

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE AMBIENTES
AQUÁTICOS CONTINENTAIS

**BIOMASSA, PRODUTIVIDADE E NUTRIENTES DE *Salvinia herzogii* de la
Sota E *Azolla filiculoides* Lam., EM DOIS CORPOS D'ÁGUA RASOS
SUBTROPICAIS (RIO GRANDE, RS-BRASIL).**

Claudio Rossano Trindade Trindade

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Biologia de
Ambientes Aquáticos Continentais para
obtenção do Título de Mestre em
Biologia de Ambientes Aquáticos
Continentais.

Rio Grande, junho de 2008.

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

A Josi Trindade e a Priscila Trindade.

Aos meus avós Leonardo e Ondina Trindade.

A minha querida bisa Elverina Leite (98 anos) “*vó veia*”.

A todos aqueles que dedicaram e dedicam sua vida à investigação científica nos ecossistemas da Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para elaboração desta dissertação. Também sou grato a CAPES pelos recursos concedidos e a FURG pela possibilidade de realização do curso. Em especial agradeço aos professores Dr. João Yunes Sarkis pela oportunidade concedida na REFAP, aos botânicos Dr. Ubiratã Jacob, Dra. Lucia Dornelles, Dra. Ioni Collares, MsC. Vera Susin, e ao MsC. Renato Zacarias pelas contribuições na identificação das plantas, e aos professores da PG-BAAC. Aos amigos Cláudio Marinho e Marcos Barros da Universidade Federal do Rio de Janeiro, pela ajuda na elaboração dos protocolos de análises do laboratório.

Gostaria de expressar meus agradecimentos de forma especial ao Prof. Dr. Cleber Palma-Silva, orientador. Pelo apoio, estímulo e pelas oportunidades, que muito contribuíram para minha formação.

Agradecimentos pessoais

A FURG, manancial do saber, e ao Laboratório de Limnologia – FURG, meu “porto de água doce”, onde cresci e vi crescer.

Agradeço especialmente aos professores Dr. Cleber Palma-Silva e Dra. Edélti Faria Albertoni pela amizade, confiança, compreensão, pelos momentos agradáveis, pelo profissionalismo, e por terem colocado em prática seus sonhos, possibilitando, a realização de outros.

Aos queridos amigos Franko Telöken e Sabrina Amaral, pessoas maravilhosas que tive a felicidade de conhecer, pelo companheirismo e ajuda nos trabalhos de campo e laboratório.

Aos Biólogos João Anacleto e a Josiane Rovdder, que mesmo à distância, sempre estiveram presentes, transmitindo boas energias.

Aos colegas Antonio Jr. e Ubiracy Allan, pelas batalhas estatísticas. A Iara Giacomini e Fernanda Piedras, que venceram a força das águas e saíram do mar para juntar-se ao povo da água doce, pela amizade. A Letícia e Rita pelo coleguismo, amizade e dedicação (psicólogas de plantão).

A Clara de Lima e Maria Angelis (alquimistas), e a Leonardo Furlanetto, pela imensurável ajuda nas análises químicas no laboratório.

Aos dedicados professores Dr. Danilo Giroldo e Dra. Adriana Gava, a quem tenho grande apreço, pelas conversas produtivas.

Aos amigos Thiago Gralha (jogador profissional) e Wagner Terra, sempre prestativos, por todos os momentos. A Sonia Huckembeck, Flávio Visnardi Filho, Tiago Grillo (colorado), Priscila (Pri) e Eduardo (Talibãñ), companheiros de República, pela convivência.

Aos familiares que nunca deixaram de acreditar, e sempre, mesmos à distância nunca mediram esforços para ajudar.

Finalizando gostaria de agradecer aos membros da banca examinadora pelas valiosas sugestões e correções.

RESUMO

Salvinia herzogii de la Sota e *Azolla filiculoides* Lam. são macrófitas aquáticas flutuantes livres que apresentam uma ampla distribuição geográfica. No Estado do Rio Grande do Sul, ambas são encontradas colonizando diferentes corpos d'água, porém, há uma lacuna de informações regionais sobre seus aspectos bioecológicos. Visando ampliar o conhecimento destas espécies nos ambientes aquáticos rasos da região, foram determinadas a variação de biomassa, a produtividade e as concentrações de nutrientes nos tecidos de *S. herzogii* e *A. filiculoides* crescendo em ambiente natural. Os estudos foram realizados em dois lagos do campus Carreiros da Universidade Federal do Rio Grande - FURG, município do Rio Grande, RS. *Salvinia herzogii* foi coletada, em um lago mesotrófico (Lago das Dunas) em estande monoespecífico (P1) e no interior do estande de *Typha domingensis* (P2). As amostragens foram realizadas aleatoriamente, em cinco réplicas por ponto, em intervalos mensais entre fevereiro de 2007 e janeiro de 2008. Para *Azolla filiculoides* a amostragem foi aleatória em tréplicas, nos meses entre novembro de 2000 e outubro de 2001 em um lago distrófico (Lago Negro). Em ambos os estudos foram obtidos o peso seco, a concentração de nutrientes da biomassa vegetal, e estimada a taxa de produtividade primária. Paralelamente aos estudos das macrófitas, foram determinadas as variáveis limnológicas dos lagos. Nos dois ambientes, as plantas permaneceram presentes durante todo ano, mostrando uma variação sazonal de biomassa, com valores elevados entre primavera-verão, e menores entre outono-inverno. No Lago das Dunas, *S. herzogii* apresentou maiores valores de biomassa no interior do estande de *T. domingensis*, praticamente durante todo o período avaliado. Em estande monoespecífico (P1) *S. herzogii* apresentou valores de biomassa entre 83,68 e 192,38 gPS.m⁻². Neste, os valores de N-total variaram entre 25,98 e 34,25 g.Kg⁻¹, e as concentrações de P-total entre 0,59 e 2,42 g.Kg⁻¹. No interior do estande de *T. domingensis* (P2) foram registrados os maiores valores de biomassa, entre 138,30 e 270,57 gPS.m⁻², diferindo significativamente do P1. As concentrações de N-total e P-total no tecido da macrófita variaram entre 8,99 e 40,0 g.Kg⁻¹ e 0,48 e 2,31 g.Kg⁻¹, respectivamente. Os resultados indicam que *S. herzogii* encontra um habitat mais favorável para manutenção de biomassa

em associação com *T. domingensis* quando comparado a um estande monoespecífico. *Azolla filiculoides* apresentou valores de biomassa entre 170,96 gPS.m⁻² e 34,28 gPS.m⁻². A maior taxa de produtividade primária foi de 3,33 gPS.m⁻².d⁻¹, e as concentrações de C,N,P nesta planta apresentaram variações (mínima e máxima) de 403 a 551 g.Kg⁻¹, 13,4 a 25,7 g.Kg⁻¹ e 0,5 a 1,88 g.Kg⁻¹, respectivamente. As duas macrófitas são importantes compartimentos de nutrientes, apresentando variação de biomassa associada as condições de sazonalidade, e com maiores teores de nutrientes após a estação de crescimento.

Palavras-chave: *Salvinia herzogii*, *Azolla filiculoides*, macrófitas aquáticas, biomassa, lagos rasos, produtividade.

ABSTRACT

Salvinia herzogii de la Sota and *Azolla filiculoides* Lam. are free floating macrophytes, with great geographic distribution. At Rio Grande do Sul State, both of them colonizing different water bodies, but there is a lacune of regional information about their bio-ecological aspects. To improve the knowledge of these species in regional aquatic environments, were measured biomass variation, productivity and tissues nutrient concentration of both macrophytes growing in natural environments. The study was carried out in two lakes at campus Carreiros of Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Rio Grande do Sul State. *Salvinia herzogii* was collected in a mesotrophic lake (Lago das Dunas), into a monospecific stand (P1) and inside one stand of *Typha domingensis* (P2). The samplings were done random, five replicates by sampling point, at monthly interval between February 2007 and January 2008. To *Azolla filiculoides* the sampling was random, in triplicates, monthly between November 2000 and October 2001 at a dystrophic lake (Lago Negro). In either study were determined the dry weight, vegetal biomass nutrient concentration, rates of primary productivity of both macrophytes, and limnological variables of both lakes. Plants were present all of the year, showing seasonal biomass variation, with higher values in spring-summer and smallest at fall-winter. At Lago das Dunas, *S. herzogii* showed higher biomass values inside a *T. domingensis* stand during all of the year. At a monospecific stand, *S. herzogii* showed biomass values between 83.68 and 192.38 gDWm⁻². Here, total nitrogen fluctuated between 25.98 and 34.25 g.kg⁻¹, and total phosphorus between 0.59 and 2.42 g.Kg⁻¹. Inside a *T. domingensis* stand, were determined bigger biomass values, between 138.3 and 270.57 gDWm⁻², significantly different of P1. Total N and total P at macrophyte tissue exhibited values between 8.99 to 40.0 and between 0.48 and 2.31 gKg⁻¹, respectively. The results showed that *S. herzogii* found more favorable habitat for biomass support in association with *T. domingensis* when compared to a monospecific stand. *Azolla filiculoides* exhibit biomass values between 170.96 gDW.m⁻² e 34.28 gDW.m⁻². Higher productivity rate was 3.33 gDWm⁻²d⁻¹, and C,N,P concentrations in this plant presented variations (minimum and maximum) of 403 to 551 g.Kg⁻¹, 13,4 to 25,7 g.Kg⁻¹ and 0,5 to 1,88 g.Kg⁻¹, respectively. Both macrophytes are important nutrient compartments, showing biomass variation associated to seasonality, and higher nutrient values after growing season.

