (Tabela 4). Em relação às formas dissolvidas do nitrogênio, foram detectadas maiores concentrações de nitrato nas estações amostrais TRANS e maiores concentrações de nitrito nas estações amostrais BR4 (Tabela 4).

**Tabela 4. Variáveis físicas e químicas da água e suas respectivas médias, valores máximos, valores mínimos, coeficientes de variação (CV) e erro padrão (EP) dos dados coletados durante o estudo nas estações amostrais TRANS e BR4 no reservatório de Itupararanga.**

Período	EA	Tº (°C)	pH	CE ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	zDS (m)	OD ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	P-PT ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	P-PTD ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	P-PID ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	N-NT ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ( $\text{mg.L}^{-1}$ )
Fevereiro	TRANS	27,7	8,2	64,0	1,5	8,4	126,130	31,310	7,240	0,162	0,040	0,640
	BR4	29,0	7,7	70,0	1,4	6,8	25,150	15,150	3,010	0,367	0,040	0,460
Abril	TRANS	20,8	6,6	70,7	2	1,9	29,740	9,070	2,180	*	0,130	0,430
	BR4	22,6	6,9	99,2	2,1	5,6	25,410	8,730	2,850	*	0,420	0,420
Junho	TRANS	14,3	6,5	67,6	1,1	4,2	55,790	16,160	4,010	0,143	0,490	0,470
	BR4	16,8	7,1	78,4	1,1	7,1	20,590	8,060	7,080	0,094	1,030	0,570
Setembro	TRANS	18,9	6,1	70,6	0,8	8,9	33,180	*	2,460	0,120	0,359	0,770
Novembro	TRANS	21,3	6,6	89,8	0,85	5,3	54,350	*	3,240	*	0,463	0,710
<b>Média</b>		21,4	7,0	76,3	1,4	6,0	46,293	11,085	4,009	0,111	0,372	0,559
<b>Mínimo</b>		14,3	6,1	64,0	0,8	1,9	20,590	0,100	2,180	*	0,040	0,420
<b>Máximo</b>		29,0	8,2	99,2	2,1	8,9	126,130	31,310	7,240	0,367	1,030	0,770
<b>CV</b>		23,5	9,9	16,0	36,2	38,0	75,358	90,945	50,376	110,648	87,322	24,172
<b>EP</b>		1,8	0,2	4,3	0,2	0,8	12,334	3,564	0,714	0,043	0,115	0,048

\* Abaixo do limite de detecção pelo método empregado.

### 3.3.2 Perifíton

A biomassa perifítica, expressa em peso seco sem cinzas (PSSC), apresentou maiores valores na estação amostral TRANS na estação chuvosa (abril de 2010) (Figura 7).

A clorofila-*a* do perifíton sofreu grande variação e também expressou características sazonais. As maiores concentrações foram encontradas nos períodos chuvosos na estação amostral TRANS (Figura 7).

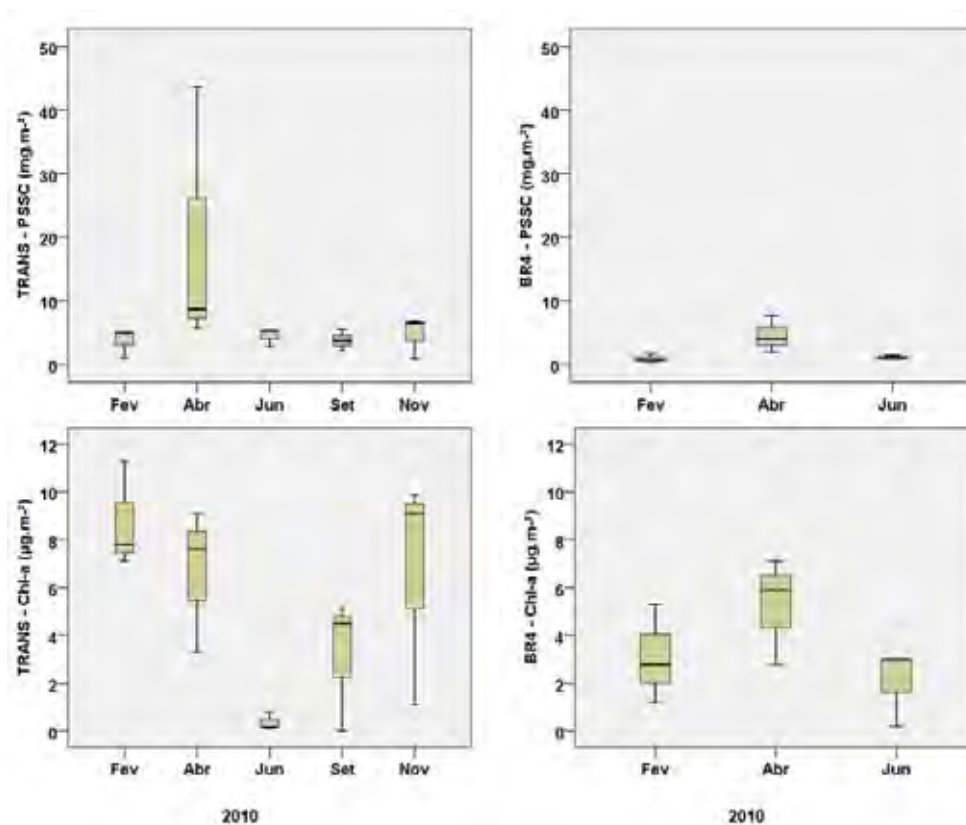


Figura 7. Variação sazonal do PSSC e da clorofila-*a* do perifíton durante o período de estudo nas estações amostrais TRANS e BR4 (valores mínimos, primeiro quartil, mediana, terceiro quartil e valores máximos).

A análise elementar revelou que as concentrações de nitrogênio, carbono e hidrogênio do perifíton foram maiores na estação amostral TRANS no mês de abril. As concentrações de enxofre estiveram abaixo do limite de detecção do método utilizado (< 7%) (Figura 8).

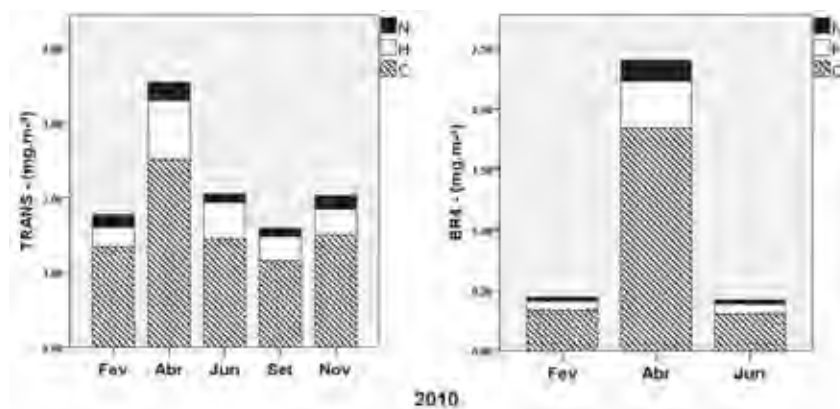


Figura 8. Concentrações de carbono (C), nitrogênio (N) e hidrogênio (H) do peso seco do perifíton nas estações amostrais TRANS e BR4 durante o período de estudo.

A análise de regressão múltipla revelou que o oxigênio dissolvido, a precipitação, a condutividade elétrica, a temperatura da água, o fósforo total, o pH e a transparência da água explicaram 100 % da variabilidade total do PS do perifíton (adjusted  $r^2=1,00$ ). A precipitação, a temperatura da água, o fósforo total, o nitrogênio total e o pH explicam 96% da variabilidade do PSSC do perifíton (adjusted  $r^2=0,96$ ) (Tabela 5).

Tabela 5. Análise de regressão múltipla entre variáveis dependentes (PS, PSSC, AEC, AEN) e independentes. #ordem: ordem de importância das variáveis independentes na explicação das variáveis dependentes.  $R^2$  parcial: proporção da variância explicada pelo fator.  $R^2$  modelo: proporção da variância explicada pelo modelo (Pizarro, 1999).

Variáveis dependentes	Variáveis independentes	# ordem	$R^2$ parcial	$R^2$ modelo	$p$ -level
Peso seco	Oxigênio dissolvido	1	0,78	0,61	0,02
	Precipitação	2	0,87	0,75	0,15
	Temperatura da água	3	0,92	0,84	0,19
	Fósforo total	4	0,97	0,95	0,09
	Condutividade elétrica	5	1,00	1,00	0,01
	pH	6	1,00	1,00	0,15
	Transparência da água	7	1,00	1,00	
Peso seco sem cinzas	Precipitação	1	0,74	0,54	0,04
	Temperatura da água	2	0,93	0,87	0,02
	Fósforo total	3	0,97	0,95	0,07
	Nitrogênio total	4	0,99	0,98	0,12
	pH	5	1,00	0,99	0,25
Análise elemental Carbono	Nitrogênio total	1	0,69	0,48	0,06
	Oxigênio dissolvido	2	0,80	0,64	0,19
	Precipitação	3	0,90	0,81	0,13
	Fósforo total	4	0,98	0,97	0,03
Análise elemental Nitrogênio	Nitrogênio total	1	0,70	0,49	0,05
	Temperatura da água	2	0,81	0,65	0,20
	Condutividade elétrica	3	0,89	0,79	0,17
	Oxigênio dissolvido	4	0,93	0,86	0,32

Em relação à composição elementar da biomassa perifítica, a regressão múltipla revelou que o nitrogênio total, o oxigênio dissolvido, a precipitação e o fósforo total explicaram 96% da variabilidade da concentração de carbono da biomassa perifítica (adjusted  $r^2=0,96$ ) e o nitrogênio total, a temperatura da água, a condutividade elétrica e o oxigênio dissolvido explicaram 67% da variabilidade da concentração de nitrogênio da comunidade perifítica (adjusted  $r^2= 0,67$ ) (Tabela 5).

O índice autotrófico, de APHA (1995) demonstrou que houve predominância do perifíton tipo heterotrófico em todas as estações amostrais (Tabela 6). Aplicando o índice de Lakatos (1989), todas as estações amostrais foram classificadas com biomassa baixa exceto “TRANS” em abril de 2010 que foi classificada com biomassa média (Tabela 6). Em relação às cinzas do perifíton, houve variação em todas as estações amostrais (CV= 94,1%) (Tabela 4). A estação amostral “TRANS” em fevereiro foi classificada como inorgânico-orgânico, em abril e junho foram classificadas como inorgânico e em setembro e novembro foram classificadas novamente como inorgânico-orgânico (Tabela 6). A estação amostral “BR4” foi classificada nos meses de fevereiro, abril e junho como inorgânico-orgânico (Tabela 6).

**Tabela 6. Tipo do perifíton de acordo com o índice de Lakatos (1989) e o Índice autotrófico (IA) (APHA, 2005).**

EA/Data	Tipo de biomassa	Cinzas (%)	Tipo	IA	Tipo
<i>TRANS</i>					
Fevereiro	Baixa	47,5	inorgânico-orgânico	421	Heterotrófico
Abril	Média	79,4	inorgânico	1058	Heterotrófico
Junho	Baixa	78,7	inorgânico	12231	Heterotrófico
Setembro	Baixa	73,1	inorgânico-orgânico	1365	Heterotrófico
Novembro	Baixa	61,6	inorgânico-orgânico	704	Heterotrófico
<i>BR4</i>					
Fevereiro	Baixa	51	inorgânico-orgânico	1114	Heterotrófico
Abril	Baixa	61,3	inorgânico-orgânico	1594	Heterotrófico
Junho	Baixa	60,9	inorgânico-orgânico	657	Heterotrófico

### 3.4 DISCUSSÃO

Foi possível observar diferenças nas características climatológicas, podendo separar o período seco (junho) do chuvoso (fevereiro, abril, setembro e novembro) (Figura 4; Figura 6). As variáveis físicas e químicas da água demonstraram fortes correlações com as características operacionais do reservatório. Através da análise de correlação linear de Pearson, a vazão afluente mostrou-se correlacionada com o fósforo dissolvido,

temperatura, transparência da água e pH, indicando que as águas trazidas pelos rios Sorocabaçu, Sorocamirim e pelo córrego Paruru são ricas em fósforo dissolvido e aumentam a transparência, a temperatura da água e o pH. A cota do reservatório demonstrou influências no pH, na transparência da água e nas concentrações de fósforo dissolvido. Estes resultados evidenciam a importância da operação do reservatório nas características físicas e químicas da água.

As variáveis climatológicas, físicas e químicas da água influenciaram sazonalmente a biomassa da comunidade perifítica como observado nos resultados das regressões múltiplas (Tabela 5). As maiores taxas de biomassa e da composição elementar da comunidade perifítica foram encontradas no período chuvoso. Felisberto e Rodrigues (2005) também atribuíram o regime de chuvas como um dos principais controladores da biomassa perifítica em um reservatório subtropical brasileiro.

As maiores concentrações de fósforo e nitrogênio total da água foram encontradas em fevereiro, aliadas aos maiores valores de precipitação nas duas estações amostrais. Essas estações têm grande interferência antrópica, devido à descarga de efluentes domésticos no reservatório de Itupararanga e a carga de nutrientes advindas dos rios Sorocabaçu e Sorocamirim (TRANS) e do córrego do Paruru (BR4). Em julho foi observado um novo aumento da concentração de nitrogênio. Isto evidencia a regeneração interna dos nutrientes em todas as estações amostrais durante o período de seca, provavelmente, devido à ressuspensão do sedimento, observado pela diminuição da transparência da água. Nogueira *et al.* (1999) encontraram resultados semelhantes a este no reservatório de Jurumirim (SP, Brasil).

Lourenço *et al.* (2011) em um estudo na bacia hidrográfica do Alto Sorocaba e médio Tietê, na qual o reservatório se encontra, avaliou a produção de sedimentos através de modelagem hidrológica. Os resultados obtidos durante o estudo indicaram que a produção de sedimentos da bacia é diretamente proporcional aos picos de descarga hidrológica, resultando em  $0.42 \text{ ton}^{-1}$  de sedimentos por hectare ao ano.

Em um estudo realizado por Cunha *et al.* (2010) na bacia do rio Ribeira de Iguape, o uso e ocupação do solo teve influência direta na concentração de nutrientes nos rios, tendo como importantes fatores a proteção por vegetação ripária no entorno dos rios e a coleta de esgoto. No caso do reservatório de Itupararanga, apenas uma pequena porção da população do entorno do reservatório é beneficiada pela coleta de esgoto doméstico e a cobertura por vegetação ripária dos rios que desembocam no reservatório é precária na sua

maior porção. Isto implica diretamente na qualidade da água e, conseqüentemente, na concentração de nutrientes no reservatório.

A estação amostral TRANS foi a que apresentou maiores concentrações de biomassa perifítica, carbono e nitrogênio durante o período de estudo. Esta estação amostral está localizada na desembocadura dos rios Sorocabuçu e Sorocamirim, que são os principais formadores do reservatório. De acordo com Thornton *et al.* (1990) as regiões localizadas próximas aos formadores do reservatório possuem alta produtividade, alta concentração de nutrientes e são ricas em matéria orgânica trazida pelos rios. Este fato pode ter sido fundamental na elevada biomassa do perifíton nesta estação. Outro fator a ser considerado foi que esta estação amostral está localizada próxima à malha urbana da cidade de Ibiúna, que não possui tratamento total de seus efluentes, aumentando ainda mais a carga orgânica dessa estação amostral.

O peso seco sem cinzas mostrou-se correlacionado com uma das formas dissolvidas do nitrogênio, porém não se correlacionou com as formas dissolvidas de fósforo, evidenciando que outros fatores controlam o crescimento da comunidade. Cunha e Calijuri, (2011) detectaram uma forte limitação por nitrogênio nas mesmas zonas de estudo e no mesmo reservatório para a comunidade fitoplanctônica.

A regressão múltipla revelou que o fator que mais contribuiu na explicação da variação da biomassa perifítica (PSSC) foi a precipitação pluviométrica ( $p=0,04$ ). Esse fato pode estar associado à localização das estações amostrais, sendo todas elas na desembocadura de córregos e que são ocupados em sua maioria por áreas de agricultura. Considerando que os córregos não possuem cobertura ripária em todo seu entorno, a precipitação pode carrear nutrientes para o reservatório, fazendo com que a água se torne mais rica em nutrientes acarretando a elevação da biomassa perifítica. Nogueira *et al.* (1999) observaram em seu trabalho realizado no reservatório de Jurumirim (SP) que as zonas localizadas próximas às entradas dos tributários são diretamente e imediatamente influenciadas pelo ciclo de precipitação. Para Tundisi (1990) os pulsos de precipitação introduzem nos reservatórios uma grande quantidade de material em suspensão e causam mudanças nos processos físicos e biogeoquímicos. Torres *et al.* (2007) também atribuíram a precipitação como um dos fatores mais importantes na descarga de nutrientes por tributários em um estudo realizado no reservatório da Pampulha (MG, Brasil). Biggs e Close (1989) demonstraram em seu estudo que os fluxos da água podem representar um fator importante na biomassa perifítica, aliados com as concentrações de nutrientes.

Em relação às concentrações de carbono e nitrogênio da comunidade perifítica, os fatores que contribuíram com maior significância na regressão múltipla para os estoques de carbono foram o nitrogênio total e o fósforo total da água e para os estoques de nitrogênio foi somente o nitrogênio total da água. As formas de nitrogênio e fósforo da água desempenham um fator crucial no desenvolvimento da comunidade perifítica (SHARIFI e GHAFORI, 2005; ELSDON e LIMBURG, 2008) e, conseqüentemente, nos estoques de carbono desta comunidade.

O perifíton aderido à *Eichhornia* spp. representou em média 1,3 mg.m<sup>-2</sup> de carbono e 0,1 mg.m<sup>-2</sup> de nitrogênio no estoque total destes elementos no reservatório. Sanchez *et al.* (2011) realizaram um estudo experimental em substrato artificial sobre os efeitos da adição de nutrientes e disponibilidade de luz sobre a comunidade perifítica em lagoas húmicas e obtiveram valores superiores de carbono e nitrogênio. Este fator pode estar associado ao tipo de substrato e também ao tipo de ecossistema estudado. Lagoas húmicas são ecossistemas ricos em carbono e devido a este fator, pode interferir no metabolismo do perifíton e também intensificar a heterotrofia (GUARIENTO *et al.*, 2009).

Em relação ao índice proposto por Lakatos (1989), um padrão geral de baixa biomassa perifítica foi encontrado em todas as estações amostrais e em todos os períodos. Em estudo realizado por Ferragut *et al.* (2010) em pecíolos de *Nymphaea* spp. e *Utricularia foliosa*, os autores encontraram valores superiores de biomassa perifítica em um reservatório mesotrófico no estado de São Paulo. Um importante fator a ser considerado neste estudo é que a comunidade perifítica aderida às raízes de *Eichhornia* spp. dispõe de baixa disponibilidade de luz por estar abaixo da parte aérea destas macrófitas aquáticas e que comumente apresentam bancos adensados. Diversos estudos demonstram que a disponibilidade da luz pode ser o principal fator regulador da biomassa perifítica (LOWE, 1996; SANCHES *et al.*, 2011).

O índice autotrófico (APHA, 1985), classificou a comunidade perifítica em todas as estações amostrais e em todos os períodos de amostragem como heterotróficos. De acordo com este índice, valores altos do AI podem representar associações heterotróficas ou baixa qualidade da água. Moschini-Carlos e Henry (1997) encontraram resultados com predominância de associações heterotróficas na comunidade perifítica em substratos naturais e artificiais na desembocadura do rio Paranapanema (São Paulo, Brasil). Em um estudo realizado por Haglund e Hillebrand (2005), relações positivas entre a adição de nutrientes e a atividade bacteriana do perifíton foram encontradas, sugerindo que o mesmo poderia estar ocorrendo no reservatório de Itupararanga.

### 3.5 CONCLUSÕES

A biomassa perifítica do reservatório de Itupararanga aderida às raízes de *Eichhornia* spp. mostrou-se controlada principalmente pela precipitação, temperatura e pelas concentrações de nutrientes presentes na água, que também são influenciadas pela operação do reservatório. A estação amostral TRANS, localizada na desembocadura dos rios Sorocabaçu e Sorocamirim principais formadores do reservatório, foi a que apresentou maiores concentrações de biomassa perifítica, carbono e nitrogênio durante o período de estudo.

O perifíton foi classificado como heterotrófico indicando grande quantidade de matéria orgânica na água e associações heterotróficas na comunidade. Apresentou baixa biomassa e baixas concentrações de carbono e nitrogênio em comparação com outros estudos, demonstrando dessa forma, não contribuir significativamente no estoque desses elementos no reservatório de Itupararanga.



## 4 CAPÍTULO II. BIOMASSA E COMPOSIÇÃO ELEMENTAR (C, N E H) DA COMUNIDADE PERIFÍTICA ADERIDA À *Polygonum punctatum* ELL. NO RESERVATÓRIO DE ITUPARARANGA

---

**Resumo.** A comunidade perifítica tem sido constantemente estuda em reservatórios brasileiros devido à sua importante função em relação à assimilação de nutrientes e sua trivial função na base da cadeia alimentar. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo analisar quais variáveis ambientais são importantes para o desenvolvimento da comunidade perifítica aderida aos pecíolos da macrófita aquática *Polygonum punctatum* Ell. Para isto, foram realizadas 5 coletas em 4 estações amostrais no reservatório de Itupararanga (Ibiúna, SP) durante o ano de 2010. A macrófita *P. Punctatum* foi amostrada e a comunidade perifítica aderida aos seus pecíolos foi raspada com ajuda de pincel e jatos de água destilada. A biomassa perifítica apresentou variação fortemente influenciada pelo regime hidrológico e pela operação do reservatório, que também influenciou as concentrações de nitrogênio total, temperatura, transparência da água e o pH . Outros fatores que contribuíram significativamente para o crescimento da comunidade foram as concentrações de nitrogênio total, a condutividade elétrica da água e a transparência da água. Segundo os índices aplicados a comunidade perifítica apresentou baixa biomassa no reservatório em 2010 e é predominantemente heterotrófica. Em relação à concentração de carbono da comunidade perifítica, pode-se observar que a comunidade perifítica aderida à *P. punctatum* no reservatório de Itupararanga possui menores concentrações em comparação a outros substratos e outros estudos realizados no Brasil e no exterior.