Key-words: *Salvinia herzogii*, *Azolla filiculoides*, aquatic macrophytes, shallow lakes, biomass, productivity

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 01 |
| 1.1. Descrição das plantas | 04 |
| 1.1.1. <i>Salvinia herzogii</i> de la Sota. | 04 |
| 1.1.2. <i>Azolla filiculoides</i> Lam. | 06 |
| 1.2. Justificativa | 07 |
| 2. OBJETIVOS | 08 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 09 |
| 3.1. Área de Estudo..... | 09 |
| 3.1.1. Aspectos Gerais da Planície Costeira do Rio Grande do Sul..... | 09 |
| 3.1.2. Aspectos Gerais do Município do Rio Grande..... | 10 |
| 3.1.3. O <i>campus</i> Carreiros | 12 |
| 3.1.4. Estações de Coleta | 14 |
| 3.1.4.1. O Lago das Dunas..... | 14 |
| 3.1.4.2. O Lago Negro | 15 |
| 3.2. Metodologia..... | 16 |
| 3.2.1. Macrófitas Aquáticas | 16 |
| 3.2.1.1. Coleta e Determinação da Biomassa e da Produtividade das Macrófitas Aquáticas..... | 16 |
| 3.2.1.2. Determinação dos Nutrientes na Biomassa das Macrófitas Aquáticas | 17 |
| 3.2.2. Determinação das Características Limnológicas dos Ambientes Estudados | 18 |
| 3.2.2.1. Determinação em Campo..... | 18 |
| 3.2.2.2. Determinação em Laboratório | 19 |
| 3.2.3. Variáveis Meteorológicas | 21 |
| 3.2.4. Análise de Dados | 21 |
| 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 21 |
| 5. CAPÍTULO 1 | 27 |
| 6. CAPÍTULO 2 | 49 |
| 7. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS | 63 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1 – <i>Salvinia herzogii</i> de la Sota..... | 04 |
| FIGURA 2 – <i>Azolla filiculoides</i> Lam..... | 06 |
| FIGURA 3 – Planície Costeira do Rio Grande do Sul..... | 10 |
| FIGURA 4 – Localização do Município do Rio Grande, RS-Brasil..... | 11 |
| FIGURA 5 – Localização da área de estudo. <i>Campus</i> Carreiros – FURG. Rio Grande, RS-Brasil..... | 12 |
| FIGURA 6 – Lago das Dunas, <i>campus</i> Carreiros – FURG. Rio Grande, RS-Brasil..... | 14 |
| FIGURA 7 – Lago Negro, <i>campus</i> Carreiros – FURG (Rio Grande, RS- Brasil), parcialmente coberto por <i>Azolla filiculoides</i> | 15 |

CAPÍTULO 1

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 – Lago das Dunas situado no <i>campus</i> Carreiros – FURG. Rio Grande, RS-Brasil..... | 31 |
| FIGURA 2 – Variação de nutrientes na água do Lago das Dunas, durante o período de estudo. N-total: Nitrogênio total (mg.L^{-1}); P-total: Fósforo total (mg.L^{-1})..... | 35 |
| FIGURA 3 – Variação da biomassa das folhas aéreas e submersas e da biomassa morta de <i>Salvinia herzogii</i> no Lago das Dunas, durante o período de estudo. Ponto-1: situado fora do estande de <i>Typha domingensis</i> . Ponto-2: situado dentro de estande <i>Typha domingensis</i> | 37 |

FIGURA 4 – Contribuição relativa das frações de biomassa (aérea, submersa e morta) de *Salvinia herzogii*. a) Ponto-1: fora do estande de *Typha domingensis*. b) Ponto-2: dentro do estande de *Typha domingensis*.....38

FIGURA 5 – Variação da biomassa total de *Salvinia herzogii* nos dois pontos de coleta, durante o período de estudo. Biomassa total (gPS.m⁻²). Ponto-1: fora do estande de *Typha domingensis*; Ponto-2: dentro do estande de *Typha domingensis*.....40

FIGURA 6 – Concentração de nutrientes (N e P) na biomassa (aérea, submersa, morta) de *Salvinia herzogii* nos dois pontos de coleta, a e b (ponto-1); c e d (ponto-2).....42

CAPÍTULO 2

FIGURA 1 – Localização da área de estudo. Lago Negro (*campus* Carreiros – FURG). Rio Grande, RS-Brasil.....53

FIGURA 2 – Variação sazonal de temperatura do ar (mínima e máxima) e horas de insolação durante o período de estudo. Dados do Laboratório de Meteorologia – FURG.....55

FIGURA 3 – Variação sazonal de biomassa total e produtividade de *Azolla filiculoides*, no Lago Negro durante o período de estudo.....58

FIGURA 4 – Variação de nutrientes na biomassa de *Azolla filiculoides* durante o estudo. NT: nitrogênio total; PT: fósforo total.....59

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

TABELA 1 – Variáveis meteorológicas do período de estudo. Valores médios de temperatura do ar, velocidade do vento e taxa de precipitação. Dados fornecidos pelo Laboratório de Meteorologia – FURG.....34

TABELA 2 – Variáveis abióticas do lago das dunas durante o período de estudo. Temp: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$); OD: Oxigênio Dissolvido (mg.L^{-1}); Alc: Alcalinidade total (mEq.L^{-1}); CE: Condutividade Elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$); MS: Material em Suspensão (mg.L^{-1}); Chl-*a*: Clorofila-*a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$) N-total: Nitrogênio total (mg.L^{-1}); P-total: Fósforo total (mg.L^{-1}).....35

TABELA 3 – Biomassa e produtividade primária líquida de *Salvinia herzogii* no Lago das Dunas, durante o período de estudo. Biomassa (gPS.m^{-2}); FA: Folhas Aéreas; FS: Folhas Submersas; BM: Biomassa Morta; BT: Biomassa Total; PPL: Produtividade Primária Líquida ($\text{gPS.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$). Ponto-1: situado fora do estande de *Typha domingensis*; Ponto-2: situado dentro do estande *Typha domingensis*.....36

TABELA 4 – Concentração de nutrientes na biomassa de *Salvinia herzogii* nos dois pontos amostrais. N-total: nitrogênio total; P-total: fósforo total. Ponto-1: situado fora do estande de *Typha domingensis*; Ponto-2: situado dentro do estande *Typha domingensis*.....42

TABELA 5 – Composição química de algumas espécies de macrófitas aquáticas analisadas por diferentes autores. Os valores são mostrados em % PS. FA: folhas aéreas; FS: folhas submersas; PS: peso seco.....44

CAPÍTULO 2

TABELA 1 – Variáveis limnológicas da água de novembro/00 a outubro/2001 no lago Negro. Temp: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$); OD: Oxigênio Dissolvido (mg.L^{-1})

¹); CE: Condutividade Elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$); C-total: Carbono total (mg.L^{-1}); NT: Nitrogênio total (mg.L^{-1}); PT: Fósforo total (mg.L^{-1}).
Fonte: Albertoni et al. (2005).....56

TABELA 2 – Biomassa total (BT), concentração de nutrientes em g.Kg^{-1} e relação C:N:P de *Azolla filiculoides*, durante o período de estudo.....57

1. INTRODUÇÃO

As macrófitas aquáticas constituem uma das principais comunidades de ecossistemas límnicos por contribuírem para a diversidade biológica e por apresentarem elevada biomassa e alta produtividade (Esteves, 1998; Wetzel, 1993). Desta forma, são importantes no ciclo de nutrientes e fluxo de energia (Esteves, 1998), desempenhando um papel importante no funcionamento dos ecossistemas em que ocorrem, sendo acapazes de estabelecer uma forte ligação entre o sistema aquático e o ambiente terrestre que o circunda (Jorgensen e Löffler, 1990).

O termo macrófitas refere-se a vários grupos taxonômicos e várias formas de vida de plantas macroscópicas (angiospermas, pteridófitas, e macroalgas). Segundo Irgang e Gastal Jr. (1996) podem ser consideradas macrófitas aquáticas “vegetais visíveis a olho nu, cujas partes fotossintetizantes ativas estão permanentemente ou por diversos meses, total ou parcialmente submersas em água doce ou salobra, ou ainda, flutuantes na mesma”. Independente de aspectos taxonômicos, vários grupos ecológicos de macrófitas são reconhecidos (Esteves, 1998). No Brasil, a classificação comumente aceita refere-se à macrófitas aquáticas emersas, flutuantes, submersas enraizadas, submersas livres e com folhas flutuantes (Pompêo e Mosquini-Carlos, 2003).

Segundo Esteves (1998) nenhuma comunidade límnic foi tão negligenciada no âmbito das pesquisas limnológicas, quanto à formada pelas macrófitas aquáticas. Pompêo e Mosquini-Carlos (2003) salientam que isto ocorreu principalmente pelas dificuldades metodológicas na amostragem dessa comunidade. Além disso, Esteves (op cit.) coloca que as primeiras pesquisas limnológicas foram em lagos profundos, com pouco desenvolvimento das comunidades de macrófitas aquáticas. No entanto, à medida que um maior número de lagos passou a ser estudado e sobretudo em diferentes regiões da Terra, observou-se que as macrófitas poderiam interferir de diferentes maneiras na dinâmica dos ecossistemas (Esteves, 1998).

Atualmente, a importância ecológica das macrófitas é largamente reconhecida. Estudos têm mostrado o papel de destaque desta comunidade em vários ecossistemas aquáticos, especialmente nos ambientes rasos (Meerhoff e Mazzeo, 2004). Isto se deve ao fato desta comunidade elevar a complexidade dos

habitats; ser a principal produtora de matéria orgânica; servir de substrato para outros organismos (Prellvitz e Albertoni, 2004; Trindade et al., 2004; Albertoni et al., 2005); participar da ciclagem de nutrientes (Mitchell, 1974; Junk e Howard-Williams, 1984; Da Silva et al., 1994; Henry-Silva et al., 2001; Palma-Silva et al., 2002a; Palma-Silva et al., 2002b; Trindade et al., 2008a), além de proteger as margens dos corpos de água retendo o material carregado pela erosão (Pedralli e Teixeira, 2003), e promover a heterogeneidade espacial e sazonal contribuindo para a maior diversidade dos sistemas aquáticos (Pelli, 1994).

A maioria dos lagos existentes são relativamente pequenos e rasos, possibilitando a formação de regiões litorâneas, que podem ser colonizadas por diferentes comunidades de macrófitas aquáticas (Wetzel, 1983). Como principais produtoras de biomassa, as macrófitas podem aumentar a produtividade secundária nos locais de sua distribuição, usualmente o litoral, e ainda na região limnética, pela dispersão da matéria orgânica resultante da decomposição da biomassa para todo o corpo d'água (Esteves 1998).

Diversos fatores propiciam o crescimento e, conseqüentemente, a produção de biomassa das macrófitas, entretanto, os de origem antrópica como: excesso de nutrientes provenientes de fontes como o esgoto doméstico, erosão de terras agrícolas, resíduos industriais, sendo esses os mais preocupantes (Mitchell, 1974). Por esse motivo as macrófitas freqüentemente ocorrem como pragas em ecossistemas aquáticos continentais de várias partes do planeta.

A proliferação excessiva das macrófitas se deve às altas taxas de crescimento e a capacidade de reprodução, principalmente vegetativa, resultando na ocupação de grandes áreas com elevada biomassa, prejudicando a navegação, captação de água, geração de energia elétrica e as atividades de lazer (Mazzeo et al., 1993; Benassi e Camargo, 2000). Por outro lado, as macrófitas apresentam aspectos benéficos na remoção de nitrogênio e fósforo evitando a efetiva fertilização das águas (Esteves, 1998; Reddy et al., 1989), podendo ser empregadas para remover nutrientes em tratamentos de águas usadas antes da liberação destes para o ambiente natural (Sculthorpe, 1985). Mitchell (1974) salienta que para o uso nestes sistemas as plantas devem ser capazes de absorver grandes quantidades de nitrogênio e fósforo (nutrientes associados a eutrofização), e ter rápidas taxas de crescimento, o que justifica sua

capacidade filtradora e despoluidora, com grande potencial para utilização neste tipo de manejo.

Nos últimos anos, diversos estudos vêm comprovando eficiência das macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes (Wooten e Dodd, 1976; Brix e Schierup, 1989; Ennabili et al., 1998; Henry-Silva e Camargo, 2002; Olguin et al., 2007). A base científica para o tratamento de água poluída através de plantas aquáticas é o seu relacionamento com os microorganismos associados às raízes e partes submersas, os quais degradam moléculas orgânicas, enquanto as plantas absorvem os produtos da decomposição, junto com nitrogênio e fósforo e outros elementos, fornecendo substâncias e oxigênio aos decompositores (Pott e Pott, 2000).

As macrófitas aquáticas de hábito flutuante estão entre os principais grupos ecológicos de macrófitas que causam sérios problemas nos ecossistemas aquáticos continentais. Dentre estas merecem destaque as espécies dos gêneros *Salvinia* e *Azolla*. As causas e/ou conseqüências da proliferação destas espécies em ambientes aquáticos do mundo todo, despertaram o interesse de muitos pesquisadores (Mitchell, 1965; Mitchell e Tur, 1975; Tung e Shen, 1981; Usha Rani e Bhambie, 1983; Sah et al., 1989; Manna e Singh, 1989; Cary e Weerts, 1992; Petrucio e Esteves, 2000; Coelho, et al., 2000; Henry-Silva et al., 2001; Adalberto et al., 2004; Prellvitz e Albertoni, 2004; Biswas et al., 2005; Boschilia, et al., 2006; Pereira et al., 2006; Upadhyay et al., 2007, entre outros).

Estas pteridófitas apresentam distribuição quase cosmopolita, estando ausentes apenas nas regiões frias do globo. Vários autores (Pedralli et al., 1985; Cordazzo e Seeliger 1995; Irgang e Gastal Jr. 1996; Rolon et al., 2004; Pereira et al., 2008) descrevem a ocorrência de espécies dos gêneros *Salvinia* e *Azolla*, em diferentes ambientes aquáticos do Estado do Rio Grande do Sul, entre estas *Salvinia herzogii* de la Sota e *Azolla filiculoides* Lam. Entretanto, há uma carência de informações regionais básicas, sobre a biologia e ecologia destas duas espécies, em ambiente natural, onde são encontradas nos corpos d'água, formando estandes monoespecíficos ou coexistindo com outras espécies de macrófitas.

Desta forma, com o intuito de contribuir para o conhecimento destas espécies em campo, este trabalho enfoca em dois capítulos, aspectos sobre a

produção de biomassa, produtividade, e composição química de *S. herzogii* e *A. filiculoides*.

1.1 - Descrição das Plantas

1.1.1 - *Salvinia herzogii* de la Sota

Salvinia herzogii de la Sota (Pteridophyta: Salviniaceae) é uma macrófita aquática de hábito flutuante livre, tendo como unidade principal o ramete (FIGURA 1).



FIGURA 1 – *Salvinia herzogii* de la Sota

Cada ramete consiste de um segmento de ramo sustentando três folhas, sendo duas flutuantes e uma submersa. As folhas aéreas bem notórias, boiando na superfície da água (Sehnem, 1979), são fotossinteticamente ativas (Boschilia et al., 2006), apresentando a face superior piloso-papilosa, sendo os pêlos unidos nas extremidades em forma de “pá de bateadeira” (Pott e Pott, 2000), os quais permitem sua impermeabilização e, portanto, a flutuação do indivíduo.

As folhas submersas não realizam fotossíntese e são particularmente divididas em segmentos filamentosos que se assemelham de forma notável a raízes, principalmente pelo fato de possuírem o papel de absorverem água e íons (Sculthorpe, 1985), servindo também como substrato para macroinvertebrados (Callisto, 2002; Prellvitz e Albertoni, 2004; Pereira et al., 2007). Apresentam eixos férteis submersos na parte central das pseudo-raízes; esporocarpos pilosos com

1,2 mm de diâmetro isolados com indúzio pequeno lateral, mole; macrosporos 75x65 micra ou pouco menores; micrósporos globoso-tetraédrico 20-28 micra (Sehnem, 1979).

Espécies do gênero *Salvinia* crescem em corpos de água doce, tais como: lagoas, canais e banhados, apresentando uma distribuição quase cosmopolita, estando ausente apenas nas regiões frias do globo (Cordazzo e Seeliger, 1995). Sob condições favoráveis disseminam-se por propagação vegetativa, colonizando extensas superfícies de água em um tempo reduzido, podendo causar prejuízos aos usos múltiplos destes ecossistemas (Pott e Pott, 2000). Entretanto, algumas destas espécies podem apresentar aspectos benéficos na remoção de nitrogênio e fósforo evitando a excessiva fertilização das águas (Reddy et al., 1985; Esteves e Camargo, 1986; Reddy et al., 1989; Reddy et al., 1990; Henry-Silva et al., 2001; Henry-Silva e Camargo, 2002). As elevadas taxas de crescimento e a sensibilidade a diferentes agentes tóxicos, justificam sua utilização como espécie bioindicadora de poluição (Gardner e Al-Hamdani, 1997).

Salvinia herzogii apresenta folhas morfológicamente semelhantes as espécies *S. auriculata* Aublet., *S. biloba* Reddi. e *S. moleta* Mitchell, o que dificulta sua identificação, principalmente, em ambiente natural. Por este motivo estas espécies foram agrupadas no complexo *S. auriculata* por Mitchell e Thomas (1972). A chave utilizada pelos autores é dependente da presença do eixo fértil, baseando-se no arranjo dos esporocarpos. Forno (1983) revisou esta chave e propôs uma nova, baseada no padrão de areolação das folhas quando o eixo fértil é ausente. A terminologia adotada para descrever aréolas é de Hickey (1973) e a descrição relacionada para formas de plantas terciárias como definidas por Mitchell e Tur (1975). Forno (1983) encontrou um padrão de areolação para as diferentes espécies do grupo, sendo que para *S. herzogii* o padrão da primeira areolação é distintamente diferente das três outras espécies do complexo *S. auriculata*. As aréolas primárias são alongadas com um comprimento aproximadamente seis vezes maior do que as localizadas no terço exterior da folha. Há usualmente 5 a 10 aréolas primárias entre a quilha e a margem de um lobo foliar terciário. O padrão da aréola secundária é irregular.

1.1.2 - *Azolla filiculoides* Lam.

Azolla filiculoides Lam. (Pteridophyta: Azollaceae) é uma macrófita aquática flutuante de hábito livre de 1 a 2,5 centímetros de comprimento, com uma arquitetura tipo losango (FIGURA 2).



FIGURA 2 – *Azolla filiculoides* Lam.