**Palavras-chave:** carbono, composição elementar, heterotrófico, perifíton, reservatório.

### 4.1 INTRODUÇÃO

Muitos estudos têm sido realizados para determinar quais as variáveis ecológicas que afetam a biomassa e o desenvolvimento da comunidade perifítica nos ecossistemas aquáticos (MOSCHINI-CARLOS *et al.*, 2000; ELSDON e LIMBURG, 2008; GUARIENTO *et al.*, 2009; SANCHES *et al.*, 2011). Dentre os ecossistemas estudados, as

pesquisas realizadas com produtores primários em reservatórios são muito importantes, pois esses organismos podem regular a cadeia trófica através de efeitos *botton-up* e suas águas são utilizadas para usos múltiplos de grande importância, como o consumo humano, irrigação, recreação e turismo (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2003).

As mudanças da comunidade perifítica constantemente têm sido associadas a diversos tipos de impactos antrópicos, como uso e ocupação do solo (ELSDON e LIMBURG, 2008; O'BRIEN e WEHR, 2010), enriquecimento de nutrientes (BIGGS e CLOSE, 1989; SHARIFI e GHAFORI, 2005; GUARIENTO *et al.*, 2011; SANCHES *et al.*, 2011) e a disponibilidade da luz (GUASCH e SABATER, 1998; GUARIENTO *et al.*, 2011; SANCHES *et al.*, 2011). Todos estes fatores podem atuar em conjunto para que haja o aumento ou o decréscimo da biomassa perifítica nos ecossistemas aquáticos continentais.

A biomassa perifítica tem sido estudada nos reservatórios brasileiros em relação à sua biomassa (MOSCHINI-CARLOS *et al.*, 2000; MOSCHINI-CARLOS, 2001; OLIVEIRA *et al.*, 2010; FERRAGUT *et al.*, 2010), composição específica (CETTO *et al.*, 2004; FELISBERTO e RODRIGUES, 2005; MORESCO e RODRIGUES, 2006; FERMINO *et al.*, 2011) e produtividade primária (MOSCHINI-CARLOS *et al.*, 2000; MOSCHINI-CARLOS, 2001).

Além da importância como produtor primário já há muito tempo demonstrada (WETZEL, 1963), a comunidade perifítica também representa grande importância no ciclo do carbono nos ecossistemas aquáticos, já que em alguns casos pode representar até 90% da produção de matéria orgânica (WETZEL, 1990). De acordo com Tranvik *et al.* (2009), as alterações nos ecossistemas aquáticos através de atividades antrópicas, como no caso dos reservatórios, podem causar mudanças na hidrologia, na temperatura, magnificando a intensidade da ciclagem do carbono.

Nesse contexto, o presente estudo foi realizado com o intuito de verificar quais são as variáveis ecológicas que controlam a biomassa perifítica aderida aos pecíolos da macrófitas aquática *Polygonum punctatum* Ell. e também verificar qual a contribuição dessa biomassa no estoque total de carbono de um reservatório brasileiro.

#### **4.1.1 Área de estudo**

O reservatório de Itupararanga (Ibiúna, SP, Brasil) está localizado na cabeceira do rio Sorocaba, no sudeste do Brasil e insere-se na porção subtropical brasileira. Recebe águas dos rios Sorocabuçu e Sorocamirim, que juntos formam o rio Sorocaba (SMITH e PETRERE Jr, 2008) além de outros córregos de menor vazão. Esse reservatório foi

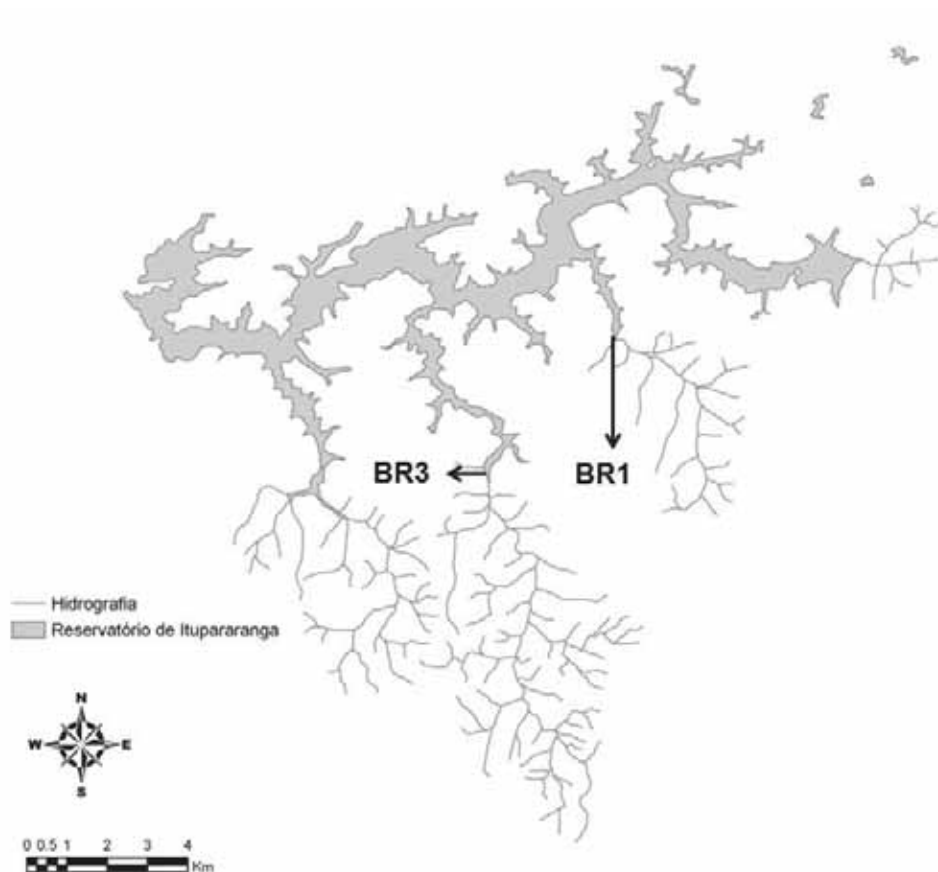
construído em 1914 com o intuito de geração de energia elétrica (CUNHA e CALIJURI, 2011) e ocupa parcialmente os municípios de Ibiúna, Piedade, São Roque, Mairinque, Alumínio e Votorantim.

Os principais tipos de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica em que o reservatório se encontra (bacia do Alto Sorocaba e Médio Tietê) são caracterizados principalmente por intensa atividade agrícola (393 km<sup>2</sup>) e chácaras (35 km<sup>2</sup>), sendo a maior área cultivada por olerícolas, seguidos de batata e tomate (SARDINHA *et al.*, 2010; CONCEIÇÃO *et al.*, 2011)

A sua margem direita é distinguida por uma densa área de cobertura vegetal caracterizada como floresta estacional semidecidual e todo o seu entorno está incorporado à área de proteção ambiental de Itupararanga (APA Itupararanga). Este reservatório supre a necessidade de abastecimento de água potável para cerca de 800 mil pessoas, possui uma capacidade de armazenamento de 286 milhões de metros cúbicos de água e tempo de residência de 4 a 13 meses dependendo dos padrões de precipitação (CUNHA e CALIJURI, 2011).

## 4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O perifíton foi amostrado sazonalmente no ano de 2010 em duas estações amostrais ao longo do reservatório (Figura 9), em *stands* com dominância de *Polygonum punctatum* Ell. A estação BR1 (UTM 23K 0266956/ 7385031), localiza-se na desembocadura do córrego do Campo Verde, a estação BR3 (UTM 23K 0264430/7381817), na desembocadura do córrego da Ressaca e encontram-se na zona transicional do reservatório (CUNHA e CALIJURI, 2011). Ambas as estações amostrais estão localizadas em meio à áreas cultivadas por agriculturas e condomínios residenciais.



**Figura 9. Localização das estações amostrais BR1 e BR3 no reservatório de Itapararanga. Modificado de Secchin, L. F. (no prelo).**

Os dados de precipitação (Prec) do período de estudo foram obtidos no website do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO), da estação climatológica do município de Ibiúna. As variáveis físicas e químicas da água obtidas in situ foram: pH, condutividade elétrica (CE), temperatura da água ( $T^{\circ}$ ) (sonda YSI 63-50 FT) e oxigênio dissolvido (OD) (sonda YSI 55-12 FT). A avaliação da transparência da água foi estimada através do disco de Secchi (Zds). Durante o mês de setembro não foi possível realizar a amostragem na estação BR3 e durante o mês de novembro não foi possível realizar a amostragem na estação BR1, devido ao baixo nível de água do reservatório, impedindo a entrada com o barco nestas estações amostrais. Foram analisados o nitrogênio Kjeldahl total (N-NT), fósforo total (P-PT), fosfato inorgânico dissolvido (P-PID), fosfato total dissolvido (P-PTD), nitrito (N- $\text{NO}_2^-$ ) e nitrato (N- $\text{NO}_3^-$ ) pelos métodos descritos em APHA (2005).

O perifíton aderido aos pecíolos de *P. punctatum* foi amostrado em triplicata em cada estação com quadros (área  $156 \text{ cm}^2$ ) lançados de forma aleatória no *stand* de

macrófitas aquáticas. No laboratório, o perifíton foi retirado das macrófitas através de raspagem com pincel e jatos de água destilada. Foram retiradas alíquotas para a determinação do peso seco (PS), peso seco sem cinzas (PSSC) e cinzas segundo APHA (2005), clorofila-a (Chla) e feofitina (Phaeo) utilizando como solvente etanol segundo Nush (1980) modificado pela norma NEM 6520 (NEDERLANDSE NORM, 1981).

Para determinar os componentes elementares do perifíton, foi realizada a análise elementar do carbono, nitrogênio, hidrogênio e enxofre através do analisador elementar CHNS-O CE Instruments (Mod. EA1110).

O perifíton foi classificado de acordo com a biomassa e conteúdo inorgânico e/ou orgânico segundo o índice proposto por Lakatos (1989) e também foi aplicado o Índice Autotrófico (IA) (APHA, 2005), que permite inferir sobre as fases sucessionais da comunidade perifítica classificando-as como autotrófico ou heterotrófico.

Objetivando-se verificar as possíveis correlações entre as variáveis físicas e químicas com as variáveis biológicas, foi realizado o teste de correlação linear de Pearson. Regressões lineares múltiplas foram conduzidas com o intuito de testar eventuais relações entre a biomassa e estoques de carbono com as variáveis físicas e químicas da água e climatológicas. As análises foram feitas com o software Statistica version 8.0 (STATSOFT INC., 2007).

## **4.3 RESULTADOS**

### ***4.3.1 Características físicas e químicas da água e climatológicas***

A precipitação na região do reservatório de Itupararanga variou de 3,6 mm (agosto) à 342,8 mm (janeiro), com média anual de 114,7 mm (Figura 10). A temperatura da água não apresentou grande variação entre os períodos estudados ( $cv=18,32\%$ ) (Tabela 7). O pH mostrou-se básico durante o mês de fevereiro e próximo à normalidade nos outros meses (Tabela 7). As concentrações de oxigênio dissolvido mostraram grande variação ( $CV=35,21\%$ ) apresentando, na coleta de novembro, valor significativamente menor do que em todos os outros períodos do estudo (Tabela 7). A condutividade elétrica da água não apresentou grande variação entre os períodos estudados (Tabela 7).

**Tabela 7. Valores das variáveis físicas e químicas da água superficial (mínimos, máximos, médios, coeficiente de variação -CV e o erro padrão -EP) do reservatório de Itupararanga, durante o período de estudo nas estações amostrais (EA) BR1 e BR3.**

Período	EA	T	pH	CE	Zds	OD	P-PT	P-PTD	P-PID	N-NT	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
		(°C)		(µS.cm <sup>-1</sup> )	(m)	(mg.L <sup>-1</sup> )	(µg.L <sup>-1</sup> )	(µg.L <sup>-1</sup> )	(µg.L <sup>-1</sup> )	(mg.L <sup>-1</sup> )	(µg.L <sup>-1</sup> )	(mg.L <sup>-1</sup> )
Fev	BR1	28,8	8,2	50,0	1,7	7,4	26,260	19,200	3,820	0,426	0,040	0,520
	BR3	29,1	9,8	52,0	1,6	7,9	29,420	15,040	2,250	0,476	0,010	0,510
Abr	BR1	24,4	7,2	63,2	2	6,3	23,600	10,160	3,490	0,118	0,060	0,430
	BR3	23,4	6,8	66,0	1,5	6,5	20,450	3,080	1,260	0,167	0,030	0,420
Jun	BR1	18,0	6,9	62,7	1,7	6,1	32,660	20,710	1,380	0,140	0,220	0,310
	BR3	19,1	7,3	64,3	1,1	8,5	113,610	12,460	0,960	0,232	0,160	0,340
Set	BR1	19,6	7,3	60,2	0,5	9,1	49,120	14,270	2,590	*	*	0,370
Nov	BR3	22,3	7,5	37,0	0,2	1,5	89,270	17,100	2,130	*	0,069	0,840
<b>Média</b>		23,1	7,6	56,9	1,4	6,7	48,049	14,003	2,235	0,195	0,074	0,468
<b>Mínimo</b>		18,0	6,8	37,0	0,2	1,5	20,450	3,080	0,960	*	*	0,310
<b>Máximo</b>		29,1	9,8	66,0	2,5	9,1	113,610	20,710	3,820	0,476	0,220	0,840
<b>CV (%)</b>		18,3	12,8	17,4	54,4	35,2	72,167	39,963	46,411	90,586	104,339	35,934
<b>EP</b>		1,5	0,3	3,5	0,3	0,8	12,260	1,978	0,367	0,062	0,027	0,059

\* Abaixo do limite de detecção pelo método empregado

A operação do reservatório (Figura 11) evidenciou grandes influências nas características físicas e químicas da água. A cota do reservatório apresentou correlação positiva com a transparência da água (0,9  $p < 0,01$ ) e com as concentrações de nitrogênio total da água (0,8  $p < 0,05$ ) (Tabela 8). A vazão afluyente (VA) do reservatório apresentou correlações positivas com a temperatura da água (0,8  $p < 0,01$ ) e com a transparência da água (0,7  $p < 0,05$ ) (Tabela 8). A vazão vertida (VV) apresentou correlações positivas com a temperatura da água (0,9  $p < 0,01$ ) e com o pH (0,8  $p < 0,01$ ) (Tabela 8).

**Tabela 8. Valores das correlações entre as variáveis físicas e químicas da água e as variáveis da operação do reservatório de Itupararanga. (VA- Vazão afluyente; VV- Vazão vertida e  $p$ - Significância).**

Variáveis	Operação do reservatório					
	Cota	$p$	VA	$p$	VV	$p$
Nitrogênio total	0,82	$\leq 0,05$				
Transparência da água	0,92	$\leq 0,01$	0,75	$\leq 0,05$		
Temperatura da água			0,87	$\leq 0,01$	0,91	$\leq 0,01$
pH					0,83	$\leq 0,01$

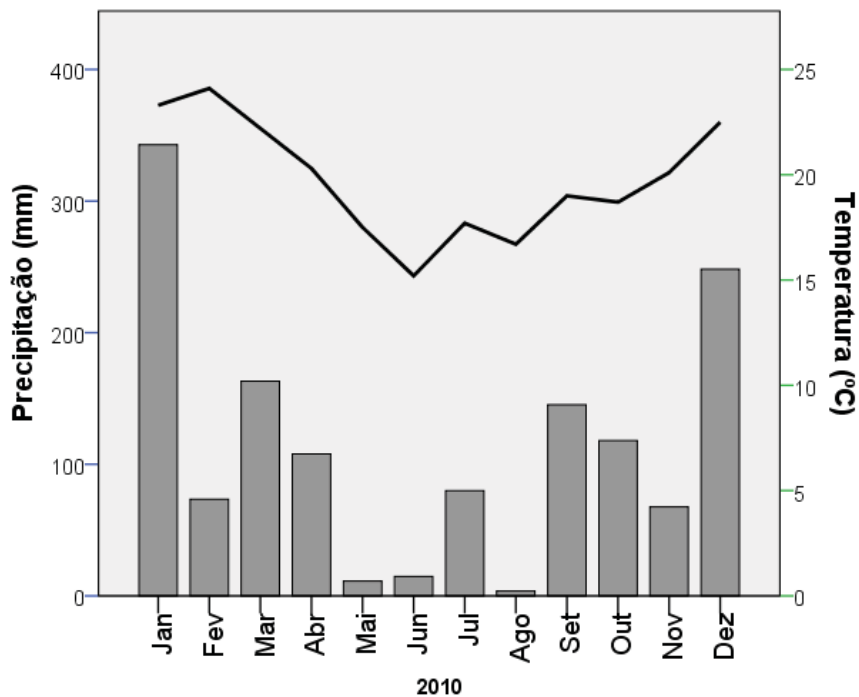


Figura 10. Precipitação média mensal e temperatura média mensal durante o ano de 2010. Barras: precipitação. Linha: Temperatura

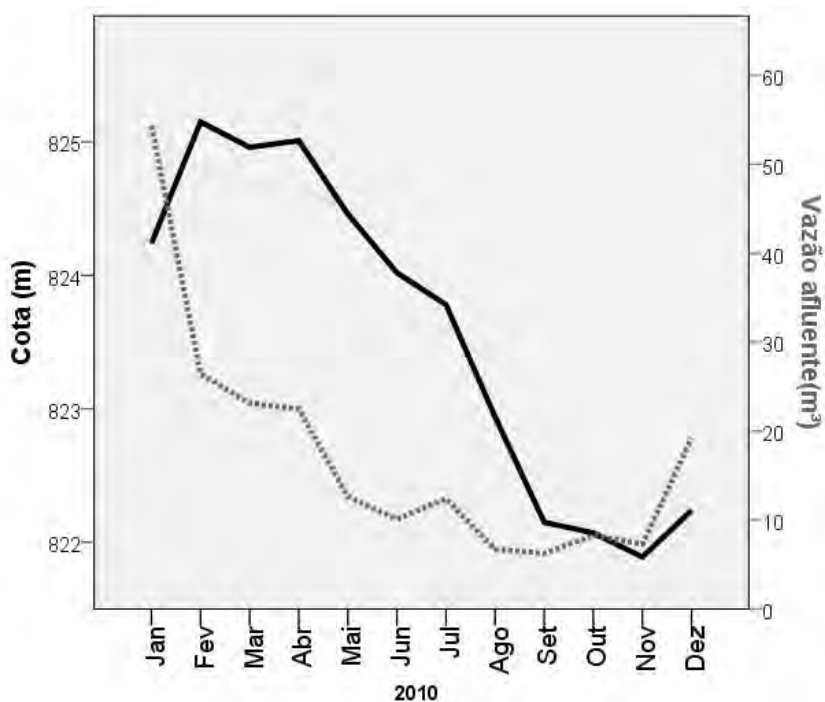


Figura 11. Cota e vazão afluente do reservatório de Itupararanga durante o período de estudo.

As concentrações de fósforo total apresentaram valores próximos aos encontrados em diversos reservatórios subtropicais brasileiros (CUNHA e CALIJURI, 2011), com grande amplitude de variação ( $cv=72,16\%$ ) (Tabela 7). As concentrações de fósforo total dissolvido e fósforo inorgânico dissolvido apresentaram padrão semelhante nas estações amostrais, não evidenciando tendência sazonal (Tabela 7). As concentrações de nitrogênio total variaram do indetectável pelo método utilizado até valores de  $0,47 \text{ mg.L}^{-1}$ , apresentando grande amplitude de variação ( $cv=90,5\%$ ), sendo os maiores valores encontrados durante o mês de fevereiro de 2010 (Tabela 7). O nitrito apresentou grande variação entre os períodos estudados ( $cv=104,3\%$ ), não apresentando um padrão sazonal (Tabela 7) e o nitrato apresentou menores valores durante o mês de junho de 2010 (Tabela 7).

A razão molar TN:TP variou de 0 a 14, apresentando em todos os períodos estudados e em todas as estações amostrais valores abaixo de 20, o que é considerado limitação por nitrogênio de acordo com Guildford e Hecky (2000).

#### 4.3.2 *Características biológicas*

O peso seco sem cinzas do perifíton (PSSC) apresentou de uma forma geral valores semelhantes entre as estações amostrais, excluindo a estação amostral BR3 durante o mês de novembro que apresentou valores elevados (Figura 12). Os menores valores foram encontrados durante o mês de junho, aliado às baixas temperaturas (Figura 12 e Figura 10). A correlação linear de Pearson mostrou que o PSSC está negativamente correlacionado com a condutividade elétrica da água ( $r=-0,8 \ p\leq 0,01$ ), com a transparência da água ( $r=-0,6 \ p\leq 0,05$ ), com as concentrações de oxigênio dissolvido ( $r=-0,8 \ p\leq 0,01$ ), com as concentrações de nitrogênio total ( $r=-0,9 \ p\leq 0,01$ ) e positivamente correlacionado com as concentrações de nitrato ( $r=0,9 \ p\leq 0,01$ ).

A clorofila-*a* do perifíton (Figura 13) não apresentou diferenças marcantes entre os meses de fevereiro, abril e junho, porém, houve um aumento da concentração na estação amostral BR1 no mês de setembro e na estação amostral BR3 no mês de novembro. Mostrou-se negativamente correlacionada com a transparência da água ( $r=-0,9 \ p\leq 0,01$ ), com as concentrações de nitrogênio total ( $r=-0,7 \ p\leq 0,01$ ) e nitrito ( $r=-0,6 \ p\leq 0,05$ ).