Possui numerosas raízes simples, filamentosas. Ramificações alternas pseudo-dicotômicas, frondes pequenas, profundamente bilobadas, imbricadas que cobrem totalmente as ramificações. A porção central mais espessa, com aerênquima, coloração verde ou vermelho-esverdeado, fértil de agosto a outubro (Cordazzo e Seeliger, 1995; Pott e Pott, 2000); apresentam soros germinados nas axilas dos ramos inferiores ambos com macro e microsporângios; os macrosporângios com 0,5-0,6 mm cobertos por induzios glabro, ovado-apiculados contendo um macrosporo solitário; os soros dos microsporângios curtamente pedunculados, 1,5 mm, induzio glabro, globoso, 30-40 micra, micrósporos numerosos 40-60 (Sehnem, 1979).

A propagação geralmente é feita por fragmentação de talo. Cresce tanto flutuando, como fixa nas margens de canais e lagoas, principalmente em águas calmas. Possuem uma distribuição Pan-americana, do Alaska à Terra do Fogo. Originária da América do Sul, hoje quase cosmopolita, introduzida na Austrália, Nova Zelândia e Europa (Cordazzo e Seeliger, 1995; Pott e Pott, 2000).

Azolla vive em simbiose com a cianobactéria fixadora de nitrogênio *Anabaena azollae* e diversos gêneros de bactérias que vivem nas cavidades de suas folhas (Carrapiço, 2006). Durante o ciclo de vida das espécies da *Azolla*, as simbiontes são transferidas das “plantas mãe” para os novos esporófitos. Esta simbiótica associação é um sistema de co-evolução (Carrapiço, 2006). *Anabaena azollae* supre *Azolla* com nitrogênio orgânico suficiente para o seu crescimento. Esta associação é excelente devido a alta produtividade junto com elevada taxa de fixação de nitrogênio (Arora e Singh, 2003).

1.2. Justificativa

Na Planície Costeira do Estado do Rio Grande do Sul, há uma grande diversidade de ecossistemas aquáticos continentais, entre arroios, lagoas costeiras e interiores e grandes extensões de banhados (Schäfer et al., 1980; Schwarzbald e Schäfer, 1984; Irgang e Gastal Jr., 1996; Prellvitz e Albertoni, 2004; Albertoni et al., 2005; Trindade et al., 2008a).

A porção sul desta planície abriga um dos mais relevantes sistemas naturais do Estado, o banhado do Taim, além das lagoas Mirim e Mangueira e outros corpos d’água de menor porte. Tais ambientes sofrem o impacto do uso pela agricultura e pecuária, sendo que os principais problemas enfrentados na conservação e da biodiversidade estão associados à silvicultura e a rizicultura, atividades econômicas significativas na região.

Segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) o Rio Grande do Sul é o principal produtor de arroz do País, onde predomina o cultivo do arroz irrigado. Em 2007, o estado foi responsável por mais da metade (59,0%) da produção nacional. Na primeira avaliação nacional para 2008, a produção esperada é de 11,97 milhões de toneladas, 6,8% superior à obtida em 2007. Dentre os impactos causados pelo cultivo do arroz, destaca-se a alteração do regime hidrológico da região, e principalmente, a contaminação das águas através do uso de agrotóxicos e de fertilizantes.

Segundo Tundisi (2003) a intensificação da irrigação em todos os continentes, associada à aplicação comercial de fertilizantes, produziu extensa degradação ambiental, principalmente nos sistemas hídricos. Segundo o autor, essa degradação e a produção de efluentes com grande carga poluidora nas

águas superficiais e subterrâneas são responsáveis por perdas econômicas elevadas com deterioração dos sistemas. Lopes-Ferreira (1998) salienta que as elevadas concentrações de nitrogênio e fósforo carregadas por efluentes desencadeiam o processo de eutrofização artificial que, em longo prazo, pode inviabilizar o ecossistema receptor, tanto do ponto de vista ecológico como social e econômico. Este processo no seu estágio inicial favorece o crescimento de diferentes grupos ecológicos de macrófitas (Esteves, 1998).

Dentre as características dos ambientes aquáticos da planície costeira do Rio Grande do Sul, destaca-se a reduzida profundidade, o que os torna suscetíveis à entrada de material alóctone, favorecendo sua fertilização e, conseqüentemente, o desenvolvimento das comunidades vegetais (Vieira e Rangel, 1983). Segundo Irgang e Gastal Jr. (1996) são reconhecidas para o RS entre 400-500 espécies de macrófitas e, destas, 37,46% são exclusivas da Planície Costeira.

Na tentativa de minimizar os problemas sobre os ecossistemas aquáticos continentais, muitas pesquisas, principalmente com a utilização de macrófitas aquáticas, vêm sendo desenvolvidas. Entretanto, a utilização eficiente desta comunidade para estes fins depende de um conhecimento básico, principalmente da biologia e ecologia das plantas a serem utilizadas.

Considerando a grande importância das macrófitas aquáticas para os ambientes aquáticos, e por apresentarem uma considerável distribuição na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, torna-se indispensável o conhecimento dos aspectos biológicos e ecológicos desta comunidade, a fim de elucidar o seu papel no ambiente natural e o seu potencial para utilização tanto para a preservação, quanto para a conservação dos ecossistemas aquáticos continentais do extremo sul do Brasil.

2. OBJETIVOS

2.1- Objetivos do Capítulo 1:

- descrever e comparar a variação anual da biomassa de *Salvinia herzogii* de la Sota, em ambiente natural: i) crescendo em um estande monoespecífico e; ii) em coexistência com *Typha domingensis*;

- descrever as variações nas concentrações de nitrogênio e fósforo nos tecidos da planta;
- descrever as características limnológicas do ambiente no qual *S. herzogii* se desenvolveu.

2.2- Objetivos do Capítulo 2:

- descrever a variação sazonal de biomassa de *Azolla filiculoides* Lam. em um lago com características distróficas;
- descrever as concentrações de nitrogênio e fósforo nos tecidos da planta;
- descrever as características limnológicas do ambiente no qual *A. filiculoides* se desenvolveu.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Área de Estudo

3.1.1 - Aspectos Gerais da Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

A Planície Costeira do Estado do Rio Grande do Sul encontra-se localizada entre os paralelos 29°12' e 33°48' de latitude Sul e os meridianos de 49°40' e 53°30' de longitude Oeste (Schwarzbold e Schäfer, 1984). Esta faixa de terra abrange uma extensão aproximada de 640 Km de limite Leste com o Oceano Atlântico, desde os promontórios de Torres no Rio Grande do Sul, ao Norte, até La Coronilla, na República Oriental do Uruguai, ao Sul (FIGURA 3).

A Planície Costeira divide-se em duas grandes unidades mórficas, separadas pela zona estuarina da Laguna dos Patos: a restinga de São José do Norte e a restinga do Rio Grande (Vieira e Rangel 1988). Ambas, constituídas por ambientes planiciários de emersão, ambientes lagunar-lacustres, aluviões e colúvios, abrangendo segundo Schwarzbold e Schäfer (1984), uma superfície aproximada de 22.740 Km² de terras emersas e 14.260 Km² de superfícies de lagoas e lagunas, num total de 37.000 Km².

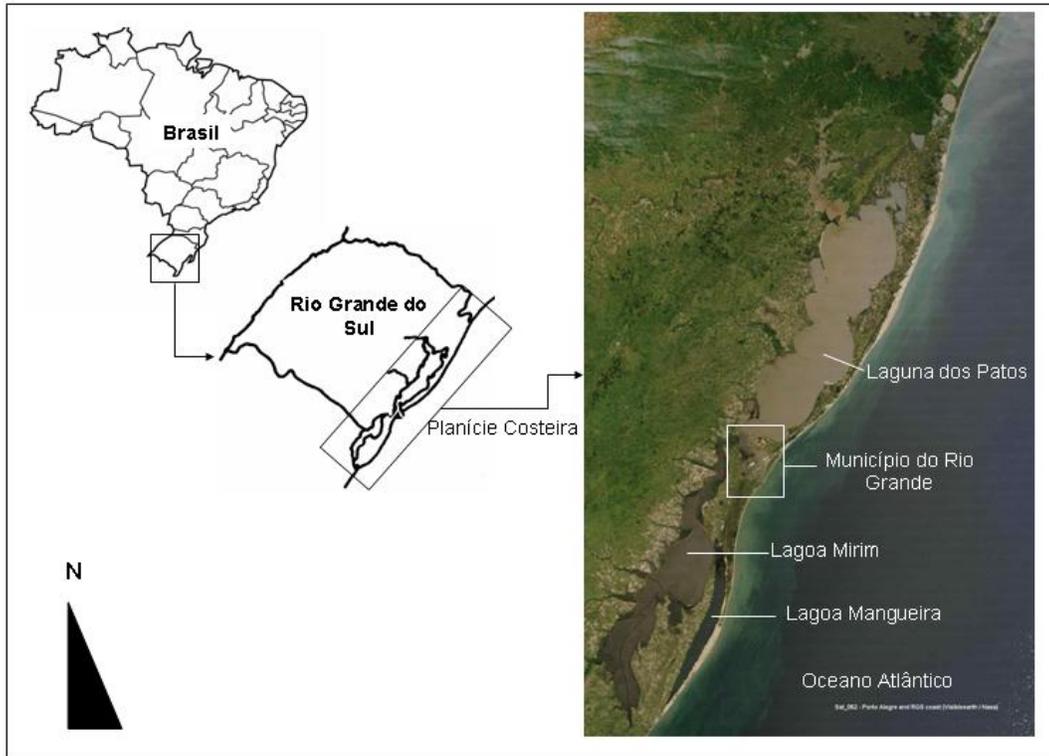


FIGURA 3 – Planície Costeira do Rio Grande do Sul – Brasil.

A restinga do Rio Grande ou Barreira Sul está dividida politicamente em dois municípios, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar. Esta se projeta para o Norte, sentido SO-NE, limitada pelo Oceano Atlântico a Leste, pelo estuário da laguna dos Patos a Nordeste e Lagoa Mirim a Oeste. Em seu interior encontram-se a Lagoa Mangueira, importante corpo de água epiplaniciário, lagoas menores e o banhado do Taím, formador de um dos mais notáveis ecossistemas do país.

3.1.2 – Aspectos Gerais do Município do Rio Grande

O município do Rio Grande ($32^{\circ}01'40''\text{S}$ e $52^{\circ}05'40''\text{W}$) está localizado no extremo sul do Brasil sobre a Planície Costeira do Rio Grande do Sul (FIGURA 4). Esta província geomorfológica é o resultado da deposição de sedimentos oriundos da erosão e transporte pelo escoamento fluvial instalado no relevo gaúcho até a bacia de Pelotas (Krusche et al., 2002). Essa bacia é tida como a principal área para a qual convergiram os sedimentos cenozóicos que se tornariam, no futuro, as camadas litoestratigráficas da Planície Costeira (Vieira e

Rangel, 1983). Seu território compreende uma faixa de terras baixas, na restinga do Rio Grande a sudoeste (SW) da embocadura da Lagoa dos Patos. Caracterizado por baixas cotas altimétricas Rio Grande é geologicamente uma estrutura sedimentar marinha e continental, intercalando ambientes lagunares e deltaicos, de idade quaternária. Por se tratar de uma bacia de sedimentação recente e com características marcantes de colmatagem em evolução, não apresenta condições para a presença de rios, sendo que somente arroios e lagoas fornecem os elementos necessários para a rede hidrográfica interna do município (Vieira e Rangel, 1983).

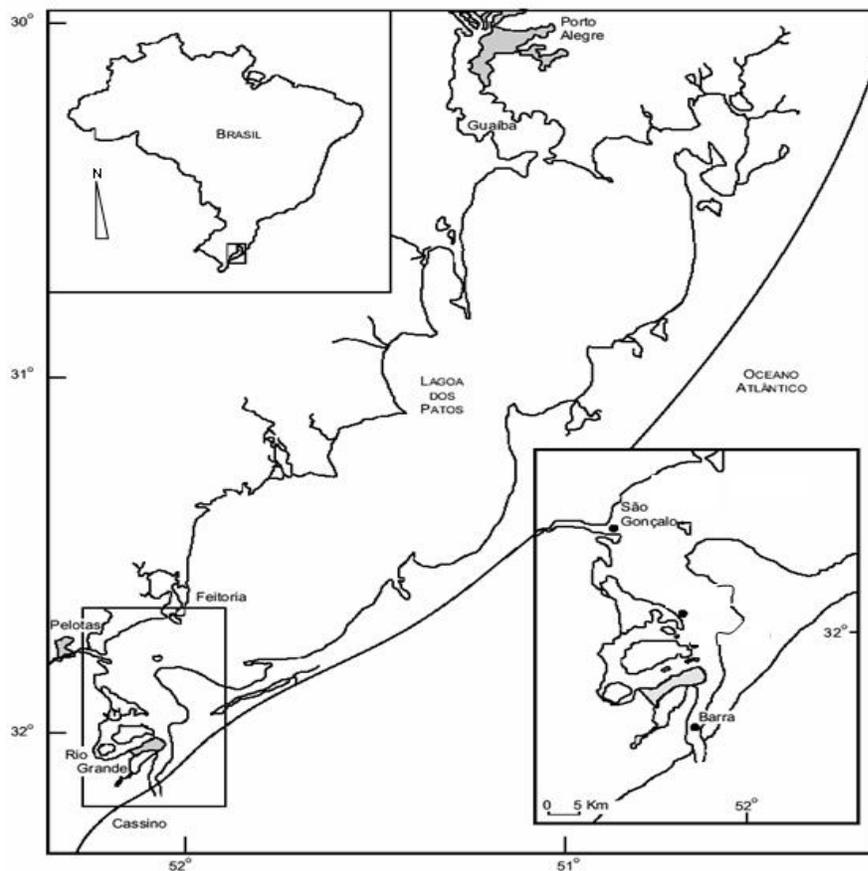


FIGURA 4 - Localização do Município do Rio Grande, RS- Brasil.

Situado ao sul do Trópico de Capricórnio, o território rio-grandino encontra-se sujeito a condições climáticas brandas, com forte influência oceânica (Vieira e Rangel, 1983). O clima desta região é subtropical úmido (Cfa – segundo classificação de Köppen), caracterizado pela intensa umidade no inverno e

primavera, e seco durante o verão. Os ventos de Nordeste dominam durante a maior parte do ano, sendo que nos meses de outono e, principalmente, no inverno, ventos de Sul, sobretudo sudoeste começam a ter importância significativa (Krusche et al., 2002).

O solo composto por areias, quartzo e argilas, alternadas em camadas impermeáveis intercaladas por camadas de grande permeabilidade, que propiciam um lençol freático bastante superficial, garante a ocorrência de lagoas de natureza temporária em ocasiões de precipitação pluviométrica mais intensa (Krusche et al., 2002).

3.1.3 - O *campus* Carreiros.

O *campus* da Universidade Federal do Rio Grande – FURG (32°04'43"S e 52°10'03"W), está situado no município do Rio Grande (FIGURA 5).

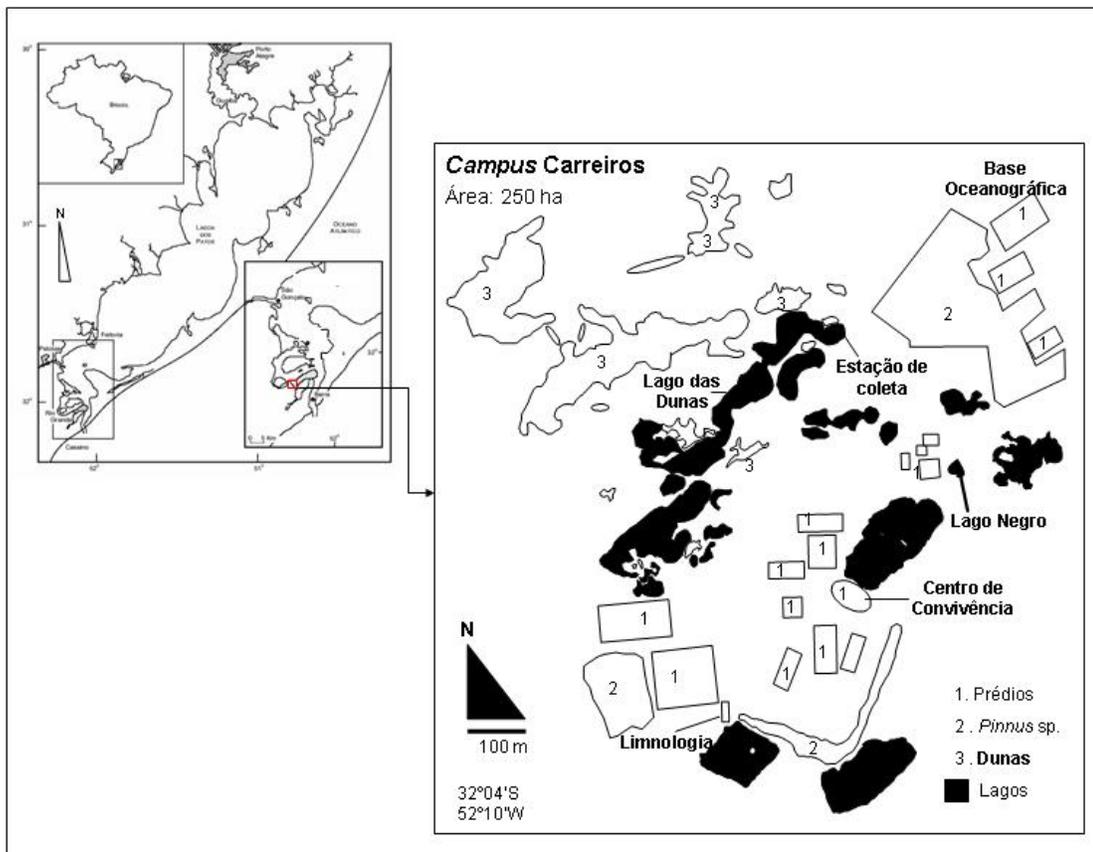


FIGURA 5 – Localização da área de estudo. *Campus* Carreiros – FURG. Rio Grande, RS - Brasil.

Com uma área de aproximadamente 250 ha, o *campus*, localiza-se em um corredor que dá acesso à zona urbana da cidade do Rio Grande e que na sua porção mais estreita tem aproximadamente 2 km. Este corredor é ladeado pelos sacos da Mangueira e do Martins, ambos ligados à Laguna dos Patos, próximo ainda da recém criada Área de Proteção Ambiental da Lagoa Verde (Votto et al., 2006).

Esta área foi cedida pela Prefeitura Municipal do Rio Grande à Universidade, na década de setenta, para a construção de suas instalações. Atualmente o *campus* apresenta-se constituído por campos de dunas, áreas florestadas, campos limpos, além de áreas edificadas. Entre estas, encontram-se um conjunto de pequenos corpos de água naturais e artificiais, e uma extensa área que durante os períodos de elevada precipitação, permanece com o solo saturado.

Estudos preliminares constataram que estes corpos d'água apresentam diferentes características limnológicas (Albertoni et al., 2005; Palma-Silva et al., 2001; Trindade et al., 2005; Trindade et al., 2008a; Trindade et al., 2008b; Furlanetto et al., 2008), o que possibilita o desenvolvimento de comunidades biológicas com características peculiares, onde destaca-se a comunidade de macrófitas aquáticas.