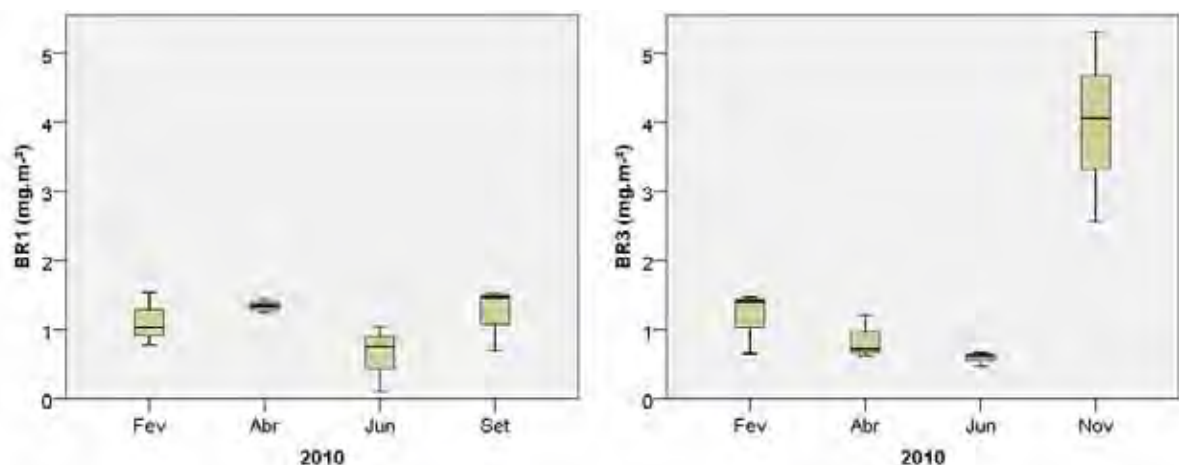


Figura 12. Biomassa perifítica expressa em peso seco sem cinzas (PSSC) nas estações amostrais BR1 e BR3 no reservatório de Itupararanga (primeiro quartil, mediana, terceiro quartil e intervalo interquartil).

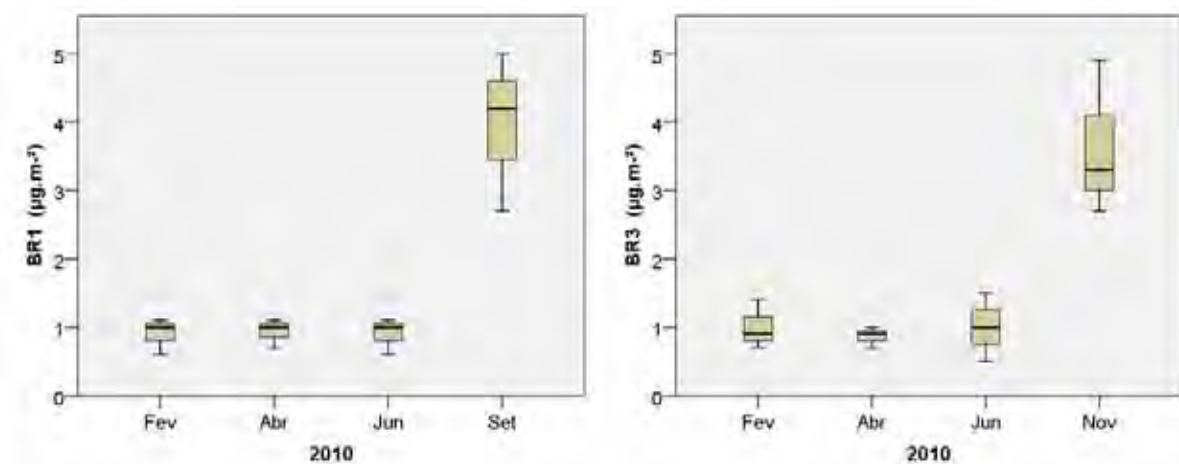


Figura 13. Biomassa perifítica expressa em clorofila-a nas estações amostrais BR1 e BR3 no reservatório de Itupararanga (primeiro quartil, mediana, terceiro quartil e intervalo interquartil).

As concentrações de carbono, nitrogênio e hidrogênio da comunidade perifítica foram de uma forma geral, maiores durante o período chuvoso (Figura 14). As concentrações de enxofre foram abaixo do limite de detecção do método empregado (>7%).

O carbono da comunidade perifítica mostrou-se negativamente correlacionado com a transparência da água ( $r=-0,6$   $p\leq 0,05$ ), com as concentrações de oxigênio dissolvido ( $r=-0,7$   $p\leq 0,01$ ), com as concentrações de nitrogênio total ( $r=-0,8$   $p\leq 0,01$ ) e positivamente correlacionado com as concentrações de nitrato da água ( $r=0,9$   $p\leq 0,01$ ).

O nitrogênio da comunidade perifítica mostrou-se negativamente correlacionado com a condutividade elétrica da água ( $r=-0,8$   $p\leq 0,01$ ), com a transparência da água ( $r=-0,7$   $p\leq 0,05$ ), com o oxigênio dissolvido da água ( $r=-0,7$   $p\leq 0,01$ ), com as concentrações de nitrogênio total da água ( $r=-0,9$   $p\leq 0,01$ ) e positivamente correlacionado com as concentrações de nitrato da água ( $r=0,9$   $p\leq 0,01$ ).

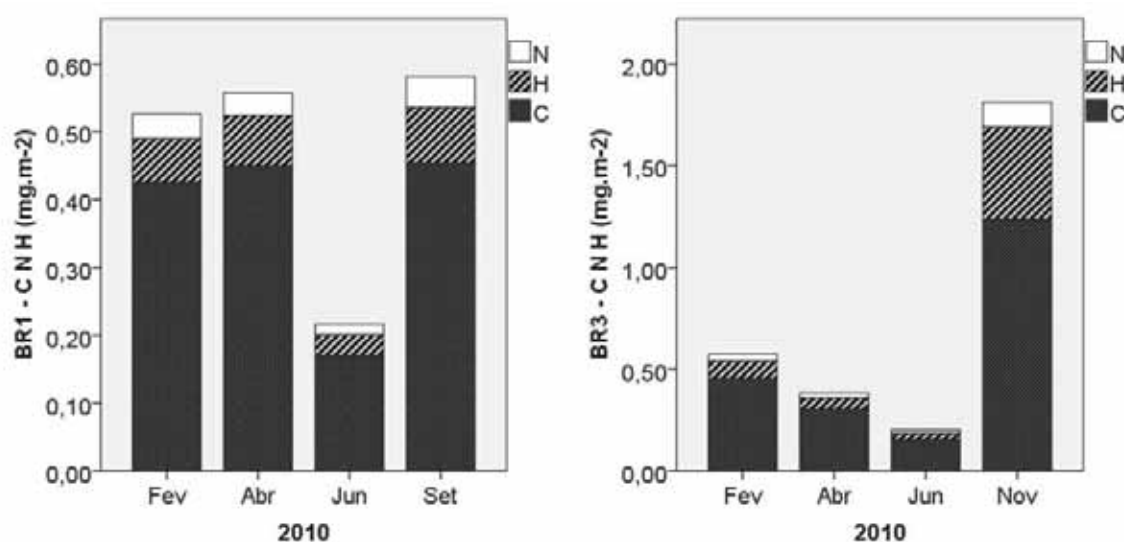


Figura 14. Concentrações de carbono (C), nitrogênio (N) e hidrogênio (H) do peso seco do perifíton (PS) nas estações amostrais BR1 e BR3 durante o período de estudo no reservatório de Itupararanga no ano de 2010.

As concentrações de carbono total da comunidade perifítica do reservatório de Itupararanga apresentou valores abaixo dos encontrados em estudos realizados no Brasil e em países de clima temperado (Tabela 9). No presente estudo a concentração de carbono apresentou a variação de 0,3 a 1,2 mgC.m<sup>2</sup>, sendo as maiores concentrações encontradas na estação amostral BR3 no mês de novembro e as menores concentrações encontradas na estação amostral BR3 no mês de abril.

Tabela 9. Concentrações de carbono da biomassa perifítica em diferentes ambientes e em diferentes localizações encontrados neste estudo e na literatura.

Local	Substrato	Carbono	Fonte
Reservatório de Itupararanga	Substrato natural (macrófita)	0,3 – 1,2 mgC.m <sup>2</sup>	Presente estudo
Reservatório de Jurumirim (SP, Brasil)	Substrato natural (macrófita)	14,5 - 52,1 %PS	Moschini-Carlos et al. (1998)
Lagos boreais (ON, Canadá)	Substrato artificial	6-15 mgC.m <sup>2</sup>	Frost e Elser (2002)
Lagos boreais (ON, Canadá)	Substrato natural (rocha)	14-60 mgC.m <sup>2</sup>	Frost e Elser (2002)
Lago Érken (Suécia)	Substrato natural (rocha)	1,5 mgC.m <sup>2</sup>	Kahlert et al. (2002)
Lagoa Cabiúna (RJ, Brasil)	Substrato artificial	2,2 2,6 mgC.m <sup>2</sup>	Guariento et al. (2011)

As análises de regressão múltipla realizadas com o intuito de verificar quais as variáveis ambientais afetam as variáveis biológicas revelaram que o oxigênio dissolvido (OD), a transparência da água (Zds) e a temperatura da água explicam 94% da variação do PS do perifíton (*adjusted R*<sup>2</sup>= 0,94; *p*≤0,01) (Tabela 10). A condutividade da água (CE), o nitrogênio total (N-NT), o oxigênio dissolvido (OD), a temperatura da água (T°) e a transparência da água (Zds) explicam 98% da variação do PSSC do perifíton (*adjusted r*<sup>2</sup>=0,98; *p*≤ 0,01) (Tabela 10).

**Tabela 10. Análise de regressão múltipla entre variáveis dependentes (PS, PSSC, AEC, AEN) e independentes coletadas nas estações amostrais BR1 e BR3. #ordem: ordem de importância das variáveis independentes na explicação das variáveis dependentes. R<sup>2</sup> parcial: proporção da variância explicada pelo fator. R<sup>2</sup> modelo: proporção da variância explicada pelo modelo (Pizarro, 1999).**

Variáveis dependentes	Variáveis independentes	# ordem	R <sup>2</sup> parcial	R <sup>2</sup> modelo	p-level
Peso seco	Oxigênio dissolvido	1	0,761	0,761	0,005
	Disco de Secchi	2	0,950	0,190	0,007
	Temperatura da água	3	0,971	0,021	0,163
Peso seco sem cinzas	Condutividade elétrica	1	0,726	0,726	0,007
	Nitrogênio Total Kjeldahl	2	0,932	0,206	0,011
	Oxigênio dissolvido	3	0,954	0,022	0,233
	Temperatura da água	4	0,970	0,015	0,305
	Disco de Secchi	5	0,995	0,025	0,084
Análise elementar Carbono	Condutividade elétrica	1	0,766	0,766	0,004
	Nitrogênio Total Kjeldahl	2	0,921	0,155	0,026
	Temperatura da água	3	0,972	0,050	0,056
	Fósforo total	4	0,983	0,011	0,257
	Oxigênio dissolvido	5	0,990	0,007	0,366
	pH	6	0,998	0,008	0,285
Análise elementar Nitrogênio	Condutividade elétrica	1	0,676	0,676	0,012
	Nitrogênio Total Kjeldahl	2	0,868	0,192	0,043

Em relação à composição elementar da biomassa perifítica, a condutividade da água (CE), o nitrogênio total (N-NT), a temperatura da água (T°), o fósforo total (P-PT) o oxigênio dissolvido (OD) e o pH explicaram 98% da variação das concentrações de carbono da biomassa perifítica (*adjusted r*<sup>2</sup>= 0,98; *p*=0,08) (Tabela 10). A condutividade da

água (CE) e as concentrações de nitrogênio total da água explicaram 81% da variação das concentrações de nitrogênio da biomassa perifítica (*adjusted r*<sup>2</sup>=0,81; *p*≤0,01) (Tabela 10).

O índice autotrófico (APHA, 2005) classificou a comunidade perifítica em todas as estações amostrais em todos os períodos estudados como heterotrófico (Tabela 11). O índice proposto por Lakatos (1989) indicou que a composição da comunidade perifítica da estação amostral BR1 apresenta, de forma geral, maior conteúdo orgânico e na estação amostral BR3 apresenta proporções equivalentes de conteúdo orgânico e inorgânico (Tabela 11). Todas as estações amostrais apresentaram baixa biomassa durante o período de estudo (Tabela 11).

**Tabela 11 Tipo do perifíton das estações amostrais BR1 e BR3 de acordo com o Índice Autotrófico - IA (APHA, 2005) e Lakatos (1989). (org-inorg= orgânico-inorgânico).**

Data de coleta (2010)	Tipo da biomassa	Ash %	Tipo	IA	Tipo
<i>BR1</i>					
Fevereiro	Baixa	15,5	orgânico	1114	Heterotrófico
Abril	Baixa	29,9	orgânico	1594	Heterotrófico
Junho	Baixa	16,2	orgânico	657	Heterotrófico
Setembro	Baixa	45,7	org-inorg	312	Heterotrófico
<i>BR3</i>					
Fevereiro	Baixa	38,9	org-inorg	1349	Heterotrófico
Abril	Baixa	39,1	org-inorg	907	Heterotrófico
Junho	Baixa	31,5	org-inorg	633	Heterotrófico
Novembro	Baixa	79,0	inorg	1086	Heterotrófico

#### 4.4 DISCUSSÃO

Durante o período de estudo foi possível observar características sazonais, podendo-se separar o período seco (junho) do período chuvoso (fevereiro, abril, setembro e novembro), a partir dos dados de precipitação e temperatura mensais. Também foi possível observar que a cota e a vazão afluente do reservatório sofreu um declínio constante a partir do mês de julho, o que explica a impossibilidade de entrada em algumas das estações amostrais a partir desse período.

A operação do reservatório de Itupararanga mostrou fortes influências sobre as características físicas e químicas da água. Correlações positivas significantes foram encontradas entre a cota do reservatório e as concentrações de nitrogênio total e na

transparência da água, indicando que quanto maior o nível da água, maior as concentrações de nitrogênio e maior a transparência da água. A vazão afluyente do reservatório, ou seja, a quantidade de descargas de água trazidas pela precipitação, esteve correlacionada positivamente com a temperatura e com a transparência da água, indicando que com a entrada de água no reservatório, há uma diluição dos sólidos totais, favorecendo a transparência da água. Ribeiro Filho *et al.* (2011) observaram em um estudo no reservatório de Itaipu que as variáveis limnológicas químicas e físicas são fortemente dependentes do regime hidrológico.

Em relação às concentrações de nutrientes totais e dissolvidos na água, não foi possível observar uma clara divisão sazonal, como em muitos trabalhos realizados em reservatórios brasileiros. Este fato pode estar associado à localização das estações amostrais em braços na parte central do reservatório que possuem uma dinâmica transicional (CUNHA e CALIJURI, 2011), onde são encontradas características intermediárias entre as zonas fluviais e lacustres (THORNTON *et al.* 1990), impossibilitando um padrão sazonal de nutrientes.

As concentrações de nitrogênio total se mostraram um importante fator no desenvolvimento e na composição elementar da comunidade perifítica, mostrando-se o nutriente limitante durante todo o período estudado e em todas as estações amostrais de acordo com as relações TN:TP de Guildford e Hecky (2000) para o fitoplâncton. Em um estudo realizado no mesmo reservatório, Cunha e Calijuri (2011) também descreveram limitação por nitrogênio nas zonas fluviais e lacustres para a comunidade fitoplanctônica (razão atômica TN:TP = 11~35). No reservatório das Ninféias (São Paulo, Brasil), com características mesotróficas, Ferragut *et al.* (2010) encontraram limitação da comunidade perifítica por fósforo, exceto durante a primavera (razão molar TN:TP= 3,2~87).

Nos Estados Unidos, em um estudo realizado em lagoas, a comunidade perifítica também demonstrou o nitrogênio como nutriente limitante (razão atômica TN:TP= 20~140) (SMITH e LEE, 2006). Já em estudos realizados em riachos da Nova Zelândia e dos Estados Unidos (razão molar NTD:PTD = 58~108), a comunidade perifítica demonstrou limitação simultânea por nitrogênio e fósforo (KNIFFIN *et al.*, 2009; SANDERSON *et al.*, 2009).

As concentrações das formas de fósforo não se mostraram como importantes limitadores do crescimento algal neste reservatório. Este nutriente sempre esteve disponível durante o período de estudo, ao contrário das formas de nitrogênio, que variaram a partir de níveis indetectáveis pelo método empregado. Em um estudo realizado

em uma represa oligotrófica tropical (São Paulo, Brasil), o enriquecimento induzido de fósforo em diversas concentrações não demonstrou diferenças significativas em relação à biomassa perifítica (FERRAGUT e BICUDO, 2009), corroborando com os resultados deste estudo.

A biomassa perifítica (PSSC) e a clorofila-*a* do perifíton (Chla) apresentaram menores valores durante o mês de junho (período seco), aliadas às baixas temperaturas no reservatório. Esse padrão foi contrário a alguns estudos realizados em reservatórios brasileiros (BORDUQUI *et al.* 2008; MOSCHINI-CARLOS *et al.*, 2000). Uma possível hipótese para esse resultado é que com as menores temperaturas os organismos heterotróficos têm o seu metabolismo reduzido afetando, conseqüentemente, a sua biomassa total. Petrucio *et al.* (2006) em um estudo nos lagos da bacia do Médio Rio Doce (MG, Brasil) encontraram altos valores metabólicos de organismos heterotróficos durante o período chuvoso, corroborando com os resultados deste estudo no reservatório de Itupararanga, que possui a comunidade perifítica predominantemente heterotrófica.

As concentrações de carbono, nitrogênio e hidrogênio da comunidade perifítica apresentaram variações sazonais, sendo os maiores valores encontrados no período chuvoso. Moschini-Carlos *et al.* (1998) em um estudo no reservatório de Jurumirim (São Paulo, Brasil), encontraram relações positivas da composição elementar do perifíton com o regime hidrológico. Neste estudo, correlações positivas foram encontradas entre a cota do reservatório e as concentrações de nitrogênio total, que possui relações positivas com a biomassa perifítica, demonstrando a importância do manejo do reservatório sobre o desenvolvimento da comunidade perifítica.

O carbono e o nitrogênio da comunidade perifítica apresentaram correlações negativas com a transparência da água, com as concentrações de oxigênio dissolvido e com as concentrações de nitrogênio total. Com esses resultados é possível inferir que os principais constituintes do perifíton são organismos heterotróficos, consumidores do oxigênio dissolvido da água. O índice de Lakatos (1989) aplicado nesse estudo corrobora esta hipótese, que também classificou a comunidade como heterotrófica.

As análises de regressão múltipla evidenciaram que os principais controladores do peso seco sem cinzas (PSSC) e das concentrações de carbono e nitrogênio da biomassa perifítica são a condutividade elétrica da água ( $p \leq 0,05$ ) e as concentrações de nitrogênio total ( $p \leq 0,05$ ). Diversos estudos têm relacionado as concentrações de íons na água com impactos antrópicos, como descarga de efluentes domésticos e uso e ocupação do solo. Petrucio *et al.* (2005) em um estudo nos rios da bacia hidrográfica do Médio Rio Doce,

sugerem que a produção secundária bacteriana é muito sensível às mudanças nas concentrações de nitrogênio e fósforo e à condutividade elétrica da água. Doyle e Fischer (1994), em um estudo na bacia amazônica, atribuíram ao perifíton e ao fitoplâncton a assimilação de 8% da descarga anual de nitrogênio em áreas de várzea.

Os resultados da análise elementar demonstram que a matéria orgânica total contribui em média com 21% de carbono da biomassa perifítica. Em um estudo que reuniu mais de 5000 dados relativos à porcentagem da contribuição das algas na comunidade perifítica demonstrou-se que as algas perifíticas contribuem com cerca de 8,4% do carbono presente na biomassa, sendo mais de 75% dos estudos apresentando dados abaixo de 10% (FROST *et al.*, 2005). De acordo com os autores, o restante do carbono do perifíton se deve à produção da mucilagem e outras matérias orgânicas produzidas por bactérias e algas (FROST *et al.* 2005). Em estudos realizados no Brasil, Moschini-Carlos *et al.* (1998) e Guariento *et al.* (2011) encontraram valores médios de carbono da biomassa perifítica superiores aos encontrados neste estudo.

Apesar de a comunidade perifítica ter apresentado valores de carbono em sua biomassa abaixo dos encontrados na literatura, é importante considerar que existem diversas relações entre o perifíton e as características e o tipo do substrato em que foi colonizado (LUTTENTON e BAISDEN, 2006; GUARIENTO *et al.* 2007; HLADYS, 2011). Todos os trabalhos relacionados à porcentagem ou quantidade de carbono da biomassa em que foram comparados, tiveram substratos diferentes dos substratos utilizados neste trabalho, não sendo possível uma conclusão clara se a comunidade perifítica do reservatório de Itupararanga possui realmente menor quantidade de carbono em sua biomassa.

## 4.5 CONCLUSÃO

A comunidade perifítica aderida à *P. punctatum* no reservatório de Itupararanga mostrou-se fortemente influenciada pelo regime hidrológico e pela operação do reservatório, que também influenciou as concentrações de nitrogênio total, temperatura, transparência da água e o pH. Outros fatores que contribuem significativamente para o crescimento da comunidade são as concentrações de nitrogênio total, a condutividade elétrica da água e a transparência da água. Segundo os índices aplicados a comunidade perifítica apresenta baixa biomassa no reservatório em 2010 e foi classificada como

heterotrófica. Em relação à concentração de carbono da comunidade perifítica, pode-se observar que a comunidade perifítica aderida à *Polygonum punctatum* possui menores concentrações em comparação a outros substratos e outros estudos realizados no Brasil e no exterior.



## 5 CAPÍTULO III. COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DO PERIFÍTON E SUAS RELAÇÕES COM O AMBIENTE NO RESERVATÓRIO DE ITUPARARANGA

---

**Resumo.** A diversidade biológica se constitui em um valioso recurso natural que ainda não é bem conhecido pela ciência. Devido à atual pressão antrópica pelos recursos naturais, a biodiversidade vêm sendo reduzida, muitas vezes, sem o seu devido conhecimento. Neste sentido, este estudo teve como objetivo realizar uma análise quantitativa e qualitativa das algas perifíticas no reservatório de Itupararanga e relacioná-las com as características físicas e químicas da água e climatológicas. Para isso, foram realizadas 5 coletas em 4 estações amostrais no reservatório de Itupararanga durante o ano de 2010. As macrófitas aquáticas foram coletadas com ajuda de um quadro de 156 cm<sup>2</sup> e a comunidade de algas perifíticas foi raspada com ajuda de um pincel e fixada em formol e lugol para análise qualitativa e quantitativa. Foram encontrados um total de 156 táxons divididos em 8 classes e a densidade total das espécies variou de 10,2 mil a 171,8 mil indivíduos por milímetro quadrado. A comunidade perifítica mostrou-se controlada por padrões espaciais e temporais, como o tipo de substrato, a localização das estações amostrais e às características químicas e físicas da água regidas pela sazonalidade.