Segundo Pereira et al. (2008) foram descritas até o momento para o *campus* 38 espécies de macrófitas, distribuídas em 29 gêneros e 20 famílias, com predomínio da família Cyperaceae. Quanto ao biótopo de ocorrência Pereira et al. (op cit.) observaram que 50% das macrófitas são emergentes, 23% flutuantes livres, 15% submersas enraizadas, 9% submersas livres e 3% de enraizadas com folhas flutuantes.

Outros trabalhos enfocando a fauna foram realizados no *campus*, dentre estes pode-se citar o levantamento de Aves realizado por Votto et al. (2006); o de Répteis realizado por Quintela et al. (2006) e de Anfíbios por Huckemback (2007).

Devido à localização e a diversidade de ambientes, que propiciam o desenvolvimento de uma fauna e flora diversificadas, o *campus* pode ser considerado como uma importante área a ser preservada. Entretanto, apesar da exuberante beleza e de sua importância ecológica, o mesmo ainda sofre fortes perturbações antrópicas, ficando clara a necessidade de medidas voltadas à conservação.

3.1.4 - Estações de Coleta

3.1.4.1 - O Lago das Dunas

O Lago das Dunas é um corpo de água raso situado no *campus* Carreiros – FURG (FIGURA 6), junto a um cordão de dunas. De acordo com Vieira e Rangel (1983) estas dunas estão dispostas no sentido transversal à linha da praia marinha, e paralelas às margens lagunares.



FIGURA 6 – Lago das Dunas, *campus* Carreiros – FURG. Rio Grande, RS-Brasil.

A área e a profundidade do lago são de difícil determinação por ser um ambiente raso que sofre grande influência do padrão de precipitação sazonal da região. Sua zona litorânea, durante os períodos de elevada precipitação pluviométrica, permanecem submersas, formando um extenso espelho d'água. Nos períodos de estiagem o volume d'água se reduz, permanecendo pequenos corpos d'água conectados por áreas alagadas, constituindo uma área que pode ser caracterizada pela heterogeneidade de habitats.

A heterogeneidade espacial do Lago das Dunas propicia uma das mais belas paisagens do *campus*, principalmente por apresentar amplos e diversificados estandes de macrófitas aquáticas, constituídos por diferentes grupos ecológicos. Pereira et al. (2008) encontraram até o momento cerca de 29

espécies, distribuídas em 21 gêneros e 18 famílias. Destacam-se pela abundância as espécies *Typha domingensis*, *Nymphoides indica*, *Salvinia herzogii* e algumas espécies dos gêneros *Utricularia* e *Chara*.

3.1.4.2 - O Lago Negro

O lago Negro é um pequeno corpo de água raso situado próximo ao centro esportivo da universidade (FIGURA 7). O mesmo apresenta um formato arredondado, com área de 0,5 ha, e profundidade máxima de 3,10 m (Albertoni et al., 2005). Seu entorno apresenta plantação de *Eucalyptus* sp., que sombreiam e o protegem da ação do vento, além de contribuírem constantemente para o aporte de folhas, cuja decomposição libera substâncias húmicas, as quais deram origem à coloração escura da água.



FIGURA 7 - Lago Negro, *campus* Carreiros – FURG (Rio Grande, RS), parcialmente coberto por *Azolla filiculoides*.

Durante o estudo, o Lago Negro foi colonizado principalmente por *A. filiculoides*. Atualmente são registradas até o momento 09 espécies de macrófitas, distribuídas em 08 gêneros e 08 famílias, entre estas se destacam as emergentes da família Cyperaceae e do gênero *Ludwigia*, as flutuantes *A. filiculoides* e *Wolffiella* sp. e a submersa *Utricularia* sp., (Pereira et al., 2008).

3.2 - Metodologia

3.2.1 - Macrófitas Aquáticas

3.2.1.1 – Coleta e Determinação da Biomassa e da Produtividade das Macrófitas Aquáticas.

Amostras de *S. herzogii* foram coletadas mensalmente do Lago das Dunas em uma estação de coleta situada na direção do norte do *campus* (FIGURA 6). As amostragens foram realizadas utilizando um coletor circular de diâmetro 0,3 m (área de 0,07 m², com malha de 500 µm), sendo coletadas 5 amostras de modo aleatório, em cada ponto amostral.

Todas as plantas contidas no coletor foram acondicionadas em sacos plásticos etiquetados e levadas para o laboratório. Após, foram separados manualmente em: folhas aéreas = FA; folhas submersas = FS; biomassa morta = BM (material com área > 50% marrom, mais a necromassa). As frações das plantas foram lavadas com água corrente para a remoção de partículas sólidas, perífíton e macroinvertebrados aderidos, principalmente nas folhas submersas.

Após a lavagem foi iniciado o processo de secagem que foi finalizado em estufa à temperatura a 60°, por cerca de 72 horas, até atingirem peso constante (material quebradiço ao toque). Logo em seguida foi determinado o peso seco (PS), em balança de precisão da marca DENNER XP-300 (300X0,01g). A determinação da biomassa média de cada fração foi calculada a partir das cinco amostras e foi expressa em gPS.m⁻².

A produtividade de *S. herzogii* foi determinada utilizando a técnica proposta por Smalley e utilizada por Palma-Silva et al. (2002b). Este método determina a produção primária líquida, considerando a variação da biomassa viva e morta em duas amostras consecutivas como segue, sendo os resultados apresentados em gPS.m⁻².d⁻¹ :

Quando, $\Delta BV > 0$ e $\Delta BM > 0$; $PPL = \Delta BV + \Delta BM$

Quando, $\Delta BV < 0$ e $\Delta BM < 0$; $PPL = 0$

Quando, $\Delta BV > 0$ e $\Delta BM < 0$; $PPL = \Delta BV$

Quando, $\Delta BV < 0$ e $\Delta BM > 0$; se $(\Delta BV + \Delta BM) > 0$, este valor é a PPL; se $(\Delta BV + \Delta BM < 0)$, $PPL = 0$

Onde:

ΔBV = variação da biomassa viva no intervalo;

ΔBM = variação da biomassa morta no intervalo;

PPL = produção primária líquida no intervalo.

A metodologia para a determinação da biomassa de *A. filiculoides* foi semelhante a da *S. herzogii*, entretanto, diferiu apenas no número de amostras (n=3), que foram coletadas aleatoriamente em um ponto de coleta no Lago Negro, e também por não terem sido separadas em frações. A produtividade de *A. filiculoides* foi determinada pela variação de biomassa no intervalo.

$$PP = \Delta B / \Delta T$$

Onde:

ΔB = variação de Biomassa no intervalo ΔT

ΔT = intervalo de Tempo em dias

Depois de secas e pesadas, as plantas, de ambos os estudos, foram moídas e passadas em peneira (500 μm de malha) e o material armazenado em sacos plásticos para posterior análise, onde se determinou as concentrações de nitrogênio e de fósforo por peso seco de tecido.

3.2.1.2 – Determinação dos Nutrientes na Biomassa das Macrófitas Aquáticas.

- Nitrogênio total (N-total) das macrófitas.

O Nitrogênio total foi determinado segundo o método de Kjeldahl (Allen et al., 1974), baseado na digestão do material por adição de ácido sulfúrico em presença de catalisador misto, composto por selênio, sulfato de potássio e sulfato de cobre. Posteriormente a amostra foi alcalinizada e destilada. A amônia liberada, é recebida em solução de ácido bórico a 2%, é titulada em seguida com ácido sulfúrico 0,01 M. Os resultados foram expressos em g.Kg^{-1} .

- Fósforo total (P-total) das macrófitas.

O Fósforo total foi determinado segundo o método proposto por Fassbender (1973). Este processo consiste na digestão forte das amostras por

ácido perclórico, sulfúrico, e nítrico a 300 °C. Durante a digestão o fósforo total é convertido em fosfato. Após essa transformação, a determinação do fosfato seguiu método da reação de azul de molibdênio seguindo Baumgarten e Rocha (1996), que consiste na adição de reagente misto, composto por tartarato de antimônio de potássio, molibdato de amônio, ácido sulfúrico e ácido ascórbico. O reagente misto provoca o desenvolvimento de cor, cuja intensidade é proporcional à concentração de fosfato. Tal intensidade de coloração originada pela reação dos reagentes com o fosfato reativo foi lida a 885 nm em espectrofotômetro QUIMIS. Os resultados foram expressos em g.Kg^{-1} .

3.2.2 – Determinação das Características Limnológica dos Ambientes Estudados.

Durante o estudo ambos os lagos foram caracterizados por meio da determinação das variáveis limnológicas. Foram realizadas coletas mensais de água a aproximadamente 20cm de profundidade. No Lago das Dunas foram determinados: profundidade, temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, alcalinidade, material em suspensão, clorofila-a, Nitrogênio total, e de Fósforo total. No Lago Negro foram determinados: temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, Nitrogênio total e Fósforo total.

3.2.2.1 - Determinação das Variáveis Limnológicas em Campo.

- Profundidade (Prof.)

A profundidade foi determinada utilizando régua de PVC graduada em cm e os resultados foram expressos em metros (m).

- Temperatura da água (Temp.)

A temperatura foi determinada com termômetro de mercúrio e oxímetro digital (OAKTON), sendo os resultados expressos em °C.

- Oxigênio dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido na água foi determinado com a utilização de oxímetro digital (OAKTON). O procedimento envolve a aplicação de uma diferença de

potencial de polarização entre o anodo e catodo, separados, mas imersos em eletrólito, e isolados por uma membrana de PTFE permeável somente a gases. O oxigênio da amostra difunde-se através da membrana, reduzindo-se no catodo e formando o produto da oxidação no anodo. O catodo consome oxigênio que passa através da membrana, e produz uma corrente elétrica no sensor. A corrente resultante é proporcional à pressão parcial de oxigênio presente na amostra. Os resultados foram expressos em mg.L^{-1} .

– Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH da água foi determinado pelo método potenciométrico, utilizando pHmetro digital portátil (HANNA HI 8314), previamente calibrado com soluções tampões 4,0 e 7,0;

– Condutividade Elétrica

A condutividade da água foi determinada utilizando condutivímetro digital portátil (HANNA HI 8733). Neste método a condutividade elétrica é medida entre dois eletrodos com área de 1cm^2 e distanciados 1 cm entre si. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S.cm}^{-1}$.

3.2.2.2 - Determinação das Variáveis Limnológicas em Laboratório.

Em campo, amostras de água foram acondicionadas em garrafas de polietileno e conservadas em isopor até chegar ao laboratório. Neste, foi determinada inicialmente a alcalinidade total e separada uma alíquota da amostra (filtragem) para a determinação de clorofila-a e material em suspensão. O restante (não-filtrado) foi mantido em freezer à temperatura de -20°C , até o início da determinação das concentrações de Nitrogênio total, e de Fósforo total.

– Alcalinidade total (Alc.)

A alcalinidade foi determinada por titulometria, com estimativa do ponto de equivalência, pelo método de “Gran (1952)” descrito por Carmouze (1994). Este método procede a sua determinação por titulação da amostra por um ácido forte (utilizando-se H_2SO_4 0,01N) e considera que a principal reação após a neutralização, é o aumento de (H^+) devido à adição de um excesso do ácido. A

reta com 03 pontos situados além do ponto de equivalência é utilizada no cálculo pelo programa ALCAGRAN (Carmouze, 1994). Os resultados foram expressos em meq.L⁻¹.

– Material em Suspensão (MS)

Os valores do material em suspensão foram obtidos por meio da filtração de volumes de água conhecidos, utilizando filtros (GF/C – Whatman) 0,45mm, com peso pré-determinado. Os filtros foram mantidos em estufa a uma temperatura de 60 °C por 24 horas, logo depois pesados. A estimativa do material em suspensão foi feita pelo método gravimétrico descrito por Paranhos (1996). Os resultados foram expressos em mg.L⁻¹.

– Clorofila-a (Chl-a)

As concentrações de clorofila-a foram determinadas por método adaptado a partir de Mackinney (1941), Paranhos (1996), e Chorus e Bartram (1999). Após filtração de um volume conhecido de amostra em filtros de fibra de vidro (GF/C – Whatman) 0,45mm, em local com pouca luminosidade, os pigmentos foram extraídos com metanol por 24 horas (em refrigerador e ao abrigo da luz). Após este período o material foi submetido à centrifugação. A determinação foi feita por leitura em 665 e 750 nm com utilização de espectrofotômetro QUIMIS, os resultados foram expressos em µg.L⁻¹.

– Nitrogênio Total (N-total)

O método de Kjeldahl, descrito por Mackereth et al. (1978), foi utilizado para determinação do nitrogênio presente na coluna d'água. Esse se baseia na concentração de amostra não filtrada por evaporação, seguida da digestão do resíduo em meio ácido e de destilação em aparelho tipo Markham onde todo o nitrogênio amoniacal é recolhido em ácido bórico 1%. O destilado é então titulado com ácido clorídrico e o volume de ácido gasto na titulação é utilizado para o cálculo da concentração. Os resultados foram expressos em mg.L⁻¹.

– Fósforo Total (P-total)

A concentração de fósforo total foi determinada segundo Valderrama (1981) e Baumgarten e Rocha (1996). Este método consiste na hidrólise do fósforo total da

amostra não filtrada por reagente de oxidação (Hidróxido de sódio, persulfato de potássio e ácido bórico) em autoclave, originando fosfato solúvel reativo. Após esta transformação o método se baseia na reação de azul de molibdênio. A adição do reagente misto, composto por tartarato de antimônio e potássio, molibdato de amônio, ácido sulfúrico e ácido ascórbico nas amostras, provoca o desenvolvimento de cor, cuja intensidade é proporcional a concentração de fosfato. Tal intensidade de coloração originada pela reação dos reagentes com o fosfato reativo, foi lida a 882 nm em espectrofotômetro QUIMIS, e os resultados foram expressos em $\mu\text{g.L}^{-1}$.

3.2.3. Variáveis Meteorológicas

Os dados mensais de temperatura do ar (mínima e máxima), velocidade do vento, taxa de precipitação, dias de precipitação, horas de insolação, foram cedidos pelo Laboratório de Meteorologia - FURG.

3.2.4. Análise dos Dados

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa GraphPadTM InStat 3.0. Aos resultados obtidos para *S.herzogii* foi aplicado o teste *t* para verificar a ocorrência de diferenças significativas ($p < 0,05$) do conjunto de valores médios de biomassa total de cada data amostral em cada ponto de coleta. Para *A. filiculoides* foi utilizada a correlação de Pearson para verificar os valores de correlação entre concentração de nutrientes na coluna de água e na biomassa vegetal.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adalberto, P.R., Massabni, A.C., Goulart, A.J., Monti, R., Lacava, P., 2004. Efeito do fósforo na captação de minerais e pigmentação de *Azolla caroliniana* Willd. (Azollaceae). Revista Brasileira de Botânica 27 (3), 581-585.
- Albertoni, E.F., Palma-Silva, C., Veiga, C.C., 2005. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados associados às macrófitas aquáticas *Nymphoides indica* e *Azolla filiculoides* em dois lagos subtropicais (Rio Grande, RS, Brasil). Acta Biológica Leopoldensia 27 (3), 137-145.
- Allen, S., Grimshaw, M., Parkinson, J.A., Quarmby, C., 1974. Chemical Analysis of Ecological Materials. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London, 565p.

- Arora, A., Singh, P.K., 2003. Comparison of biomass productivity and nitrogen fixing potential of *Azolla* Spp. *Biomass and Bioenergy* 24, 175-178.
- Baumgarten, M.G.Z., Rocha, J.M.B., 1996. Manual de Análises em Oceanografia Química. Ed da FURG, Rio Grande. 132 p.
- Benassi, R.F., Camargo, A.F.M., 2000. Avaliação do processo competitivo entre duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes, *Pistia stratiotes* L. e *Salvinia molesta* D. S. Mitchell. *Revista Iniciação Científica* 1, 59-66.
- Biswas, M., Parveen, S., Shimozawa, H., Nakagoshi, N., 2005. Effects of *Azolla* species on weed emergence in a rice paddy ecosystem. *Weed Biology and Management* 176-183.
- Boschilia, S.M., Thomaz, S.M., Piana, P.A., 2006. Plasticidade morfológica de *Salvinia herzogii* (de la Sota) em resposta a densidade populacional. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 28 (1), 35-39.
- Brix, H. Schierup, H.H., 1989. The use of the aquatic macrophytes in water – pollution control. *Ambio, Stockholm* 15, 100-107.
- Callisto, M., Barbosa, F.A.R., Moreno, P., 2002. The influence of *Eucalyptus* plantations on the macrofauna associated with *Salvinia auriculata* in Southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 62 (1), 63-68.
- Carmouze, J.P., 1994. O Metabolismo dos Ecossistemas Aquáticos Continentais: Fundamentos Teóricos Métodos de Estudos e Análises Químicas. Edgard Blücher/ FAPESP, São Paulo 254p.
- Carrapiço, F., 2006. "Is the *Azolla-Anabaena* symbiosis a co-evolution case?". Proceedings of the International Conference "General Botany: Traditions and Perspectives", Department of Botany of the Kazan University. 23-27.
- Cary, P.R., Weerts, P.G.J., 1992. Growth and nutrient composition of *Azolla pinnata* R. Brown and *Azolla filiculoides* Lamarck as affected by water temperature, nitrogen and phosphorus supply, light intensity and pH. *Aquatic Botany* 43, 163-180.
- Chorus, I., Bartram, J. (1999). Water Resources. In: Chorus, I. & Bartram, J. (Eds). *Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management*. E & FN Spon, Inc. New York, 1: 02-05.
- Coelho, F. F., Lopes, F.S., Sperber, C.F., 2000. Density-dependent morphological plasticity in *Salvinia auriculata* Aublet. *Aquatic Botany* 66, 273-280.
- Cordazzo, C.A., Seeliger, U., 1995. Guia Ilustrado da Vegetação Costeira no Extremo Sul do Brasil. 2ª Ed. Editora da FURG. Rio Grande. 275 p.
- Da Silva, C.J., Nogueira, F., Esteves, F.A., 1994. Composição química das principais espécies de macrófitas aquáticas do lago do recreio pantanal matogrossense (MT). *Brazilian Journal of Biology* 54 (4), 617-622.
- Ennabili, A., Ater, M., Radoux, M., 1998. Biomass production and NPK retention in macrophytes from wetlands of the Tingitan Peninsula. *Aquatic Botany* 62, 45-56.
- Esteves, F.A., 1998. Fundamentos de Limnologia. 2ª ed. Interciência/FINEP. Rio de Janeiro. 602p.
- Esteves, F.A., Camargo, A.F.M., 1986. Sobre o papel das macrófitas aquáticas na estocagem e ciclagem de nutrientes. *Acta Limnológica Brasilensia* 1, 273-298.
- Fassbender, H.W., 1973. Simultane P-Bestimmung in N-Kjeldahl-aufschlu von Bodenproben. *Die Phosphosaure* 30, 44-53.