**Palavras-chave:** Algas, perifíton, riqueza, abundância, diversidade.

### 5.1 INTRODUÇÃO

Atividades antrópicas como a agricultura e a urbanização são as maiores fontes de nitrogênio e fósforo nos ecossistemas aquáticos continentais, causando diversos problemas como a eutrofização, florações de algas tóxicas, redução do oxigênio dissolvido na água, mortandade de peixes e perda da biodiversidade (CARPENTER *et al.*, 1998).

A biodiversidade se constitui em um valioso recurso natural em termos sociais, educacionais, culturais e científicos (DUDGEON *et al.*, 2006). A perda da biodiversidade aquática é um dos maiores problemas antrópicos atuais, devido à necessidade da utilização para os usos múltiplos dos recursos hídricos. Ainda não se conhece com precisão, quais as

consequências desse processo no funcionamento dos ecossistemas aquáticos continentais (GILLER *et al.*, 2004). Dentre os principais causadores da perda da biodiversidade aquática estão as mudanças no estado trófico (PUSCEDDU *et al.*, 2007), a utilização de pesticidas (RELYEA, 2005), a construção de reservatórios (POWER *et al.*, 1996) e as mudanças no uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica (ALIN *et al.*, 2002).

Neste sentido, o conhecimento da biodiversidade é de extrema importância, visto que muitos organismos podem ser utilizados como bioindicadores da qualidade da água, como peixes (ADAMS *et al.*, 1993; BEITINGER, 1990; ROCHE e BOGE, 1996), macroinvertebrados bentônicos (BARBOLA *et al.*, 2011; BIEGER *et al.*, 2010; BUSS e BORGES, 2008; COLPO *et al.*, 2009) e o perifíton (BAFFICO, 2001; DE LA PENA e BARREIRO, 2009; MONTUELLE *et al.*, 2010; VERB e VIS, 2005).

No Brasil, a diversidade perifítica tem sido abordada em diferentes contextos, como comparações da flora em períodos secos e chuvosos (VERCELLINO e BICUDO, 2006), comparações de similaridade florística entre ambientes lênticos e lóticos (RODRIGUES e BICUDO, 2001), além de diversos trabalhos de cunho taxonômico (FERRAGUT *et al.*, 2005; BICUDO *et al.*, 2007; BICUDO e MENEZES, 2006). No reservatório de Itupararanga, até o presente momento, não foi realizado nenhum trabalho em relação à diversidade perifítica.

Desta forma, esse trabalho tem como objetivo verificar o padrão espacial e temporal da composição específica e abundância das algas perifíticas no reservatório de Itupararanga e suas relações com as variáveis climatológicas, físicas e químicas da água.

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O reservatório de Itupararanga (Ibiúna, SP, Brasil) está localizado na cabeceira do rio Sorocaba, no sudeste do Brasil e insere-se na porção subtropical brasileira. Recebe águas dos rios Sorocabuçu e Sorocamirim, que juntos formam o rio Sorocaba (SMITH e PETRERE-JR, 2008). Esse reservatório foi construído em 1914 com o intuito de geração de energia elétrica (CUNHA e CALIJURI, 2011) e ocupa parcialmente os municípios de Ibiúna, Piedade, São Roque, Mairinque, Alumínio e Votorantim.

Os principais tipos de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica em que o reservatório se encontra (bacia do Alto Sorocaba e médio Tietê) são caracterizados

principalmente por intensa atividade agrícola (393 km<sup>2</sup>) e chácaras (35 km<sup>2</sup>), sendo a maior área cultivada por olerícolas, seguidos de batata e tomate (CONCEIÇÃO *et al.*, 2011).

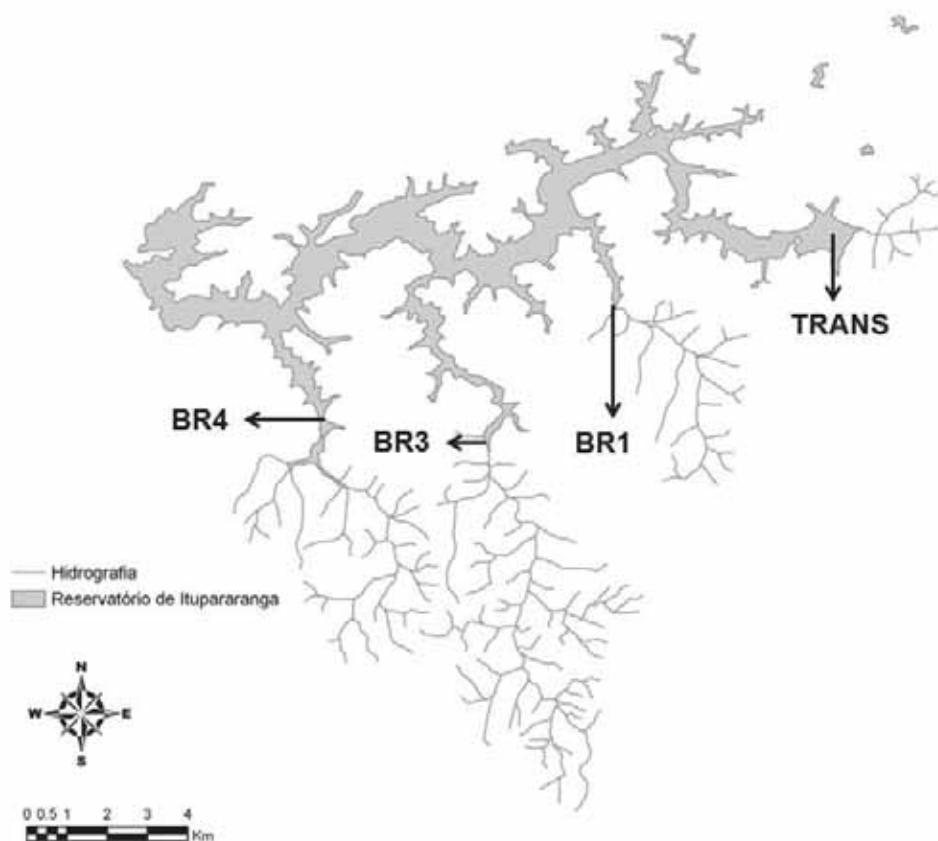
A sua margem direita é distinguida por uma densa área de cobertura vegetal caracterizada como floresta estacional semidecidual (QUEIROZ e IMAI, 2007). Segundo Cunha & Calijuri (2011), este reservatório supre a necessidade de abastecimento de água potável para cerca de 800 mil pessoas, possui uma capacidade de armazenamento de 286 milhões m<sup>3</sup> de água e tempo de residência de 4 a 13 meses dependendo dos padrões de precipitação.

O perifíton foi amostrado sazonalmente no ano de 2010 em quatro estações amostrais (TRANS, BR1, BR3 e BR4) ao longo do reservatório de Itupararanga (Figura 15).

A estação amostral TRANS, está localizada à montante do reservatório, na desembocadura dos rios Sorocabuçu e Sorocamirim (23K 0272233 7384786). Esta estação possui um grande banco de macrófitas aquáticas dominado por *Eichhornia* spp. e baixa cobertura de vegetação ripária. (Figura 15).

As estações amostrais BR1 e BR3 localizam-se, respectivamente, na desembocadura do Córrego do Campo Verde (23K 0266956 7385031) e Córrego da Ressaca (23K 0264430 7381817). Possuem baixa cobertura de vegetação ripária e o entorno é ocupado por agriculturas e residências (Figura 15).

A estação amostral BR4, localizada na desembocadura do Córrego do Paruru (23K 0259767 7380366), é a mais próxima à barragem, localizada à jusante do reservatório. Possui um banco da macrófita aquática dominado por *Eichhornia* spp. Seu entorno é ocupado principalmente por residências e agriculturas (Figura 15).



**Figura 15.** Localização das estações amostrais TRANS, BR1, BR3 e BR4 no reservatório de Itupararanga. Modificado de Secchin, L. F. (no prelo).

As variáveis físicas e químicas da água obtidas "in situ" no banco de macrófitas foram: pH, condutividade elétrica, temperatura (°C) (sonda YSI 63-50 FT) e oxigênio dissolvido (sonda YSI 55-12 FT). Também foi determinada a transparência da água com Disco de Secchi. As variáveis climatológicas (precipitação mensal) foram obtidas no website do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIAGRO, 2011), da estação climatológica do município de Ibiúna.

Foram determinados os nutrientes totais e dissolvidos da água superficial. Para a análise dos nutrientes dissolvidos, a água foi filtrada com auxílio de bomba a vácuo e filtros de fibra de vidro GF/C Whattman e utilizados os seguintes métodos: nitrogênio total (APHA, 2005); fósforo total (APHA, 2005), ortofosfato (APHA, 2005), nitrito (APHA, 2005) e nitrato (APHA, 2005).

Para as análises da composição específica e densidade de espécies da comunidade perifítica, foram coletados em cada estação amostral três quadros (área de 156 cm<sup>2</sup>) do perifíton aderido a macrófita aquática dominante. Esse material foi colocado diretamente em frascos de polietileno contendo água destilada e, em seguida, guardado em sacolas

térmicas para serem processadas no laboratório. No laboratório, o perifíton foi extraído das macrófitas através de raspagem com pincel e jatos de água destilada e o volume foi padronizado para 1 litro. Para a análise qualitativa das algas o material foi fixado com formaldeído a 4% e para a análise quantitativa, com lugol acético.

A riqueza de espécies de algas perifíticas foi medida pelo número de táxons presentes, contados por unidade celular, utilizando os microscópios Zeiss Axio Imager A1 e Zeiss Axio Scope A1. Quanto ao sistema de classificação das algas, adotou-se Round (1965), seguindo as recomendações de Bicudo e Menezes (2006). Para a contagem de algas filamentosas, como as do gênero *Oedogonium* spp., foi adotado o método proposto por Stevenson e Bahls (1999), onde cada 10µm do filamento foi considerado com uma unidade celular algal.

A riqueza específica das algas foi quantificada utilizando o sistema de contagem Ütermohl (Lund *et al.* 1958) em microscópio invertido Zeiss Axiovert 40 com ajuda da fórmula para contagem em microscópio invertido de APHA (2005).

A dominância e abundância das espécies foram estabelecidas segundo os critérios de Lobo (1984 *apud* TORGAN, 1997), em que espécies dominantes serão aquelas que estiveram presentes em densidades superiores a 50% da densidade total das espécies da amostra, e espécies abundantes, as que ocorrerem acima do valor médio obtido, dividindo-se a densidade total pelo número de espécies da amostra.

A partir dos dados de densidades populacionais, foram calculados os índices de diversidade específica (SHANNON-WIENER, 1949 *apud* MARGURRAN, 1991) e de uniformidade (PIELOU, 1969 *apud* MARGURRAN, 1991). Os índices de diversidade específica e de uniformidade adotados serão baseados na função de Shannon-Wiener, por serem menos dependentes do tamanho da amostra e, geralmente, empregados no estudo de comunidades de algas aderidas.

Durante o mês de setembro não foi possível realizar a amostragem no córrego Ressaca e no córrego Paruru devido ao baixo nível do reservatório, impossibilitando o acesso de barco na estação amostral. O mesmo aconteceu no mês de novembro na estação amostral córrego Campo Verde e córrego Paruru.

A análise de componentes principais (PCA) e a análise de correspondência destendenciada (DCA) foram aplicadas para reduzir a dimensionalidade dos dados abióticos (pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, Secchi, nitrogênio total, nitrito, nitrato, fósforo total, fósforo total dissolvido e ortofosfato) e bióticos (densidade das algas perifíticas). Para realizar a DCA, foram utilizadas as 10 espécies mais abundantes em todo

o período amostral e estações amostrais. As análises foram realizadas através de métodos de correlação no programa PAST (Hammer *et al.*, 2001).

### 5.3 RESULTADOS

A precipitação mensal no reservatório de Itupararanga variou de 3,6 mm (agosto/2010) a 342,8 mm (janeiro/2010), ficando clara a divisão do período seco (maio – agosto/ 2010) e chuvoso (janeiro/2010 – abril/2010 e setembro – dezembro/ 2010) (Figura 16). A transparência da água variou de 0,2 m a 2,1 m e foi maior no período chuvoso durante os meses de fevereiro e abril.

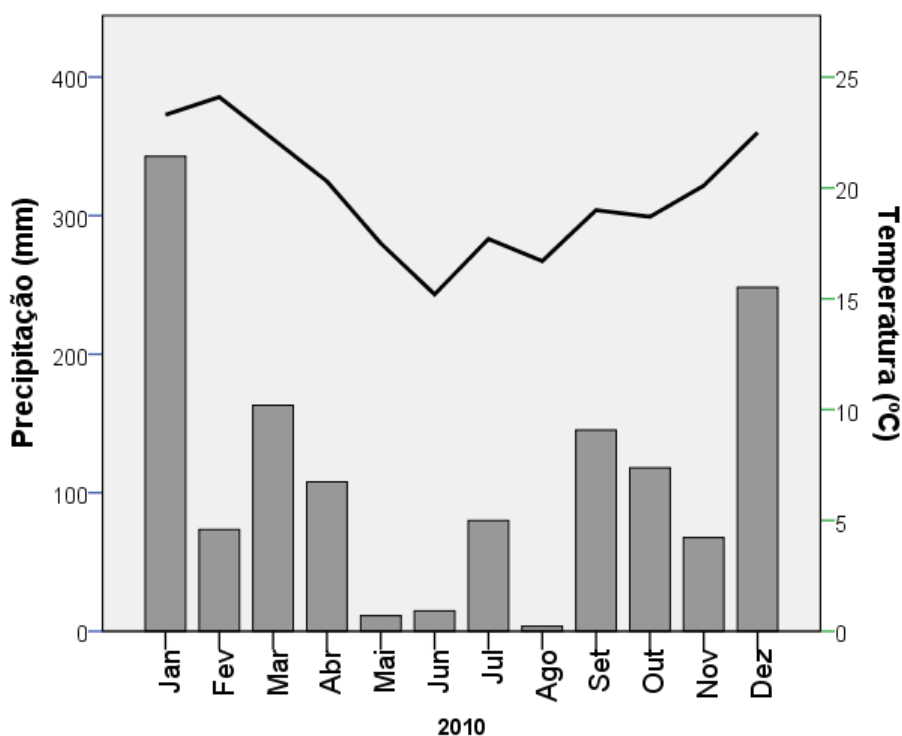


Figura 16. Precipitação média mensal e temperatura atmosférica média mensal na cidade de Ibiúna (SP). Fonte: CIIAGRO (2011).

A temperatura da água apresentou uma amplitude de variação de 14,3°C (junho) a 29,1°C (fevereiro) (Tabela 12). O pH e as concentrações de oxigênio dissolvido da água variaram, respectivamente de, 6,1 a 9,8 e de 1,5 mg.L<sup>-1</sup> a 9,1 mg.L<sup>-1</sup> (Tabela 12). A condutividade elétrica variou de 37 µS.cm<sup>-1</sup> a 99 µS.cm<sup>-1</sup>, sendo as estações “TRANS” e “BR4” as que apresentam maiores valores (Tabela 12).

As concentrações de nutrientes variaram de 20,4  $\mu\text{g.L}^{-1}$  a 126,1  $\mu\text{g.L}^{-1}$  para fósforo total (P-PT) e do indetectável pelo método utilizado a 0,47  $\text{mg.L}^{-1}$  para nitrogênio total (N-NT) As concentrações de fosfato total dissolvido (P-PTD) variaram entre o indetectável pelo método utilizado a 31,3  $\mu\text{g.L}^{-1}$ . O ortofosfato (P-PID) variou de 0,9  $\mu\text{g.L}^{-1}$  a 7,2  $\mu\text{g.L}^{-1}$ . O nitrato (N- $\text{NO}_3^-$ ) variou entre 0,31  $\mu\text{g.L}^{-1}$  a 0,84  $\mu\text{g.L}^{-1}$ . O nitrito (N- $\text{NO}_2^-$ ) variou entre o indetectável pelo método utilizado a 1,03  $\mu\text{g.L}^{-1}$ . O fosfato total dissolvido, ortofosfato e nitrato apresentaram menores valores durante a estação seca (Tabela 12).

**Tabela 12. Variáveis físicas (temperatura, transparência da água) e químicas (pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, fósforo total, fósforo total dissolvido, ortofosfato, nitrogênio total, nitrito e nitrato) da água, no período de fevereiro a novembro de 2010 nas estações amostrais TRANS, BR1, BR3 e BR4 no reservatório de Itupararanga e suas respectivas médias e coeficientes de variação (CV).**

Estação amostral/ mês	T (°C)	pH	CE ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	Zds (m)	OD ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	P-PT ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	P-PTD ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	P-PID ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	N-NT ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	N- $\text{NO}_2^-$ ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	N- $\text{NO}_3^-$ ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )
TRANS-02	27,70	8,23	64,00	1,50	8,38	126,13	31,31	7,24	0,16	0,04	0,64
BR1-02	28,81	8,19	50,00	1,70	7,40	26,26	19,20	3,82	0,43	0,04	0,52
BR3-02	29,14	9,80	52,00	1,60	7,90	29,42	15,04	2,25	0,48	0,01	0,51
BR4-02	29,04	7,67	70,00	1,40	6,83	25,15	15,15	3,01	0,37	0,04	0,46
TRANS-04	20,80	6,62	70,70	2,00	1,92	29,74	9,07	2,18	*	0,13	0,43
BR1-04	24,40	7,23	63,20	2,00	6,28	23,60	10,16	3,49	0,12	0,06	0,43
BR3-04	23,40	6,76	66,00	1,50	6,46	20,45	3,08	1,26	0,17	0,03	0,42
BR4-04	22,60	6,92	99,20	2,10	5,60	25,41	8,73	2,85	*	0,42	0,42
TRANS-06	14,30	6,52	67,60	1,10	4,20	55,79	16,16	4,01	0,14	0,49	0,47
BR1-06	18,00	6,88	62,70	1,70	6,09	32,66	20,71	1,38	0,14	0,22	0,31
BR3-06	19,10	7,34	64,30	1,10	8,53	113,61	12,46	0,96	0,23	0,16	0,34
BR4-06	16,80	7,07	78,40	1,10	7,13	20,59	8,06	7,08	0,09	1,03	0,57
TRANS-09	18,90	6,10	70,60	0,80	8,90	33,18	0,00	2,46	0,12	0,36	0,77
BR1-09	19,60	7,34	60,20	0,50	9,13	49,12	14,27	2,59	*	*	0,37
TRANS-11	21,30	6,60	89,80	0,85	5,30	54,35	0,00	3,24	*	0,46	0,71
BR3-11	22,30	7,50	37,00	0,20	1,50	89,27	17,10	2,13	*	0,07	0,84
<b>Média</b>	22,26	7,29	66,61	1,38	6,34	47,17	12,54	3,12	0,15	0,22	0,51
<b>CV (%)</b>	20,53	12,13	22,03	45,03	35,68	71,26	63,93	57,70	100,15	123,44	30,13

\* Abaixo do limite de detecção pelo método empregado

Em relação à composição taxonômica do perifíton, foram encontrados 156 táxons, divididos em 8 classes, sendo 51 espécies da classe Bacillariophyceae, 27 de Chlorophyceae, 1 de Coleochaetophyceae, 18 de Cyanophyceae, 2 de Dinophyceae, 10 de Euglenophyceae, 11 de Oedogoniophyceae e 36 de Zygnemaphyceae (Tabela 13).

A densidade total das espécies presentes no perifíton variou de 10,2 mil (BR3) a 171,8 mil (BR4) indivíduos/ $\text{mm}^2$ . As densidades relativas das classes perifíticas por estação amostral e período amostral encontram-se na Figura 17.

*Pseudanabaena cf. moniliformis*, *Oedogonium spp.*, *Achnanthydium minutissimum* e *Fragilaria delicatissima var. delicatissima* apresentaram grande contribuição na densidade total nos períodos estudados. *Pseudanabaena cf. moniliformis* variou de 0 a 88,174 indivíduos/mm<sup>2</sup> (TRANS – junho), representando 11,7% da densidade total do período de estudo, *Oedogonium spp.* apresentou a variação de 0 a 18,386 indivíduos/mm<sup>2</sup> (TRANS – junho) representando 20% da densidade total do período de estudo, *Achnanthydium minutissimum* apresentou a variação de 0 a 121,189 (BR4 – junho) indivíduos/mm<sup>2</sup>, representando 27,6% da densidade total do período de estudo e *Fragilaria delicatissima var. delicatissima* apresentou a variação de 25 (BR3 – junho) a 30,643 (TRANS – setembro) indivíduos/mm<sup>2</sup>, representando 8,9% da densidade total do período de estudo.

A espécie *Pseudanabaena cf. moniliformis* apresentou dominância na estação amostral TRANS (71%) e a espécie *Achnanthydium minutissimum* apresentou dominância na estação amostral BR4 (71%), durante a amostragem do mês de junho. A espécie *Fragilaria delicatissima var. delicatissima* apresentou dominância na estação amostral TRANS (56 %) durante o mês de setembro. Dos 156 táxons encontrados durante o período de estudo, 69 foram considerados abundantes.

**Tabela 13. Presença dos táxons de algas perifíticas nas estações amostrais TRANS, BR1, BR3 e BR4 no reservatório de Itupararanga durante o período de estudo.**

TÁXONS	Estações amostrais			
	TRANS	BR1	BR3	BR4
BACILLARIOPHYCEAE				
<i>Achnanthydium cf. deflexum</i> (Reimer) Kingston			X	X
<i>A. minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	X	X	X	X
<i>Amphipleura lindheimeri</i> Grunow	X			
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen var. <i>ambigua</i>	X	X	X	X
<i>A. granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	X	X	X	
<i>Aulacoseira</i> sp.	X	X		
<i>Capartogramma crucicula</i> (Grunow) R.Ross	X			
<i>Cymbella naviculiformis</i> (Auerswald) Cleve		X	X	
<i>Cymbopleura cuspidata</i> (Kützing) Krammer	X	X	X	X
<i>Discotella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee		X		X
<i>Encyonema gracile</i> Ehrenberg	X	X		X
<i>E. minutum</i> (Hilse) Mann	X	X	X	X
<i>E. silesiacum</i> (Bleisch) Mann	X	X	X	X
<i>Encyonopsis microcephala</i> (Grunow) Krammer	X	X		X
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt	X	X		X



Continuação da tabela 13	TÁXONS	Estações amostrais			
		TRANS	BR1	BR3	BR4
	<i>E. camelus</i> Ehrenberg	X	X	X	X
	<i>E. sudetica</i> Müller		X		
	<i>E. zygodon</i> Ehrenberg		X		
	<i>Eunotia</i> sp.1	X			X
	<i>Eunotia</i> sp.2	X			
	<i>Eunotia</i> sp.3	X	X	X	X
	<i>Eunotia</i> sp.4	X	X	X	X
	<i>Eunotia</i> sp.5	X	X	X	X
	<i>Eunotia</i> sp.6	X	X	X	X
	<i>Fragilaria</i> cf. <i>capucina</i> var. <i>fragilarioides</i> (Grunow) Ludwig & Flores	X	X	X	X
	<i>F. delicatissima</i> (Smith) Lange-Bertalot var. <i>delicatissima</i>	X	X	X	X
	<i>Fragilaria</i> sp.1	X			
	<i>Fragilaria</i> sp.2	X	X		X
	<i>Fragilaria</i> sp.3		X		X
	<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni	X	X		
	<i>Gomphonema augur</i> var. <i>turris</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot	X	X		X
	<i>G. capitatum</i> Ehrenberg				X
	<i>G. gracile</i> Ehrenberg	X	X	X	X
	<i>G. parvulum</i> (Kützing) Kützing	X	X	X	X
	<i>G. pseudoaugur</i> Lange-Bertalot	X			
	<i>G. sphaerophorum</i> Ehrenberg	X			
	<i>G. subtile</i> Ehrenberg				X
	<i>Navicula aikensis</i> Patrick	X			
	<i>N. cryptotenella</i> Lange-Bertalot	X	X	X	X
	<i>Neidium</i> sp.			X	
	<i>Nitzschia intermedia</i> Hantzsch ex Cleve & Grunow	X	X	X	X
	<i>N. palea</i> (Kützing) Smith	X	X	X	
	<i>Pinnularia</i> sp.1	X			
	<i>Pinnularia</i> sp.2	X	X		
	<i>Pinnularia</i> sp.3	X			
	<i>Pinnularia</i> sp.4		X		
	<i>Pinnularia</i> sp.5	X			
	<i>Pinnularia subgibba</i> Krammer	X	X		
	<i>Planothidium</i> sp.	X			
	<i>Surirella</i> sp.		X		
	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	X	X	X	X
CHLOROPHYCEAE					
	<i>Ankistrodesmus bibraianus</i> (Reinsch) Korshikov	X			
	<i>A. falcatus</i> (Corda) Ralfs	X	X	X	X

Continuação da tabela 13	TÁXONS	Estações amostrais			
		TRANS	BR1	BR3	BR4
	<i>A. fusiformis</i> Corda ex Korshikov		X	X	
	<i>A. gracilis</i> (Reinsch) Korshikov			X	X
	<i>Characium rostratum</i> Reinhard ex Printz			X	
	<i>Chloromonas frigida</i> Gerloff & Ettl				X
	<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli	X	X		
	<i>C. minor</i> (Kützing) Nägeli	X			X
	<i>Chlorella vulgaris</i> Beyerinck [Beijerinck]	X			
	<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	X			
	<i>Desmodesmus denticulatus</i> var. <i>linearis</i> (Hansgirg) E.Hegewald		X		
	<i>Golenkinia radiata</i> Chodat		X	X	X
	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	X	X	X	X
	<i>M. convolutum</i> (Corda) Komárková-Legnerová	X	X	X	
	<i>M. griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová	X	X	X	X
	<i>M. minutum</i> (Nägeli) Komárková-Legnerová	X			X
	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen			X	
	<i>P. tetras</i> (Ehrenberg) Ralfs			X	
	<i>Scenedesmus abundans</i> (O.Kirchner) Chodat	X	X	X	
	<i>S. acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat	X	X		
	<i>S. acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat var. <i>elongatus</i>	X	X	X	
	<i>S. acutus</i> Meyen var. <i>acutus</i> f. <i>acutus</i>		X		X
	<i>S. brasiliensis</i> Bohlin		X		
	<i>S. denticulatus</i> var. <i>linearis</i> Hansgirg	X		X	
	<i>S. obtusus</i> Meyen var. <i>ecornis</i>	X	X	X	X
	<i>S. quadricauda</i> (Turpin) Brébisson		X		X
	<i>Scenedesmus</i> sp.		X		X
COLEOCHAETOPHYCEAE					
	<i>Coleochaete</i> sp.		X		
CYANOPHYCEAE					
	<i>Anabaena cylindrica</i> Lemmermann	X		X	
	<i>A. sphaerica</i> Bornet & Flahault	X	X		
	<i>A. spiroides</i> Klebahn	X			
	<i>Anabaena</i> sp.	X			
	<i>Calothrix brevissima</i> G.S.West			X	
	<i>Komvophoron schmidle</i> (Jaag) Anagnostidis & Komárek	X	X	X	X
	<i>Limnothrix</i> sp.	X		X	X
	<i>Leptolyngbya</i> cf. <i>perelegans</i> (Lemmermann) Anagnostidis & Komárek	X			
	<i>Merismopedia duplex</i> Playfair	X			
	<i>M. punctata</i> Meyen	X	X		

Continuação da tabela 13 TÁXONS	Estações amostrais			
	TRANS	BR1	BR3	BR4
<i>M. tenuissima</i> Lemmermann		X		
<i>Oscillatoria annae</i> van Goor			X	
<i>Oscillatoria</i> sp. 1	X	X		
<i>Oscillatoria</i> sp.2	X		X	
<i>Oscillatoria</i> sp.3	X		X	
<i>Oscillatoria</i> sp.4	X			X
<i>Pseudanabaena</i> sp.	X			
<i>Pseudanabaena</i> cf. <i>moniliformis</i> Komárek & Kling	X	X	X	X
DYNOPHYCEAE				
<i>Ceratium</i> cf. <i>furcoides</i> (Levander) Langhans		X	X	
<i>Peridinium pusillum</i> (Pénard) Lemmermann		X	X	X
EUGLENOPHYCEAE				
<i>Phacus bacillifer</i> (Pénard) Lemmermann			X	X
<i>Phacus</i> cf. <i>pleuronectes</i> (O.F.Müller) Nitzsch ex Dujardin		X		
<i>P. triqueter</i> (Ehrenberg) Perty				X
<i>P. pyrum</i> (Ehrenberg) W.Archer		X		
<i>Phacus</i> sp.	X			
<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) F.Stein	X	X		
<i>T. lacustris</i> Drezepolski var. <i>lacustris</i>	X	X		X
<i>T. volvocina</i> var. <i>punctata</i> Playfair	X	X	X	
<i>Trachelomonas</i> sp.1	X		X	X
<i>Trachelomonas</i> sp.2	X	X		X
OEDOGONIOPHYCEAE				
<i>Bulbochaete</i> sp.1		X	X	
<i>Bulbochaete</i> sp.2		X	X	
<i>Bulbochaete</i> sp.3		X	X	X
<i>Oedogonium</i> sp.1	X	X	X	X
<i>Oedogonium</i> sp.2	X	X	X	X
<i>Oedogonium</i> sp.3	X	X	X	X
<i>Oedogonium</i> sp.4		X	X	X
<i>Oedogonium</i> sp.5	X	X	X	X
<i>Oedogonium</i> sp.6	X			X
<i>Oedogonium</i> sp.7		X	X	
<i>Oedogonium</i> sp.8		X		X

Continuação da tabela 13	TÁXONS	Estações amostrais			
		TRANS	BR1	BR3	BR4
ZYGNEAPHYCEAE					
	<i>Actinotaenium</i> sp.1		X	X	X
	<i>Actinotaenium</i> sp.2	X		X	X
	<i>Closterium ehrenbergii</i> Meneghini ex Ralfs	X			
	<i>C. jeneri</i> Ralfs				X
	<i>C. kuetzingii</i> Brébisson	X			
	<i>Closterium</i> sp.1	X			
	<i>Cosmarium</i> cf. <i>adoxum</i> West & G.S.West		X	X	X
	<i>Cosmarium</i> cf. <i>phaseolus</i> var. <i>elevatum</i> Nordstedt			X	
	<i>Cosmarium</i> cf. <i>subcostatum</i> var. <i>subcostatum</i> f. <i>minus</i> West & West		X		
	<i>Cosmarium</i> cf. <i>succisum</i> var. <i>jaoi</i> Krieger & Gerloff		X		
	<i>C. depressum</i> (Nägeli) Lundell var. <i>circulare</i>				X
	<i>C. granatum</i> Brébisson ex Ralfs		X	X	X
	<i>C.m laeve</i> Rabenhorst		X	X	
	<i>C. margaritatum</i> var. <i>margaritatum</i> f. <i>minor</i> (Boldt) West & West		X	X	
	<i>C. moniliforme</i> Ralfs		X	X	X
	<i>C. nitidulum</i> De Notaris	X			
	<i>C. pseudoexiguum</i> Raciborski		X	X	X
	<i>C. punctulatum</i> var. <i>punctulatum</i> (Nordstedt) Børgesen		X	X	X
	<i>C. regnesii</i> Reinsch		X	X	X
	<i>C. subcostatum</i> var. <i>subcostatum</i> cf. <i>f. minus</i> West & West		X		
	<i>C. trilobulatum</i> Reinsch		X	X	X
	<i>Cosmarium</i> sp.1	X			
	<i>Cosmarium</i> sp.2			X	
	<i>Cosmarium</i> sp.3				X
	<i>Cosmarium</i> sp.4		X		
	<i>Euastrum binale</i> Ehrenberg ex Ralfs				X
	<i>Pleurotaenium ehrenbergii</i> (Brébisson ex Ralfs) Delponte		X	X	X
	<i>Spirogyra</i> sp.1	X			
	<i>Spirogyra</i> sp.2	X	X		
	<i>Spirogyra</i> sp.3	X			
	<i>Spyrogyra</i> sp.4		X		
	<i>Staurastrum punctulatum</i> Brébisson			X	
	<i>S. rotula</i> Nordstedt		X	X	
	<i>S. tetracerum</i> var. <i>tetracerum</i> Nordstedt			X	X
	<i>Staurastrum</i> sp.				X
	<i>Staurodesmus</i> sp.				X

Na estação amostral TRANS, houve predominância da classe Cyanophyceae, com 2 espécies de maior representatividade do grupo, sendo a espécie *Pseudanabaena* cf. *moniliformis* considerada abundante durante os meses de fevereiro, abril e junho e *Komvophoron schmidle* considerada abundante no mês de fevereiro (Tabela 14). Em segundo lugar, a classe com maior representatividade foi Bacillariophyceae, sendo a espécie *Fragilaria delicatissima* var. *delicatissima* considerada como abundante durante os meses de setembro e novembro (Tabela 14). Houve um aumento progressivo na abundância da classe Cyanophyceae entre os meses de fevereiro a junho e após um decréscimo nos meses de setembro e novembro (Figura 17). No total, 14 espécies foram consideradas abundantes nesta estação amostral.

Na estação amostral BR1, houve predominância da classe Oedogoniophyceae, considerada abundante durante todo o período de estudo, seguido por Bacillariophyceae, sendo *Achnanthydium minutissimum* abundante durante os meses de fevereiro, abril e setembro e *Fragilaria delicatissima* var. *delicatissima* abundante durante os meses de fevereiro e setembro (Tabela 14). Assim como ocorreu para Cyanophyceae na estação amostral TRANS, houve um aumento gradativo dos organismos da classe Oedogoniophyceae entre os meses de fevereiro e junho na estação amostral BR1, havendo um decréscimo no mês de setembro. O contrário ocorreu para Bacillariophyceae como pode ser observado na Figura 17. No total, 13 espécies foram consideradas abundantes nesta estação amostral.

Assim como na estação amostral BR1, houve predominância da classe Oedogoniophyceae na estação amostral BR3, consideradas abundantes durante os meses de fevereiro, abril e junho, seguido por Bacillariophyceae. As principais espécies representantes das Bacillariophyceae nesta estação amostral foram *Achnanthydium minutissimum*, considerada abundante nos meses de abril, junho e novembro e *Aulacoseira ambigua* var. *ambigua*, abundante durante o mês de junho (Tabela 14). Durante o estudo, houve um decréscimo gradativo da classe Oedogoniophyceae e um aumento gradativo de Bacillariophyceae no decorrer do ano como pode ser observado na Figura 17. No total, 11 espécies foram consideradas abundantes nesta estação amostral.

Na estação amostral BR4, houve predominância da classe Bacillariophyceae, sendo as espécies *Fragilaria delicatissima* var. *delicatissima* e *Achnanthydium* cf. *minutissimum* abundantes durante os meses de fevereiro, abril e junho (Tabela 14). Em segundo lugar, houve predominância da classe Oedogoniophyceae, abundantes durante os meses de fevereiro, abril e junho. Ao decorrer do período estudado, houve o aumento gradativo de

Bacillariophyceae e um decréscimo gradativo de Oedogoniophyceae, como pode ser observado na Figura 17. No total, 7 espécies foram consideradas abundantes nesta estação amostral.

**Tabela 14.** Espécies abundantes e dominantes (Indivíduos x 10<sup>3</sup>) nas estações amostrais TRAN, BR1, BR3 e BR4 durante o período de estudo (fevereiro, abril, junho, setembro e novembro).

TÁXON	TRANS					BR1				BR3				BR4		
	Fev	Abr	Jun	Set	Nov	Fev	Abr	Jun	Set	Fev	Abr	Jun	Nov	Fev	Abr	Jun
BACILLARIOPHYCEAE																
<i>Achnantheidium minutissimum</i>						16,8	4,4		29,5		5,5	1,5	55,8	9,2	42,3	121,1*
<i>Aulacoseira ambigua</i> var. <i>ambigua</i>							2,1		10,9			0,6				
<i>Cymbella microcephala</i>																6,4
<i>Cymbella naviculiformis</i>									7,5							
<i>Fragilaria delicatissima</i> var. <i>delicatissima</i>				30,6*	20,1	3,8			5,7					2,1	5,8	19,3
CHLOROPHYCEAE																
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>													0,3			
<i>Chroococcus minor</i>	7,6															
<i>Coelastrum microporum</i>	1,1															
COLEOCHAETOPHYCEAE																
<i>Coleochaete</i> sp.								3,7								
CYANOPHYCEAE																
<i>Pseudanabaena</i> cf. <i>moniliformis</i>	7,5	17,3	88,1*			2,5				1,1					1,4	
<i>Anabaena cylindrica</i>	1,1											2,6				
<i>Komvophoron schmidle</i>					7,1											
<i>Limnothrix</i> sp.		11,9														
<i>Merismopedia punctata</i>	3,8															
<i>Pseudanabaena</i> sp.	2,7															
DYNOPHYCEAE																
<i>Peridinium pusillum</i>								0,7				0,6				
OEDOGONIOPHYCEAE																
<i>Bulbochaete</i> sp.2								0,9								
<i>Oedogonium</i> sp.1	1,2				8,1		12,5	2,8	11,0		7,6	1,8				
<i>Oedogonium</i> sp.2	3,8	4,5			9,0	6,0	1,8		4,4	10,6	1,5		2,7			
<i>Oedogonium</i> sp.3	1,7					6,6			2,0				1,8	5,3		
<i>Oedogonium</i> sp.4									6,4						7,6	
<i>Oedogonium</i> sp.5	1,9							0,9								
<i>Oedogonium</i> sp.6	1,8															
<i>Oedogonium</i> sp.7									0,6	1,8						
<i>Oedogonium</i> sp.8								3,9								

\* Espécies dominantes

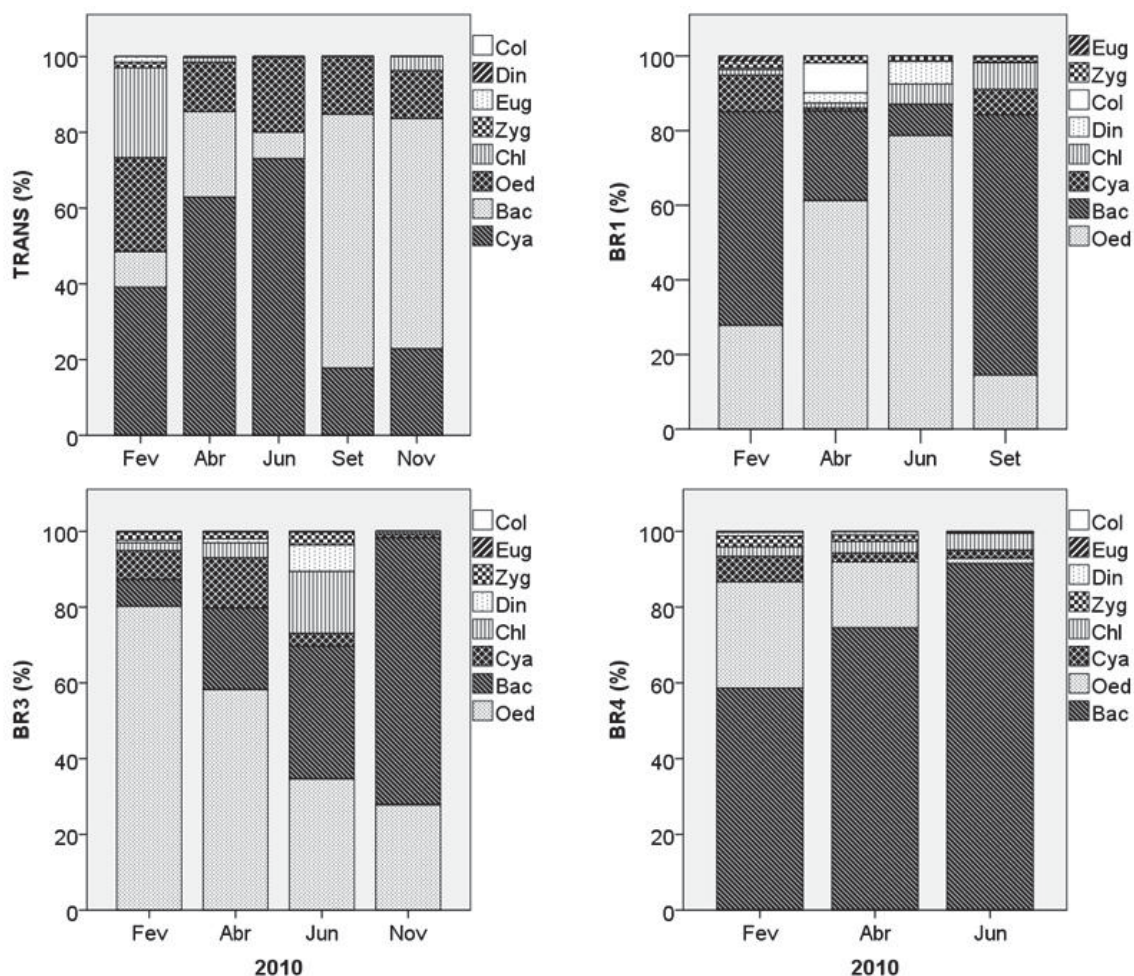
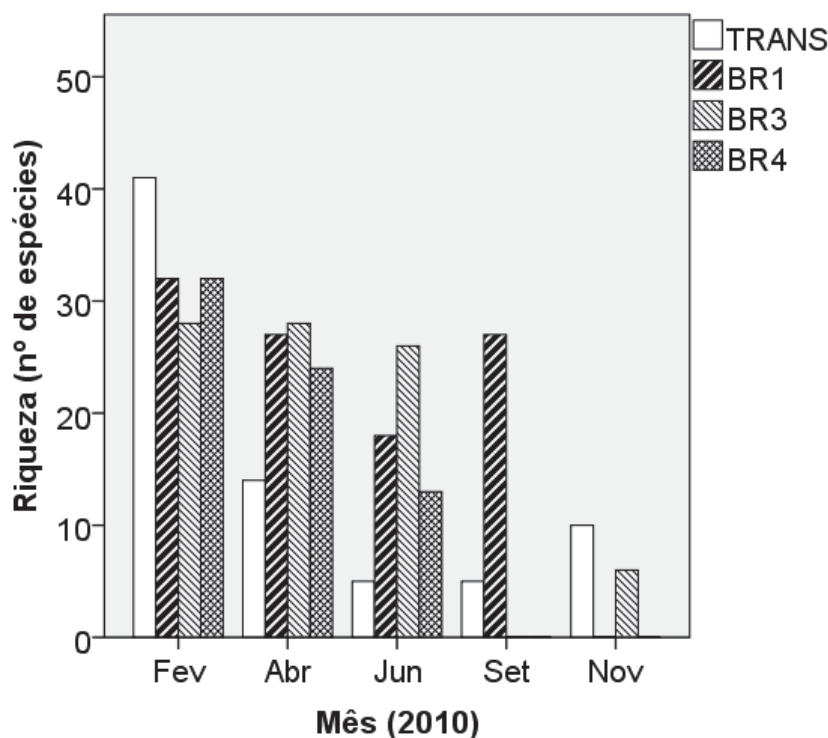


Figura 17. Porcentagem das classes de algas perifíticas encontradas durante o período de estudo no reservatório de Itupararanga nas estações amostrais TRANS, BR1, BR3 e BR4. (Col- Coleochaetophyceae; Din- Dinophyceae; Eug- Euglenophyceae; Zyg- Zygnemaphyceae; Chl- Chlorophyceae; Oed- Oedogoniophyceae; Bac- Bacillariophyceae e Cya- Cyanophyceae).

A riqueza total de organismos variou de 5 a 41 espécies, sendo a estação amostral TRANS a que apresentou menor e maior número de espécies (5 e 41 espécies, respectivamente). De uma forma geral, a riqueza em todas as estações amostrais foi maior durante o mês de fevereiro, podendo ser observado um decréscimo constante da riqueza ao longo do tempo até o mês de junho (estação seca). Após junho, foi possível observar um novo aumento da riqueza de organismos nas estações amostrais TRANS e BR1 e um decréscimo na estação amostral BR3 (Figura 18).



**Figura 18. Riqueza de organismos nas estações amostrais TRANS, BR1, BR3 e BR4 durante o período de estudo no reservatório de Itupararanga.**

Através do índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) foi possível verificar que as maiores diversidades foram encontrados durante o mês de fevereiro nas estações amostrais TRANS ( $2,61 \text{ bits.ind}^{-1}$ ) e BR3 ( $2,39 \text{ bits.ind}^{-1}$ ). Na estação amostral BR1, as maiores diversidades foram encontradas no mês de setembro ( $2,37 \text{ bits.ind}^{-1}$ ) e na estação amostral BR4, as maiores taxas de diversidade foram encontradas durante o mês de fevereiro ( $2,28 \text{ bits.ind}^{-1}$ ) (Figura 19).

O índice de uniformidade ( $J$ ) demonstrou que nas estações amostrais BR1, BR3 e BR4, houve maior uniformidade da distribuição do número de indivíduos entre espécies durante o mês de junho. Já na estação amostral TRANS, a maior uniformidade foi encontrada durante o mês de setembro (Figura 19)



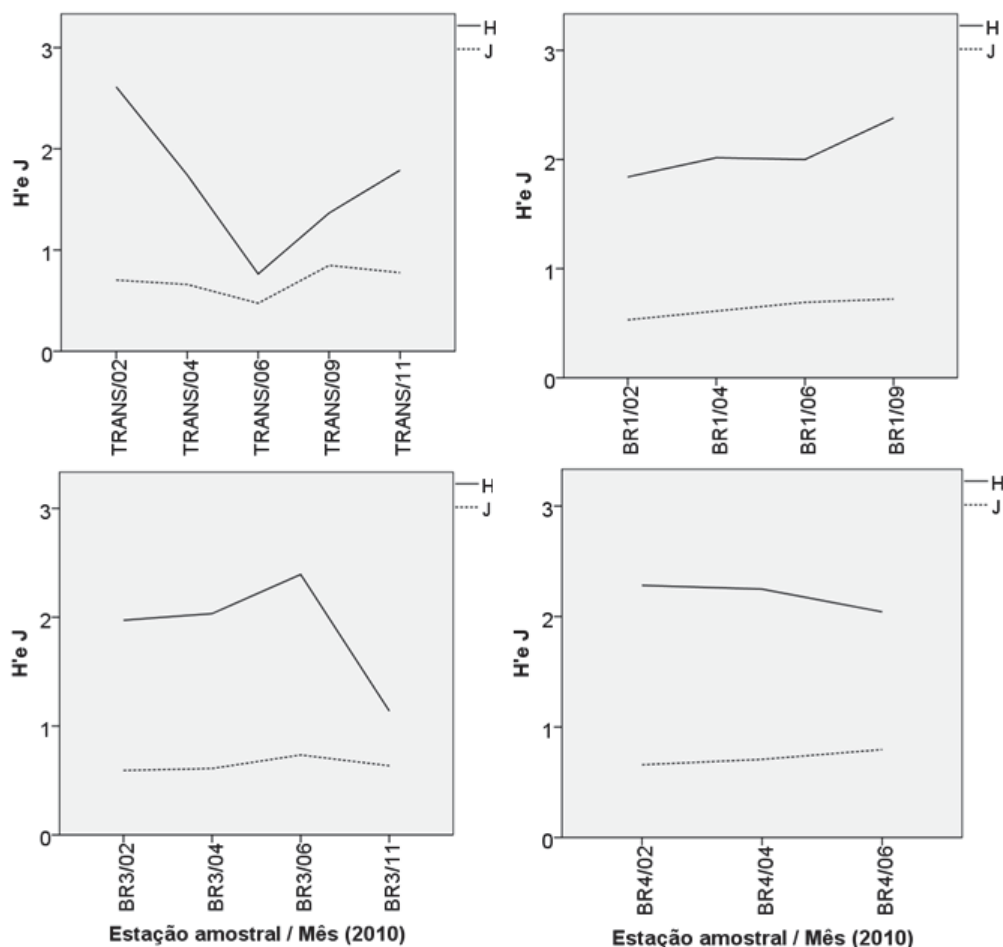


Figura 19. Representação dos índices de diversidade ( $H'$ ) e uniformidade ( $J$ ) nas estações amostrais TRANS, BR1, BR3 e BR4 nas diferentes épocas de amostragens no reservatório de Itupararanga.

Os resultados da análise de componentes principais com base nos dados físicos e químicos da água e climatológicos demonstraram que os dois primeiros eixos explicaram 52 % da variabilidade conjunta dos dados, com um padrão explicado em função do tempo. No eixo 1 (32,6 %) houve separação das estações amostrais conforme a época de amostragem, sendo o lado esquerdo as coletas realizadas no mês de fevereiro e no lado direito as coletas realizadas no mês de abril, junho, setembro e novembro (Figura 20). As variáveis que contribuíram para separar as coletas do mês de fevereiro das demais foram principalmente a temperatura, o pH, o fósforo total dissolvido (P-PTD) e o nitrogênio total (N-NT).

No eixo 2 (19,4 %), foi possível observar uma leve separação das estações amostrais em relação à sazonalidade, sendo a época chuvosa acima do eixo, com a transparência da água exercendo influência na separação do grupo em relação às demais abaixo do eixo, com os níveis de fósforo total e nitrato como principais contribuidores da

separação das amostras (Figura 20). As contribuições das variáveis nos dois primeiros eixos da análise de componentes principais se encontra na Tabela 15.

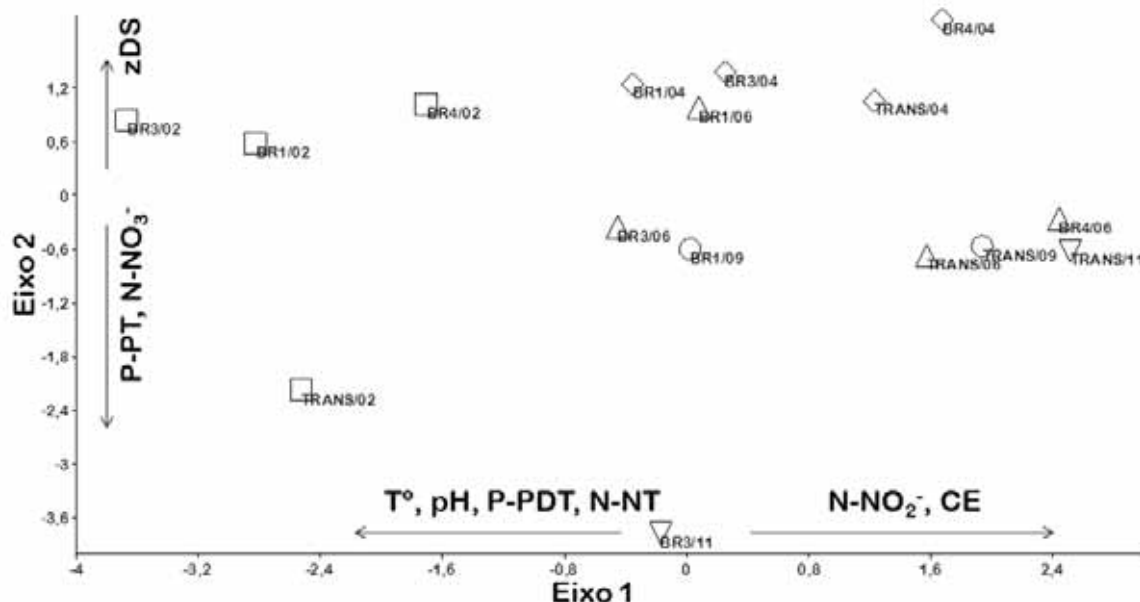


Figura 20. Posição das estações amostrais e sua época de amostragem ordenados de acordo com os dois primeiros eixos da análise de componentes principais. (zDS= transparência da água com o disco de Secchi; N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>= nitrato; P-PT= fósforo total; T°=temperatura da água; P-PDT= fósforo total dissolvido, N-NT= nitrogênio total; N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>= nitrato; CE= condutividade elétrica).

Tabela 15. Contribuição das variáveis nos dois primeiros eixos da análise de componentes principais.

Variáveis	eixo1	eixo2
Temperatura da água	-0,8014	0,1568
pH	-0,8809	-0,0351
Condutividade elétrica	0,6328	0,4413
Transparência da água	-0,2245	0,7830
Oxigênio dissolvido	-0,3199	0,1606
Fósforo total	-0,2019	-0,7340
Nitrito	0,7169	-0,0235
Fósforo total dissolvido	-0,6694	-0,3161
Fósforo inorgânico dissolvido	-0,0020	-0,2850
Nitrogênio total	-0,7766	0,2697
Nitrato	0,1311	-0,6980

Os resultados obtidos da DCA (Figura 21), baseados nos valores da densidade da comunidade perifítica (10 espécies mais abundantes) nas diferentes estações amostrais e diferentes períodos amostrados apresentaram para interpretação os dois primeiros eixos

retidos com autovalores de 0,66 e 0,16 respectivamente, com um padrão influenciado principalmente pelo fator espacial.

Através da representação gráfica da DCA (Figura 21), foi possível observar que a espécie *Pseudanabaena* cf. *moniliformis* é característica da estação amostral TRANS, enquanto que *Achnanthydium minutissimum* e *Fragilária delicatíssima* var. *delicatíssima* são características da estação amostral BR4. As espécies do gênero *Oedogonium* spp. ficaram agrupadas principalmente nas estações amostrais BR1 e BR3.

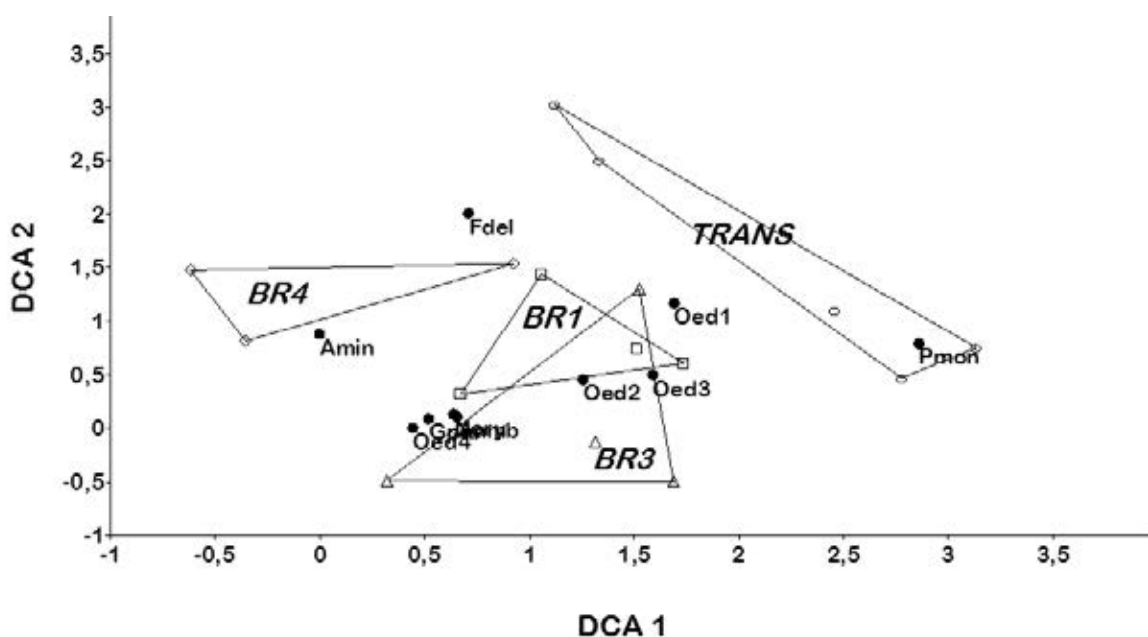


Figura 21. Análise de correspondência com remoção do efeito de arco (DCA) aplicada aos dados de densidade da comunidade perifítica com a ordenação das estações amostrais e ordenação das espécies mais abundantes no reservatório de Itupararanga. (Pmon- *Pseudanabaena moniliformis*; Fdel- *Fragilária delicatíssima* var. *delicatíssima*; Amin- *Achnanthydium minutissimum*; Oed 1, 2, 3 e 4 – *Oedogonium* spp.).

Os resultados da correlação de Pearson entre os escores do eixo 1 da DCA e o eixo 1 da PCA e os resultados da correlação entre a abundância e a diversidade do perifíton com as características físicas, químicas e climatológicas do reservatório de Itupararanga não apresentaram coeficiente de correlação significativa.

## 5.4 DISCUSSÃO

Durante o experimento, foi possível observar diferenças nas características físicas e químicas da água, podendo ser separadas em período seco (maio ~ agosto) e chuvoso (janeiro ~ abril e setembro ~ dezembro).

A baixa transparência da água foi observada em todas as estações amostrais, sendo os maiores valores observados durante os meses de fevereiro e abril, associado aos maiores valores de precipitação, deixando clara a influência da precipitação na transparência da água.

De uma forma geral, as concentrações de fósforo total e nitrogênio total variaram durante o ano, havendo dois picos de concentrações, sendo um no período seco e outro no período chuvoso. Os maiores valores de fósforo total nas estações “TRANS” e “BR4” foram encontrados durante o mês de fevereiro, aliado aos maiores valores de precipitação. Estas duas estações amostrais são as que mais recebem interferência antrópica e descarga de efluentes domésticos e a disponibilidade de nutrientes é diretamente influenciada pelos rios Sorocabuçu, Sorocamirim e córrego do Paruru. Nas estações amostrais “BR1” e “BR3”, os maiores valores de fósforo total foram encontrados durante o período seco, no mês de junho. Estas duas estações amostrais estão localizadas na porção central do reservatório e o entorno destes locais possuem menor adensamento populacional.

O padrão do nitrogênio total foi semelhante ao do fósforo total no reservatório, porém as maiores concentrações foram encontradas no mês de fevereiro em todas as estações amostrais aliadas às maiores taxas de precipitação, evidenciando a entrada de material alóctone rica em nitrogênio no reservatório. Um segundo aumento da concentração de nitrogênio foi observado durante o mês de julho, porém com concentrações bem menores em relação ao mês de fevereiro. Isto evidencia a regeneração interna dos nutrientes em todas as estações amostrais durante o período de seca. Nogueira *et al.* (1999) encontrou resultados semelhantes no reservatório de Jurumirim (SP, Brasil).

De acordo com a resolução CONAMA 357/2005, que estabelece a classificação dos corpos d'água brasileiros, enquanto não aprovados os enquadramentos dos corpos d'água, estes mesmos serão classificados como classe 2. Seguindo essa premissa, o reservatório de Itupararanga foi classificado como classe 2 neste trabalho, por não possuir um enquadramento realizado.

Se realizado uma análise das concentrações de nutrientes conforme a classificação da resolução CONAMA 357/2005 para ambientes lênticos classe 2, as concentrações de fósforo total não devem ultrapassar  $30 \mu\text{g.L}^{-1}$ , porém houveram diversos momentos em que essa concentração foi ultrapassada, chegando a  $126,1 \mu\text{g.L}^{-1}$  na estação amostral TRANS no mês de fevereiro, e em todas as coletas e todas as estações amostrais nos meses de setembro e novembro.

De acordo com essa mesma resolução, as concentrações de oxigênio dissolvido devem estar acima de  $5 \text{mg.L}^{-1}$ , porém, na estação amostral TRANS no mês de abril as concentrações de oxigênio dissolvido eram de  $1,9 \text{mg.L}^{-1}$  e na estação amostral BR3 no mês de novembro eram de  $1,5 \text{mg.L}^{-1}$ . Estes resultados, assim como os resultados das concentrações de fósforo total indicam carga excessiva de nutrientes e excesso de matéria orgânica em alguns momentos no reservatório, necessitando de grande atenção em relação ao seu manejo.

Em relação à composição taxonômica, foi encontrada uma riqueza similar de algas perifíticas em comparação a outros trabalhos no Estado de São Paulo. No lago do IAG, com características oligotróficas, foram encontrados 112 táxons (VERCELLINO e BICUDO, 2006). No mesmo local, em um estudo sobre os efeitos do enriquecimento por fósforo sobre a estrutura da comunidade perifítica, foram encontrados 172 táxons (FERRAGUT e BICUDO, 2009).

Em outras localidades, como no reservatório do Iraí (Paraná) existem registros de 130 táxons encontrados (CETTO *et al.*, 2004). Em um estudo nos reservatórios em cascata do rio Paranapanema, foram encontrados um total de 91 espécies no período seco e 119 espécies no período chuvoso (FELISBERTO e RODRIGUES, 2005).

Na estação amostral TRANS, houve predominância da classe Cyanophyceae de fevereiro a junho, e predominância da classe Bacillariophyceae nos meses seguintes. Fonseca e Rodrigues (2007) em um estudo na bacia do Alto Paraná, encontraram resultados em que a abundância de cianobactérias perifíticas foi caracterizada indiretamente pela disponibilidade de nutrientes. O mesmo resultado foi observado no reservatório de Itupararanga, onde a estação amostral TRANS é a que possui maior disponibilidade de nutrientes, corroborando com o estudo realizado por Fonseca e Rodrigues (2007).

A classe Bacillariophyceae apresentou predominância em todos os períodos estudados na estação amostral BR4 e durante os meses de menor cota do reservatório (setembro e novembro) nas estações amostrais TRANS, BR1 e BR3. Em um estudo

realizado na planície de inundação do Alto Paraná, Algarte *et al.* (2009) também verificou dominância da classe Bacillariophyceae durante o período de águas baixas. Segundo os mesmos autores, o grupo Bacillariophyceae pode predominar durante os períodos de águas baixas, pois diversas espécies possuem a capacidade de ocupar os substratos em um curto intervalo de tempo e se desenvolverem em diversas condições ambientais.

De uma forma geral, houve um grande número de espécies da classe Oedogoniophyceae nas estações amostrais BR1 e BR3. Os organismos que pertencentes à essa classe são frequentemente descritos em água quentes, estáveis e de baixo fluxo (BIGGS e KILROY, 2000). Taniguchi *et al.* 2005 em um estudo em pecíolos da macrófita aquática *Eichhonia azurea* atribuiu ao tipo de substrato a elevada densidade de Oedogoniophyceae, devido à sua capacidade de fixação. Já no caso deste estudo, o substrato disponível para a colonização das algas perifíticas eram pecíolos da macrófita aquática *Polygonum punctatum*, na qual possui estrutura tridimensional similar aos pecíolos de *Eichhonia azurea*, corroborando com a hipótese de Taniguchi *et al.* (2005).

Durante o mês de junho, as espécies *Pseudanabaena* cf. *moniliformis* e *Achnanthydium minutissimum* apresentaram dominância em relação à distribuição das espécies. Em estudos realizados utilizando as diatomáceas para detectar impactos antrópicos no Brasil, Bere e Tundisi (2011) encontraram relações da espécie *Achnanthydium minutissimum* em locais com águas degradadas em riachos da cidade de São Carlos (São Paulo, Brasil). Já em um estudo relacionando a estrutura da comunidade perifítica em escala sazonal, Borduqui *et al.* (2008) encontrou dominância de cianobactérias durante o período seco, no reservatório das Garças (São Paulo, Brasil).

Em relação à riqueza da comunidade perifítica nas estações amostrais, de uma forma geral, apresentaram maiores valores durante os períodos chuvosos. Nos reservatório Capivara, um dos reservatórios em cascata do rio Paraná, também foi observada maior diversidade da comunidade perifítica durante o período chuvoso e com altas temperaturas (FELISBERTO e RODRIGUES, 2005). Fermino *et al.* (2011) em um estudo sobre os efeitos da adição de nutrientes sobre a composição florística do perifíton atribuiu a escala sazonal como um dos principais controladores da diversidade perifítica, tendo maiores taxas de riqueza específica durante o verão e o outono.

A uniformidade da comunidade perifítica apresentou maiores valores durante o período seco nas estações amostrais BR1, BR3 e BR4. De acordo com este índice, a uniformidade reflete no padrão de distribuição das espécies em cada amostra. Desta forma,

foi possível observar que na maioria das estações amostrais, houve maior uniformidade durante o período seco.

Através da análise de componentes principais foi possível verificar que as características físicas e químicas da água são controladas principalmente pela sazonalidade, não apresentando características espaciais encontrados em reservatórios como descritos por Thornton *et al.* (1990). Este fato pode estar associado à localização das estações amostrais, que não estão localizadas nos braços do reservatório, nas zonas de desembocadura dos rios formadores. Esta condição desfavorece padrões espaciais marcados, pois sofre grande influência da microbacia que formam os rios e também do uso e ocupação do solo no entorno, corroborando com os resultados obtidos por Cunha e Calijuri (2011).

A análise de correspondência destendenciada mostrou que as espécies de algas perifíticas presentes são regidas principalmente pelo tipo de substrato e pelas características físicas e químicas da água. Como pode ser observado na representação gráfica da DCA, nas estações amostrais BR1 e BR3, as algas perifíticas estão aderidas ao mesmo tipo de substrato e apresentam sobreposição das linhas convexas. Já as estações amostrais TRANS e BR4 não apresentaram sobreposição das linhas convexas, porém, apresentaram características bem distintas, provavelmente separadas devido às diferenças nas concentrações de nutrientes.

Diversos estudos têm demonstrado que o tipo do substrato e também as suas características fenológicas podem influenciar na riqueza das comunidades perifíticas. Vieira *et al.* (2007) verificaram que a complexidade estrutural das macrófitas aquáticas interferem na diversidade das comunidades perifíticas. Já em um estudo comparando a riqueza perifítica entre duas espécies de macrófitas, foi observado que as características estruturais das macrófitas (densidade e textura da planta) e as características físicas e químicas da água interferiram na composição específica do perifíton (MESSYASZ e KUCZYNSKA-KIPPEN, 2006).

## 5.5 CONCLUSÃO

Desta forma, através dos resultados obtidos neste estudo podemos sugerir que a composição da comunidade perifítica no reservatório de Itupararanga é controlada por padrões espaciais e temporais. As estações amostrais apresentam distintas características,

estão localizadas em zonas de desembocaduras dos rios formadores que sofrem influência de diversos fatores, como o regime de precipitação e o uso e ocupação do solo nas microbacias. Isso acarreta a diferenças de dominância e diversidade das espécies das algas perifíticas. O tipo de substrato também é um importante fator que para definir a estrutura da comunidade de algas perifíticas nesse reservatório. Em relação à qualidade da água, foram detectadas altas concentrações de fósforo total, cerca de 3 vezes acima do máximo permitido pela resolução CONAMA 357/2005 e cerca de duas vezes abaixo do mínimo permitido para as concentrações de oxigênio dissolvido, evidenciando a necessidade da atenção especial às atividades que utilizam o fósforo na bacia hidrográfica do Alto Tietê e na geração excessiva de matéria orgânica no reservatório de Itupararanga.



## 6 CONCLUSÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

---

Através deste estudo foi possível verificar que a comunidade perifítica possui relações significativas com a qualidade da água, por meio de observações feitas a partir da variação de sua biomassa em diferentes tipos de substratos, assim como a sua composição específica. Com base nestas premissas, a comunidade perifítica mostrou-se como um bom bioindicador da qualidade da água no reservatório de Itupararanga, podendo servir como parâmetro de biomonitoramento desse reservatório, assim como para a bacia hidrográfica do rio Sorocaba.

Para que seja inserida em programas de biomonitoramento, aconselha-se utilizar substratos artificiais padronizados, tendo em vista que houve diferenças em relação à composição específica devido ao substrato.

Em relação ao reservatório de Itupararanga e sua qualidade da água, recomenda-se o controle do nitrogênio e fósforo nas microbacias dos rios que deságuam no reservatório, tendo em vista que houve relações significantes desses nutrientes com a biomassa do perifíton, com o intuito de controlar a produtividade primária, assim como a geração de matéria orgânica excessiva e a eutrofização desse ecossistema. Dentre os locais estudados, o que apresentou maiores concentrações de nutrientes foi a estação amostral localizada na desembocadura dos rios Sorocabuçu e Sorocamirim, devendo receber atenção especial em relação ao manejo.

Ainda vale ressaltar que as concentrações de fósforo total estiveram cerca de três vezes acima do recomendado pelo CONAMA 357/2005 para ecossistemas aquáticos de água doce classe 2 e duas vezes abaixo do mínimo recomendado para as concentrações de oxigênio dissolvido. Estes resultados salientam a importância da detecção e monitoramento das fontes de fósforo na bacia hidrográfica do Alto Sorocaba e também do controle da geração e acúmulo da matéria orgânica autóctone e alóctone no reservatório de Itupararanga.

Para futuros estudos, recomendam-se análises em perfil das concentrações fósforo e não somente da água superficial como foi realizada neste estudo, pois concentrações superiores podem ser encontradas abaixo da superfície, levando em consideração que o fósforo pode estar precipitado.

Durante as coletas, foi possível observar diversos trechos no entorno do reservatório são intensivamente ocupados por agricultura e não possuem cobertura de vegetação ripária, que é de extrema importância para o controle da entrada de nutrientes e agrotóxicos nesse ecossistema. Portanto, recomenda-se que a vegetação ripária do entorno do reservatório e das margens dos rios e córregos que deságuam no reservatório de Itupararanga sejam restauradas, assim como o controle e tratamento dos efluentes domésticos lançados no reservatório, visando a sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Sorocaba.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- ADAMS, S. M.; BROWN, A. M.; GOEDE, R. W. A quantitative health assessment index for rapid evaluation of fish condition in the field. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 122, p. 63-73, 1993.
- AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S. M.; GOMES, L. C. Conservation of the biodiversity of Brazil's inland waters. **Conservation Biology**, v. 19, p. 646-652, 2005.
- ALGARTE, V. M.; SIQUEIRA, N. S.; MURAKAMI, E. A.; RODRIGUES, L. Effects of hydrological regime and connectivity on the interannual variation in taxonomic similarity of periphytic algae. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n.2, p. 609-616, 2009.
- ALIN, S. R.; O'REILLY, C. M.; COHEN, A. S.; DETTMAN, D. L.; PALACIOS-FEST, M. R.; MCKEE, B. A. Effects of land-use change on aquatic biodiversity: A view from the paleorecord at Lake Tanganyika, East Africa. **Geology**, v. 30, p. 1143-1146, 2002.
- ALOI, J.E. A critical review of recent freshwater Periphyton field methods. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.47, p. 656-670, 1990.
- APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Ed. 21. Washington DC: American Public Health Association, 2005.
- AZIM, M. E.; BEVERIDGE, M. C. M.; VAN DAM, A. A.; VERDEGEM, M. C. J. **Periphyton and aquatic production: an introduction**. In: AZIM, M. E. V.; VAN DAM; A. A., BEVERIDGE, M.C.M (Ed.), Periphyton – Ecology, exploitation and management. CAB International, Wallingford. 2005.
- BAFFICO, G. D. Variations in the periphytic community structure and dynamics of Lake Nahuel Huapi (Patagonia, Argentina). **Hydrobiologia**, v. 455, p. 79-85, 2001.
- BARBOLA, I. F.; MORAES, M. F. P. G.; ANAZAWA, T. M.; NASCIMENTO, E. A.; SEPKA, E. R.; POLEGATTO, C. M.; MILLEO, J.; SCHUEHLI, G. S. Evaluation of the aquatic macroinvertebrate community as a tool for monitoring a reservoir in the Pitangui river basin, Parana, Brazil. **Iheringia Serie Zoologia**, v. 101, p. 15-23, 2011.
- BEGHELLI, F. G. S.; ARRUDA, E. P. Bentos. In: BEU, S. E.; SANTOS, A. C. A.; CASALI, S (ed.). **Biodiversidade na APA Itupararanga: Condições atuais e**

- perspectivas futuras.** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Fundação para a Conservação e Produção Florestal do Estado de São Paulo, Universidade Federal de São Carlos, Concessão de Rodovias CCR/ Via Oeste, 2011, p. 123-133.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R. & HARPER, J.L. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas.** São Paulo: Artmed, 2007. 740p.
- BEITINGER, T. L. Behavioral reactions for the assessment of stress in fishes. **Journal of Great Lakes Research**, v. 16, p. 495-528, 1990.
- BERE, T.; TUNDISI, J. G. Applicability of borrowed diatom-based water quality assessment indices in streams around Sao Carlos-SP, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 673, p. 179-192, 2011.
- BICUDO, C. E. M.; FAUSTINO, S. M. M.; GODINHO, L. R.; OLIVEIRA, M. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas 24: Zygnemaphyceae (Desmidiaceae: *Octacanthium*, *Staurastrum* e *Staurodesmus*). **Hoehnea**, v. 34, p. 494-517, 2007.
- BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil** (Chave de identificação e descrições) (2ª ed.). São Carlos : RiMa, 2006.
- BICUDO, D.C. Considerações sobre metodologias de contagem de algas do perifíton. **Acta Limnológica Brasiliensis**, v. 3, n. 1, p. 459-475, 1990.
- BIEGER, L.; CARVALHO, A. B. P.; STRIEDER, M. N.; MALTCHIK, L.; STENERT, C. Are the streams of the Sinos River basin of good water quality? Aquatic macroinvertebrates may answer the question. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, p. 1207-1215, 2010.
- BIGGS, B. J. F. Patterns in benthic algae of streams. In: STEVENSON, R.J.; BOTHWELL, M.L. & LOWE, R.L. (Ed). **Algal ecology – Freshwater benthic ecosystems.** California: Academic Press, 1996. p 31-56.
- BIGGS, B. J. F.; CLOSE, M. E. Periphyton Biomass Dynamics in Gravel Bed Rivers - the Relative Effects of Flows and Nutrients. **Freshwater Biology**, v. 22, p. 209-231, 1989.
- BIGGS, B. J. F; KILROY, C. **Stream Periphyton Monitoring Manual.** Christchurch, New Zealand: The New Zealand Ministry for the Environment. NIWA, 2000.
- BORDUQUI, M., FERRAGUT, C. Factors determining periphytic algae succession in a tropical hypereutrophic reservoir. **Hydrobiologia**, p. 1-14, 2011.
- BORDUQUI, M.; FERRAGUT, C. Factors determining periphytic algae succession in a tropical hypereutrophic reservoir. **Hydrobiologia**, v. 638, p. 109-122, 2012.

- BORDUQUI, M.; FERRAGUT, C.; BICUDO, C. E. M. Chemical composition and taxonomic structure vertical and seasonal variation of periphyton community in a shallow hypereutrophic reservoir (Garças Reservoir, São Paulo, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 20, p. 381-392, 2008.
- BORGES, P. A. F.; TRAIN, S.; DIAS, J. D.; BONECKER, C. C. Effects of fish farming on plankton structure in a Brazilian tropical reservoir. **Hydrobiologia**, v. 649, p. 279-291, 2010.
- BOTTINO, F.; PAVÃO, A. C.; BENASSI, R. F.; SANTOS, A. C. A.; CALIJURI, M. C. Macrófitas aquáticas no reservatório de Ituparanga. In: BEU, S. E.; SANTOS, A. C. A.; CASALI, S (ed.). **Biodiversidade na APA Ituparanga: Condições atuais e perspectivas futuras**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Fundação para a Conservação e Produção Florestal do Estado de São Paulo, Universidade Federal de São Carlos, Concessão de Rodovias CCR/ Via Oeste, 2011, p. 134-139.
- BRANCO, C. W. C.; SENNA, P. A. C. Relations among heterotrophic bacteria, chlorophyll-a, total phytoplankton, total zooplankton and physical and chemical features in the Paranoa reservoir, Brasília, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 337, p. 171-181, , 1996.
- BUSS, D. F.; BORGES, E. L. Application of Rapid Bioassessment Protocols (RBP) for benthic macroinvertebrates in Brazil: Comparison between sampling techniques and mesh sizes. **Neotropical Entomology**, v. 37, p. 288-295, 2008.
- CARPENTER, S. R.; CARACO, N. F.; CORRELL, D. L.; HOWARTH, R. W.; SHARPLEY, A. N.; SMITH, V. H. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. **Ecological Applications**, v. 8, p. 559-568, 1998.
- CARVALHO, M.C. **Comunidade fitoplanctônica como instrumento de biomonitoramento de reservatórios no Estado de São Paulo**. 2003. 130 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CETTO, J. M.; LEANDRINI, J. A.; FELISBERTO, S. A.; RODRIGUES, L. Periphyton algae community in Irai reservoir, Paraná state, Brazil. **Acta Scientiarum**, v. 26, p. 1-7, 2004.
- CHELLAPPA, N. T.; CHELLAPPA, S. L.; CHELLAPPA, S. Harmful phytoplankton blooms and fish mortality in a eutrophicated reservoir of Northeast Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, p.833-841, 2008.

- CIIAGRO, 2011: Centro integrado de Informações agrometeorológicas. Disponível em: [www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline](http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline). Acesso em fev. 2012
- COLE, J. J.; CARACO, N. F.; KLING, G. W.; KRATZ, T. K. Carbon-Dioxide Supersaturation in the Surface Waters of Lakes. **Science**, v. 265, p. 1568-1570, 1994
- COLE, J. J.; PRAIRIE, Y. T.; CARACO, N. F.; MCDOWELL, W. H.; TRANVIK, L. J.; STRIEGL, R. G.; DUARTE, C. M.; KORTELAINEN, P.; DOWNING, J. A.; MIDDELBURG, J. J.; MELACK, J. Plumbing the global carbon cycle: Integrating inland waters into the terrestrial carbon budget. **Ecosystems**, v. 10, p. 171-184, 2007.
- COLPO, K. D.; BRASIL, M. T.; CAMARGO, B. V. Benthic macroinvertebrates as indicators of environmental impact promoted by rice crop flood and by urban/industrial effluents. **Ciência Rural**, p. 39, v. 2087-2092, 2009.
- CONCEIÇÃO, F. T.; SARDINHA, D. D.; NAVARRO, G. R. B.; ANTUNES, M. L. P.; ANGELUCCI, V. A. Rainwater Chemical Composition and Annual Atmospheric Deposition at Alto Sorocaba Basin (Sp). **Química Nova**, v. 34, p. 610-658, 2011.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005**. Ministério do Meio Ambiente, 2005.
- CROSSETTI, L. O.; BICUDO, C. E. M. Phytoplankton as a monitoring tool in a tropical urban shallow reservoir (Garcas Pond): the assemblage index application. **Hydrobiologia**, v. 610, p. 161-173, 2008.
- CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. C. Seasonal variation of phytoplankton functional groups in the arms of a tropical reservoir with multiple uses (SP, Brazil). **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, p. 822-831, 2011.
- CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. D. Limiting factors for phytoplankton growth in subtropical reservoirs: the effect of light and nutrient availability in different longitudinal compartments. **Lake and Reservoir Management**, v. 27, p. 162-172, 2011
- CUNHA, D. G.; BOTTINO, F.; CALLIJURI, M. C. Land use influence on eutrophication-related water variables: case study of tropical rivers with different degrees of anthropogenic interference. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 22, p. 35-45, 2010
- DE BRABANDERE, L.; FRAZER, T. K., MONTOYA, J. P. Stable nitrogen isotope ratios of macrophytes and associated periphyton along a nitrate gradient in two subtropical, spring-fed streams. **Freshwater Biology**, v. 52, p. 1564-1575, 2007.

- DE LA PENA, S.; BARREIRO, R. Biomonitoring acidic drainage impact in a complex setting using periphyton. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 150, p. 351-363, 2009.
- DOYLE, R. D.; FISCHER, T. R. Nitrogen fixation by periphyton and plankton on the Amazon floodplain at Lake Calado. **Biogeochemistry**, v. 26, n. 1, p. 41-66, 1994.
- DUARTE, I. C. S.; SILVA, V. F. V. Diversidade de microorganismos. In: BEU, S. E.; SANTOS, A. C. A.; CASALI, S (ed.). **Biodiversidade na APA Itupararanga: Condições atuais e perspectivas futuras**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Fundação para a Conservação e Produção Florestal do Estado de São Paulo, Universidade Federal de São Carlos, Concessão de Rodovias CCR/ Via Oeste, 2011, p.108-114.
- DUDGEON, D.; ARTHINGTON, A. H.; GESSNER, M. O.; KAWABATA, Z. I.; KNOWLER, D. J.; LEVEQUE, C.; NAIMAN, R. J.; PRIEUR-RICHARD, A. H.; SOTO, D.; STIASSNY, M. L. J.; SULLIVAN, C. A. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. **Biological Reviews**, v. 81, p. 163-182, 2006.
- ELSDON, T. S.; LIMBURG, K. E. Nutrients and their duration of enrichment influence periphyton cover and biomass in rural and urban streams. **Marine and Freshwater Research**, v. 59, p. 467-476, 2008.
- ENNES, R.; GALO, M. D. L. B. T.; TACHIBANA, V. M. Spectral characterization of water in Itupararanga reservoir, SP, from hyperspectral Hyperion images and derivative analysis. **Boletim de Ciências Geodesicas**, v. 16, p. 86-104, , 2010.
- ENRICH-PRAST, A. & PINHO, L. Ciclo do carbono em ecossistemas aquáticos continentais brasileiros. **Oecologia Brasiliensis**, v.12, n.1, p. 03-05, 2008.
- ESTEVEES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência. 1998. 602p. 2 ed.
- FEARNSIDE, P. M. Environmental impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. **Environmental Management**, v. 27, p. 377-396, 2001.
- FEARNSIDE, P. M. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications. **Water Air and Soil Pollution**, v. 133, p. 69-96, 2002.

- FELISBERTO, S.A. & RODRIGUES, L. Periphytic community of reservoirs cascade in the Paranapanema river, Brazil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v.27, n. 3, p.215-223, 2005.
- FERMINO, F. S.; BICUDO, C. E. M.; BICUDO, D. C. Seasonal influence of nitrogen and phosphorus enrichment on the floristic composition of the algal periphytic community in a shallow tropical, mesotrophic reservoir (São Paulo, Brazil). **Oecologia Australis**, v. 15, p. 476-493, 2011.
- FERNANDES, V. O.; ESTEVES, F. A. The use of indices for evaluating the periphytic community in two kinds of substrate in Imboassica Lagoon, Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 63, p. 233-243, 2003.
- FERRAGUT, C., BICUDO, D. C. Effect of different levels of phosphorus enrichment on periphyton community structure in a tropical oligotrophic reservoir (São Paulo, Brazil). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, p. 571-585, 2009.
- FERRAGUT, C.; BICUDO, D.C. Effect of different levels of phosphorus enrichment on periphyton community structure in a tropical oligotrophic reservoir (São Paulo, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 32, p. 571-585, 2009.
- FERRAGUT, C.; LOPES, M. R. M.; BICUDO, D. C.; BICUDO, C. E. M.; VERCELLINO, I. S. Ficoflórula perifítica e planctônica (exceto Bacillariophyceae) de um reservatório oligotrófico raso (Lago do IAG, São Paulo). **Hoehnea**, v. 32, p. 137-184, 2005.
- FERRAGUT, C.; RODELLO, A. F.; BICUDO, C. E. M.. Seasonal variability of periphyton nutrient status and biomass on artificial and natural substrates in a tropical mesotrophic reservoir. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 22, p. 397-409, 2010.
- FIGUEIRÊDO, M.C.B.; TEIXEIRA, A.S.; ARAÚJO, L.F.P.; ROSA, M.F.; PAULINO, W.D.; MOTA, S. & ARAÚJO, J.C. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. **Engenharia Saniária e Ambiental**, v. 12, n.4, p. 399-409, 2007.
- FROST, P. C.; CHERRIER, C. T.; LARSON, J. H.; BRIDGHAM, S.; LAMBERTI, G. A. Effects of dissolved organic matter and ultraviolet radiation on the accrual, stoichiometry and algal taxonomy of stream periphyton. **Freshwater Biology**, v. 52, p. 319-330, 2007



- FROST, P. C.; ELSER, J. J. Effects of light and nutrients on the net accumulation and elemental composition of epilithon in boreal lakes. **Freshwater Biology**, v. 47, p. 173-183, 2002.
- FROST, P. C.; HILLEBRAND, H.; KAHLERT, M. Low algal carbon content and its effect on the C : P stoichiometry of periphyton. **Freshwater Biology**, v. 50, p. 1800-1807, 2005.
- GILLER, P. S.; HILLEBRAND, H.; BERNINGER, U. G.; GESSNER, M. O.; HAWKINS, S.; INCHAUSTI, P.; INGLIS, C.; LESLIE, H.; MALMQVIST, B.; MONAGHAN, M. T.; MORIN, P. J.; O'MULLAN, G. Biodiversity effects on ecosystem functioning: emerging issues and their experimental test in aquatic environments. **Oikos**, v. 104, p. 423-436, 2004.
- GODWIN, C.M.; ARTHUR, M.A. & CARRICK, H.J. Periphyton nutrient status in a temperate stream with mixed land-uses: implications for watershed storage. **Hydrobiologia**, v. 623, p. 141-152, 2009.
- GUARIENTO, R. D.; CALIMAN, A.; ESTEVES, F. A.; BOZELLI, R. L.; ENRICH-PRAST, A.; FARJALLA, V.F. Substrate influence and temporal changes on periphytic biomass accrual and metabolism in a tropical humic lagoon. **Limnologia**, v. 39, p. 209-218, 2009.
- GUARIENTO, R. D.; CARNEIRO, L. S.; CALIMAN, A.; LEAL, J. J. F.; BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F.A. Food Web Architecture and Basal Resources Interact to Determine Biomass and Stoichiometric Cascades along a Benthic Food Web. **Plos One**, n. 6, 2011
- GUARIENTO, R.D., CARNEIRO, L.S., CALIMAN, A., BOZELLI, R.L., ESTEVES, F.A. How light and nutrients affect the relationship between autotrophic and heterotrophic biomass in a tropical black water periphyton community. **Aquatic Ecology** 45, 561-569, 2007.
- GUASCH, H.; SABATER, S. Light history influences the sensitivity to atrazine in periphytic algae. **Journal of Phycology**, v. 34, p. 233-241, 1998.
- GUILDFORD, S. J.; HECKY, R. E. Total nitrogen, total phosphorus, and nutrient limitation in lakes and oceans: Is there a common relationship? **Limnology and Oceanography**, v. 45, p. 1213-1223, 2000.
- HAGLUND, A. L., HILLEBRAND, H. The effect of grazing and nutrient supply on periphyton associated bacteria. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 52, p. 31-41, 2005.

- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. PAST: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. **Paleontologia Electronica**, v.4, p. 9, [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm). 2001.
- HENRY, R.; NUNES, M.A.; MITSUKA, P.M.; LIMA, N. DE.. & CASANOVA, S.M.C. Variação espacial e temporal da produtividade primária pelo fitoplâncton na represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 58, n.4, p. 571-590, 1998.
- HILL, W. R.; MIDDLETON, R. G. Changes in carbon stable isotope ratios during periphyton development. **Limnology and Oceanography**, v. 51, p. 2360-2369, 2006.
- HILLEBRAND, H.; FROST, P.; LIESS, A. Ecological stoichiometry of indirect grazer effects on periphyton nutrient content. **Oecologia**, v. 155, p. 619-630, 2008.
- JASCHINSKI, S.; BREPOHL, D.C.; SOMMER, U. The trophic importance of epiphytic algae in a freshwater macrophyte system (*Potamogeton perfoliatus* L.): stable isotope and fatty acid analyses. **Aquatic Sciences**, v. 73, p. 91-101, 2011.
- KAHLERT, M.; HASSELROT, A. T.; HILLEBRAND, H.; PETTERSSON, K. Spatial and temporal variation in the biomass and nutrient status of epilithic algae in Lake Erken, Sweden. **Freshwater Biology**, v. 47, p. 1191-1215, 2002.
- KENNEDY, R. H.; TUNDISI, J. G.; STRASKRABOVA, V.; LIND, O. T.; HEJZLAR, J. Reservoirs and the limnologist's growing role in sustainable water resource management. **Hydrobiologia**, v. 504, p. XI-XII, , 2003.
- KHALIL, M. A. K.; RASMUSSEN, R. A. Carbon-monoxide in the earths atmosphere - indications of a global increase. **Nature**, v. 332, p. 242-245, 1988.
- KNIFFIN, M.; NEILL, C.; MCHORNEY, R.; GREGORY, G. Nutrient Limitation of Periphyton and Phytoplankton in Cape Cod Coastal Plain Ponds. **Northeastern Naturalist**, v. 16, p. 395-408, 2009.
- KOHLER, T. J.; MURDOCK, J. N.; GIDO, K. B.; DODDS, W. K. Nutrient loading and grazing by the minnow *Phoxinus erythrogaster* shift periphyton abundance and stoichiometry in mesocosms. **Freshwater Biology**, v. 56, p. 1133-1146, 2011.
- LAKATOS, G. Composition of reed periphyton (biotecton) in the Hungarian part of lake Fertő. **Biol. Forschun. für Burg**, v. 71, p. 125-134, 1989.
- LEANDRINI, J.A., FONSECA, I.A., RODRIGUES, L. Characterization of habitats based on algal periphyton biomass in the upper Paraná River floodplain, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, p. 503-509, 2008.

- LEGENDRE, L. & LEGENDRE, P. **Numerical Ecology**. 2nd ed. New York: Elsevier. 1998. 853p.
- LIBORIUSSEN, L., JEPPESEN, E. Periphyton biomass, potential production and respiration in a shallow lake during winter and spring. **Hydrobiologia**, v. 632, p. 201-210, 2009.
- LOURENÇO, R. W.; ROSA, A. H.; FRACETO, L. F.; MOSCHINI-CARLOS, V.; GUANDIQUE, M. E. G.; PEÇANHA, M. P.; FRANCO, A. J. Hydrological analysis of the high watershed of Sorocaba and Middle Tietê rivers, Brazil. In: BIBLIO, C.; HENSEL, O.; SELBACH, J. (Eds.), **Sustainable water management in the tropics and subtropics and case studies in Brazil**. Fundação Universidade Federal do Pampa, UNIKASSEL, PGCult-UFMA, Jaguarão, RS, p. 697, 2011.
- LOWE, R.L. Periphyton patterns in lakes. In: STEVENSON, R.J.; BOTHWELL, M.L. & LOWE, R.L. (Ed). **Algal ecology – Freshwater benthic ecosystems**. California: Academic Press, 1996. p 57-76.
- LUND, J. W. G.; KIPLING, C.; LE-CREN, E. D. The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimating by counting. **Hydrobiologia**, v. 11, p. 143-170, 1958.
- MACKERETH, F. J. H.; HERON, J.; TALLING, J. F. **Water analysis: some revised methods for limnologists**. Kendall: Ed. Wilson, Son Ltd. (Scientific Publication, no. 39), 1978.
- MACLEOD, N. A.; BARTON, D. R. Effects of light intensity, water velocity, and species composition on carbon and nitrogen stable isotope ratios in periphyton. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 55, p. 1919-1925, 1998.
- MARGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. Princenton: Princenton University Press. 1991. 179p.
- MESSYASZ, B.; KUCZYNSKA-KIPPEN, N. Periphytic algal communities: A comparison of *Typha angustifolia* L. and *Chara tomentosa* L. beds in three shallow lakes (West Poland). **Polish Journal of Ecology**, v. 54, p. 15-27, 2006.
- MIWA, A. C. P.; BOTTINO, F.; SANTOS, A. C. A.; CALIJURI, M. C. Limnologia do reservatório de Itupararanga. In: BEU, S. E.; SANTOS, A. C. A.; CASALI, S (ed.). **Biodiversidade na APA Itupararanga: Condições atuais e perspectivas futuras**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Fundação para a Conservação e Produção Florestal do Estado de São Paulo, Universidade Federal de São Carlos, Concessão de Rodovias CCR/ Via Oeste, 2011, p. 65-71.

- MOÇO, M. K. S.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. A.; CORREIA, M. E. F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte Fluminense. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 29, n.4, p. 555-564, 2005
- MONTUELLE, B.; DORIGO, U.; BERARD, A.; VOLAT, B.; BOUCHEZ, A.; TLILI, A.; GOUY, V.; PESCE, S. The periphyton as a multimetric bioindicator for assessing the impact of land use on rivers: an overview of the ArdiSres-Morcille experimental watershed (France). **Hydrobiologia**, v. 657, p. 123-141, 2010.
- MORAIS, S. S.; MOLOZZI, J.; VIANA, A. L.; VIANA, T. H.; CALLISTO, M. Diversity of larvae of littoral Chironomidae (Diptera: Insecta) and their role as bioindicators in urban reservoirs of different trophic levels. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, p. 995-1004, 2010.
- MORENO, P.; CALLISTO, M. Benthic macroinvertebrates in the watershed of an urban reservoir in southeastern Brazil. **Hydrobiologia**, v. 560, p. 311-321, 2006.
- MORESCO, C., RODRIGUES, L. Periphytic cyanobacterial community from Segredo and Iraí reservoirs, State of Parana, Brazil. **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v. 28, p. 335-345, 2006.
- MOSCHINI-CARLOS, V. Importância, estrutura e dinâmica da comunidade perifítica nos ecossistemas aquáticos continentais. In: Pompêo, M.L.M. (ed.) **Perspectivas da Limnologia no Brasil**, São Luís: Gráfica e Editora União, 1999. cap. 6, p. 1-11.
- MOSCHINI-CARLOS, V. Periphyton on natural substratum in jurumirim reservoir (São Paulo, Brazil): Community biomass and primary productivity. **International Journal of Ecology and Environmental Sciences**, v. 27, p. 171-177, 2001.
- MOSCHINI-CARLOS, V.; POMPÊO, M. L. M.; HENRY, R. Temporal variation in C, N and P of the periphyton on tropical aquatic macrophyte *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitch. In Jurumirim reservoir (São Paulo, Brasil). **Japanese Journal of Limnology**, v. 59, p. 281-294, 1998.
- MOSCHINI-CARLOS, V.; HENRY, R. Aplicacao de indices para a classificacao do perifiton em substratos natural e artificial na zona de desembocadura do Rio Paranapanema (Represa de Jurumirim), SP. **Brazilian Journal of Biology**, v. 57, p. 655-663, 1997.

- MOSCHINI-CARLOS, V.; HENRY, R.; POMPEO, M. L. M. Seasonal variation of biomass and productivity of the periphytic community on artificial substrata in the Jurumirim Reservoir (Sao Paulo, Brazil). **Hydrobiologia**, v. 434, p. 35-40, 2000.
- MOSCHINI-CARLOS, V.; POMPEO, M. L. M.; HENRY, R.; ROCHA, O. Temporal variation in the structure of periphytic algal communities on an artificial substrate in the Jurumirim Reservoir, SP, Brazil. **International Association of Theoretical and Applied Limnology**, v. 26, p. 1758-1763, 1998.
- NEDERLANDSE NORM, 1981: NEM 6520 **Water: spectrofotometrische bepaling van het gehalte aan chlorofyl-a**. Nederlands Normalisatie-instituut, The Netherland.
- NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R.; MARICATTO, F. E. Spatial and temporal heterogeneity in the Jurumirim Reservoir, São Paulo, Brazil. **Lakes & Reservoirs: Research and Management**, v. 4, p. 107-120, 1999.
- NUSH, E.A. Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. **Archiv für Hydrobiologie–Beiheft Ergebnisse der Limnologie**, V.14, p. 14-36, 1980.
- O'BRIEN, P. J.; WEHR, J. D. Periphyton biomass and ecological stoichiometry in streams within an urban to rural land-use gradient. **Hydrobiologia**, v. 657, p. 89-105, 2010.
- OLIVEIRA, D. E.; FERRAGUT, C.; BICUDO, D. C. Relationships between environmental factors, periphyton biomass and nutrient content in Garças Reservoir, a hypereutrophic tropical reservoir in southeastern Brazil. **Lakes & Reservoirs: Research and Management**, v. 15, p. 129-137, 2010
- PEGORARO, R. F.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; FONSECA, S., DAMBROZ, C.S. Carbon and Nitrogen Stocks in Organic Matter Fractions in Alfisol under Eucalypt and Pasture. **Ciencia Florestal**, v. 21, p. 261-273, 2011.
- PEREIRA, A. C. F. **Desenvolvimento de método para inferência de características físicas da água associadas às variações espectrais. Caso de estudo: Reservatório de Itupararanga/SP**. 2008. 206 f. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus Presidente Prudente, Presidente Prudente.
- PETRUCIO, M.; BARBOSA, F.; FURTADO, A. Bacterioplankton and phytoplankton production in seven lakes in the Middle Rio Doce basin, south-east Brazil. **Limnologica**, v. 36, p. 192-203, 2006.

- PETRUCIO, M.; BARBOSA, F.; THOMAZ, S. Bacteria and phytoplankton production rates in eight river stretches of the Middle Rio Doce Hydrographic Basin (Southeast Brazil). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, p. 487-496, 2005.
- PINTO-COELHO, R. M. Effects of eutrophication on seasonal patterns of mesozooplankton in a tropical reservoir: a 4-year study in Pampulha Lake, Brazil. **Freshwater Biology**, v. 40, p. 159-173, 1998.
- PINTO-COELHO, R.; PINEL-ALLOUL, B.; METHOT, G.; HAVENS, K. E. Crustacean zooplankton in lakes and reservoirs of temperate and tropical regions: variation with trophic status. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 62, p. 348-361, 2005.
- PINTO-COELHO, R.M.; BEZERRA-NETO, J.F. & MORAIS-JR., C.A. Effects of eutrophication on size and biomass of crustacean zooplankton in a tropical reservoir. **Brazilian Journal of Biology**, v. 62, n. 2, p. 325-338, 2005.
- PIZARRO, H. Periphyton biomass on *Echinochloa polystachya* (HBK) hitch. of a lake of the Lower Parana River floodplain, Argentina. **Hydrobiologia**, v. 397, p. 227-239, 1999.
- PORTER, S.D.; MUELLER, D.K.; SPAHR, N.E.; MUNN, M.D. & DUBROVSKY, N.M. Efficacy of algal metrics for assessing nutrient and organic enrichment in flowing Waters. **Freshwater Biology**, v. 53, p.1036-1054, 2008.
- POWER, M. E.; DIETRICH, W. E.; FINLAY, J. C. Dams and downstream aquatic biodiversity: Potential food web consequences of hydrologic and geomorphic change. **Environmental Management**, v. 20, p. 887-895, 1996.
- PUSCEDDU, A., GAMBI, C., MANINI, E., DANOVARO, R. Trophic state, ecosystem efficiency and biodiversity of transitional aquatic ecosystems: analysis of environmental quality based on different benthic indicators. **Chemistry and Ecology**, v. 23, p. 505-515, 2007.
- QUEIROZ, R.P., IMAI, N.N. Mapeamento das atividades antrópicas na área de entorno do reservatório de Itupararanga- SP: Uma abordagem baseada na diminuição gradativa do grau de complexidade da cena interpretada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. INPE, Florianópolis, SC. **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis, 2007, p. 1039-1045.
- RELYEA, R. A. The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities. **Ecological Applications**, v. 15, p. 618-627, 2005.

- RIBEIRO FILHO, R. A.; PETRERE, M.; BENASSI, S. F.; PEREIRA, J. M. A. Itaipu Reservoir limnology: Eutrophication degree and the horizontal distribution of its limnological variables. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, p. 889-902, 2011.
- RIBEIRO, S. C.; FEHRMANN, L.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. G.; KLEINN, C., GASPAR, R. D. Above- and belowground biomass in a Brazilian Cerrado. **Forest Ecology and Management**, v. 262, p. 491-499, 2011.
- ROCHE, H.; BOGE, G. Fish blood parameters as a potential tool for identification of stress caused by environmental factors and chemical intoxication. **Marine Environmental Research**, v. 41, p. 27-43, 1996.
- RODRIGUES, L., BICUDO, D.C. Similarity among periphyton algal communities in a lentic-lotic gradient of the upper Parana river floodplain, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, p. 235-248, 2001.
- ROUND, F. E. **The Biology of the algae**. London: Edward Arnold (Publishers) Ltd. 1965.
- SALIMON, C.I., PUTZ, F.E., MENEZES, L., ANDERSON, A., SILVEIRA, M., BROWN, I.F., OLIVEIRA, L.C. Estimating state-wide biomass carbon stocks for a REDD plan in Acre, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 262, p. 555-560, 2011.
- SANCHES, L. F.; GUARIENTO, R. D.; CALIMAN, A.; BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A. Effects of nutrients and light on periphytic biomass and nutrient stoichiometry in a tropical black-water aquatic ecosystem. **Hydrobiologia**, v. 669, p. 35-44, 2011.
- SANDERSON, B. L.; COE, H. J.; TRAN, C. D.; MACNEALE, K. H.; HARSTAD, D. L.; GOODWIN, A. B. Nutrient limitation of periphyton in Idaho streams: results from nutrient diffusing substrate experiments. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 28, p. 832-845, 2009.
- SANTOS, A. C. A.; VARGAS, S. R.; BEGHELLI, F. G. S.; CALIJURI, M. C. Plâncton. In: BEU, S. E.; SANTOS, A. C. A.; CASALI, S (ed.). **Biodiversidade na APA Itupararanga: Condições atuais e perspectivas futuras**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Fundação para a Conservação e Produção Florestal do Estado de São Paulo, Universidade Federal de São Carlos, Concessão de Rodovias CCR/ Via Oeste, 2011, p.115-122.
- SARDINHA, D. S.; BONOTTO, D. M.; CONCEIÇÃO, F. T. Weathering rates at Alto Sorocaba basin, Brazil, using U-isotopes and major cations. **Environmental Earth Sciences**, v. 61, p. 1025-1036, 2010.

- SECCHIN, L. F. *no prelo: Caracterização ambiental e avaliação da produção de cargas difusas da área de drenagem da represa de Itupararanga, SP.* Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.
- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE . **Relatório de qualidade ambiental do Estado de São Paulo 2006. Informações referentes à 2005.** 2007. Disponível em [HTTP://www.ambiente.sp.gov.br](http://www.ambiente.sp.gov.br). Acesso em 01 mar. 2010
- SHARIFI, M., GHAFORI, M. Effects of added nutrients on dry mass, AFDM, chlorophyll a and biovolume of periphyton algae in artificial streams. **Iranian Journal of Science and Technology Transaction a-Science**, v. 29, p. 29-38, 2005.
- SLÁDECKOVÁ, A.; MARVAN, P. & VYMAZAL, J. The utilization of Periphyton in waterworks pré-treatment for nutrient removal from enriched influents. In: WETZEL, R. G. (Ed.) **Periphyton of freshwater ecosystems**. The Hague, Dr. W. Junk, 1983. p. 299-303. (Developments in Hydrobiology, 17).
- SMITH, S. M.; LEE, K. D. Responses of periphyton to artificial nutrient enrichment in freshwater kettle ponds of Cape Cod National Seashore. **Hydrobiologia**, v. 571, p. 201-211, 2006.
- SMITH, W. S. & PETRERE JR, M. Caracterizacao Limnologica da bacia de drenagem do rio Sorocaba, Sao Paulo, Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 12, n. 2, p. 15-27, 2000.
- SMITH, W. S. & PETRERE JR, M. Peixes em represas: o caso de Itupararanga. **Ciência Hoje**, v. 29, n. 170, p. 74-77, 2001.
- SMITH, W. S., PETRERE, M. Spatial and temporal patterns and their influence on fish community at Itupararanga Reservoir, Brazil. **Revista de Biologia Tropical**, v. 56, p. 2005-2020, 2008.
- SMITH, W. S.; RIBEIRO, A. R.; BIAGIONI, R. C. A ictiofauna da represa de Itupararanga, Bacia do Alto Sorocaba, SP, Brasil. In: BEU, S. E.; SANTOS, A. C. A.; CASALI, S (ed.). **Biodiversidade na APA Itupararanga: Condições atuais e perspectivas futuras**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Fundação para a Conservação e Produção Florestal do Estado de São Paulo, Universidade Federal de São Carlos, Concessão de Rodovias CCR/ Via Oeste, 2011, p. 140-150.



- STARLING, F.; LAZZARO, X.; CAVALCANTI, C.; MOREIRA, R. Contribution of omnivorous tilapia to eutrophication of a shallow tropical reservoir: evidence from a fish kill. **Freshwater Biology**, v. 47, p. 2443-2452, 2002.
- STATISTICA ver. 8.0. Data analysis software system. StatSoft Inc. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com), 2007.
- STEVENSON, R. J.; BAHLS, L. L. Periphyton protocols. In: BARBOUR, M.T.; GERRITSEN, J., SNYDER, B. D.; STRIBLING, J. B. **Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish**, Second Edition. Washington, D.C.: EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; 1999.
- STEVENSON, R. J.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. **Algal ecology : freshwater benthic ecosystems**. Academic, San Diego ; London. 1996.
- STEVENSON, R.J. An introduction to algal ecology in freshwater benthic habitats. In: STEVENSON, R.J.; BOTHWELL, M.L. & LOWE, R.L. (Ed). **Algal ecology – Freshwater benthic ecosystems**. California: Academic Press, 1996. p. 3-30.
- THORNTON, K. W.; KIMMEL, B. L.; PAYNE, F. E. **Reservoir limnology ecological perspectives**. Wiley, New York. 1990.
- TORGAN, L. C. **Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica na laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil em um ciclo anual**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP. 1987, 284 p.
- TORRES, I.; RESCK, R.; PINTO-COELHO, R. Mass balance estimation of nitrogen, carbon, phosphorus and total suspended solids in the urban eutrophic Pampulha reservoir, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 19, p. 79-91, 2007.
- TRANVIK, L. J.; DOWNING, J. A.; COTNER, J. B.; LOISELLE, S. A.; STRIEGL, R. G.; BALLATORE, T. J.; DILLON, P.; FINLAY, K.; FORTINO, K.; KNOLL, L. B.; KORTELAJINEN, P. L.; KUTSER, T.; LARSEN, S.; LAURION, I.; LEECH, D. M.; MCCALLISTER, S. L.; MCKNIGHT, D. M.; MELACK, J. M.; OVERHOLT, E.; PORTER, J. A.; PRAIRIE, Y.; RENWICK, W. H.; ROLAND, F.; SHERMAN, B. S.; SCHINDLER, D. W.; SOBEK, S.; TREMBLAY, A.; VANNI, M. J.; VERSCHOOR, A. M.; VON WACHENFELDT, E.; WEYHENMEYER, G. A. Lakes and reservoirs as regulators of carbon cycling and climate. **Limnology and Oceanography**, v. 54, p. 2298-2314, 2009.

- TRUDEAU, V.; RASMUSSEN, J. B. The effect of water velocity on stable carbon and nitrogen isotope signatures of periphyton. **Limnology and Oceanography**, v. 48, p. 2194-2199, 2003.
- TUNDISI, J. G. Gerenciamento integrado de bacias hidrográficas e reservatórios: Estudos de caso e perspectivas. In: NOGUEIRA, M.G., HENRY, R., JORCIN, A. (Eds.), **Ecologia de reservatórios**. Rima, São Carlos, SP, p. 472, 2006.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Integration of research and management in optimizing multiple uses of reservoirs: the experience in South America and Brazilian case studies. **Hydrobiologia**, v. 500, p. 231-242, 2003.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. E. M. Reservoirs and human well being: new challenges for evaluating impacts and benefits in the neotropics. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, p. 1133-1135, 2008.
- TUNDISI, J.G. Perspectives for ecological modelling of tropical and subtropical reservoirs in South America. **Ecological Modelling**, v. 52, p. 7-20, 1990.
- TUNDISI, J.G., MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. Rima, São Carlos, SP. 2008.
- UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplankton-methodik. **Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie**, Stuttgart, v. 9, p. 1-38, 1958.
- VERB, R. G.; VIS, M. L. Periphyton assemblages as bioindicators of mine-drainage in unglaciated western allegheny plateau lotic systems. **Water Air and Soil Pollution**, v. 161, p. 227-265, 2005.
- VERCELLINO, I.S.; BICUDO, D.C. Sucessão de comunidades de algas perifíticas em reservatório oligotrófico tropical (São Paulo, Brasil): comparação entre período seco e chuvoso. **Revista Brasileira de Botânica**, v.29, nº3, p. 363-377, 2006.
- VIEIRA, L. C. G.; BINI, L. M.; VELHO, L. F. M.; MAZAO, G. R. Influence of spatial complexity on the density and diversity of periphytic rotifers, microcrustaceans and testate amoebae. **Fundamental and Applied Limnology**, v. 170, p. 77-85, 2007.
- VILLENEUVE, A.; MONTUELLE, B. & BOUCHEZ, A. Influence of slight differences in environmental conditions (light, hydrodynamics) on the structure and function of Periphyton. **Aquatic Sciences**, v. 72, p. 33-44, 2010.
- WATANABE, T. Perifíton: comparação de metodologias empregadas para caracterizar o nível de poluição das águas. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.111, p.593-615, 1990.

- WESTLAKE, D.F. Comparisons of plant productivity. **Biological Reviews**, v.38, p.385-425, 1963.
- WETZEL, R. G. Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, v.24, p.6-24; 1990.
- WETZEL, R. G. Primary productivity of periphyton. **Nature**, v. 197 p. 1026-1027, 1963.
- WETZEL, R.G. **Limnology, lake and river ecosystems**.3<sup>rd</sup> edition. California : Academic Press. 2001. 1006p.
- WETZEL, R.G. Recommendations for future research on periphyton. In: WETZEL, R. G. (Ed.) **Periphyton of freshwater ecosystems**. The Hague: Dr. W. Junk, 1983, p. 339-346. (Developments in Hydrobiology, 17).