- Forno, I.W., 1983. Native distribution of the *Salvinia auriculata* complex and keys to species identification. *Aquatic Botany* 17, 71–83.
- Furlanetto, L.M., Trindade, C.R.T., Albertoni, E.F., Palma-Silva, C., 2008. Variação limnológica nictemeral e sazonal em um pequeno lago raso subtropical (RS, Brasil). *In: Anais do Seminário de Estudos Limnológicos em Clima Subtropical, Rio Grande-RS. Março de 2008.*
- Gardner, J.L., Al-Hamdani, S., 1997. Interactive effects of aluminum and humic substances on *Salvinia*. *Journal of Aquatic Plant Management* 35, 30-34.
- Henry-Silva, G.G., Camargo, A.F., 2002. Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aqüicultura. *Acta Scientiarum Biological Sciences* 24 (2), 519-526.
- Henry-Silva, G.G., Pezzato, M.M., Benassi, R.F., Camargo, A.F.M., 2001. Chemical composition of five species of aquatic macrophytes from lotic ecosystems of the southern coast of the state of São Paulo (Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia* 13 (2), 11-17.
- Hickey, L.J., 1973. Classification of the architecture of dicotyledonous leaves. *American Journal of Botany* 60: 17:83.
- Huckembeck, S., 2007. Herpetofauna do campus Carreiros da Fundação Universidade Federal do Rio Grande – FURG – RS. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) Universidade Federal do Rio Grande - FURG.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – (<http://www.ibge.gov.br/home/>)
- Irgang, B.E., Gastal Jr, C.V.S., 1996. Macrófitas Aquáticas da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 290p.
- Jorgensen, S.E., Löffler, H., 1990. Guidelines of Lake Management. International lake Environment Comittee. United Nations Environment Programme. Vol. 3. 174p.
- Junk, W.J., Howard-Williams, C., 1984. Ecology of aquatic macrophytes in Amazonia. - *In: Sioli, H. (ed.): The Amazon - Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. - Dordrecht* 269-293.
- Krusche, N., Saraiva, J.M.B., Reboita, M.S., 2002. Normais climatológicas provisórias de 1991 a 2000 para Rio Grande, RS. Rio Grande. 104p.
- Lopes-Ferreira, C., 1998. A importância da região colonizada por macrófitas aquáticas na mitigação da degradação sanitária da Lagoa Imboassica. *In: Esteves, F.A., Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ).* 442p.
- Mackereth, F.J., Talling, J.F., 1978. *Water Analysis: Some Revised Methods for Limnologist.* Freshwater Biological Association, Cumbria. 120p.
- Mackinney, G., 1941. Absortion of light by by chlorophyll solutions. *Journal of Biological Chemistry* 140, 315-322.
- Manna, A.B., Singh, P.K., 1989. Rice yields as influenced by *Azolla* N₂ fixation and urea N-fertilization. *Plant and Soil* 114, 63-68.
- Mazzeo, N., Crosa, D., Sommaruga, R., 1993. Productividad y variación estacional de la biomasa de *Pistia saratiotes* L. en el reservorio del Cisne, Uruguay. *Acta Limnologica Brasiliensia* 4, 186-195.

- Meerhoff, M., Mazzeo, N., 2004. Importancia de las plantas flotantes libres de gran porte en la conservación y rehabilitación de los lagos someros de Sudamérica. Ecosistemas. Revista Científica y Técnica de Ecología e Medio Ambiente (URL:<http://revistaecosistemas.net.articulo.asp>)
- Mitchell, D.S., Thomaz, P.A., 1972. Ecology the waterweeds in the neotropics. UNESCO Technical Papers in Hydrology 12, 50 pp.
- Mitchell, D.S., 1965. Research on *Salvinia auriculata*. Lake Kariba Fish. Res. Inst. Symp. Kariba, 51-57.
- Mitchell, D.S., 1974. Aquatic Vegetation and its Use and Control. Unesco, Paris. 135p.
- Mitchell, D.S., Tur, N.M., 1975. The rate of growth of *Salvinia molesta* (*Salvinia auriculata* Aublet) in laboratory and natural conditions. Journal of Applied Ecology 12, 213-225.
- Oluín, E.J., Sánchez-Galván, G., Pérez-Pérez, T., 2007. Assessment of the phytoremediation potential of *Salvinia minima* Baker compared to *Spirodela polyrrhiza* in high-strength organic wastewater. Water Air Soil Pollut 181, 135-147.
- Palma-Silva, C., Albertoni, E.F., Esteves, F.A., 2002a. Clear water associated with biomass and nutrient variation during the growth of a Charophyte stand after a drawdown, in a tropical coastal lagoon. Hydrobiologia 482, 79-87
- Palma-Silva, C., Albertoni, E.F., Esteves, F.A., 2002b. The role of Charophytes primary production in a coastal lagoon subjected to human impacts (RJ, Brazil). Acta Limnológica Brasileira 14, 59-69.
- Palma-Silva, C., Albertoni, E.F., Oliveira, S.S., Veiga, C.C., 2001. Caracterização preliminar das comunidades em três lagos dom campus Carreiros, FURG, Rio Grande, RS. In: VIII Congresso Brasileiro de Limnologia, João Pessoa. 54p.
- Paranhos, R., 1996. Alguns Métodos para Análise de Água. UFRJ, Sub-reitoria de Ensino de Graduação e Corpo Docente. Rio de Janeiro, 200p.
- Pedralli, G., Irgang, B.E., Pereira, C.P., 1985. Macrófitas aquáticas do município de Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. Agros XX (1,2,3 e 4), 45-52.
- Pedralli, G., Teixeira, M.C.B., 2003. Macrófitas aquáticas como agentes filtradores de materiais particulados, sedimentos e nutrientes. In: Henry, R. 2003 Ecótonos nas Interfaces dos Ecossistemas Aquáticos. RiMa, São Carlos 394p.
- Pelli, A., 1994. Taxas de crescimento de *Salvinia molesta* Mitchell e sua entomofauna associada em um lago do Planalto de Lagoa Santa, MG. Belo Horizonte, 87p. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia, UFMG.
- Pereira, I., Rita, O., Paz, A.C., Carrapiço, F., 2006. DISCOVERING AZOLLA. In: Symbiosis Teaching Workshop - 5th International Symbiosis Society Congress, Vienna, August 4-10.
- Pereira, S.A., Trindade, C.R.T., Silva, J.S., Nascimento, L.V., Albertoni, E.F., Palma-Silva, C., 2007. Colonização por macroinvertebrados em *Salvinia herzogii* de la Sota em dois lagos rasos subtropicais. In: XI Congresso Brasileiro de Limnologia. Macaé – RJ.
- Pereira, S.A., Trindade, C.,R.,T., Palma-Silva, C., 2008. Levantamento e caracterização da assembléia de macrófitas aquáticas de diferentes lagos rasos subtropicais. In: Anais do Seminário de Estudos Limnológicos em Clima Subtropical - CD, Rio Grande-RS. Resumos.
- Petrucio, M.M., Esteves, F.A., 2000. Uptake rates of nitrogen and phosphorus in the water by *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata*. Brazilian Journal of Biology 60 (2), 299-236.

- Pompêo, M.L.M., Moschini-Carlos, V., 2003. Macrófitas Aquáticas e Perifiton, Aspectos Ecológicos e Metodológicos. São Carlos-SP. Rima. 134p.
- Pott, V.J., Pott, A., 2000. Plantas Aquáticas do Pantanal. Embrapa. Centro de Pesquisa Agropecuária do pantanal (Corumbá, MS) – Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. 404p.
- Prellvitz, L.J., Albertoni, E.F., 2004. Caracterização temporal da comunidade de macroinvertebrados associados a *Salvinia* spp. (Salvinaceae) em um arroio da planície costeira do Rio Grande do Sul, RS. *Acta Biologica Leopoldensia* 26, 213-223.
- Quintela, F.M., Loebmann, D., Gianuca, N.M., 2006. Répteis continentais do município de Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biociências* 14: (2), 180-188.
- Reddy, K.R., Agami, M., Tucker, J.C., 1989. Influence of nitrogen supply rates on growth and nutrient storage by water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) plants. *Aquatic Botany* 36, 33-43.
- Reddy, K.R., Agami, M., Tucker, J.C., 1990. Influence of phosphorus on growth and nutrient storage by water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) plants. *Aquatic Botany* 37, 355-365.
- Reddy, K.R., Hueston, F.M., Mckim, T., 1985. Biomass production and nutrient removal potential of water hyacinth cultured in sewage effluent. *Journal of Solar Energy Engineering* 107, 128-135.
- Rolon, A.S., Maltchik, L., Irgang, B.E., 2004. Levantamento de macrófitas aquáticas em áreas úmidas do Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Biologica Leopoldensia* 26 (1), 17-35
- Sah, R.N., Goyal, S.S., Rains, D.W., 1989. Interactive effects of exogenous combined nitrogen and phosphorus on growth and nitrogen fixation by *Azolla*. *Plant and Soil* 117, 1-8
- Schäfer, A., Araujo, M.E., Pineda, M.D.S., Schwarzbald, A., 1980, Estudo comparativo da variação diária de oxigênio em lagoas o banhado do Taim, RS. *NIDECO, Série Taim* 4, 5-38.
- Schwarzbald, A., Schäfer, A., 1984. Gênese e Morfologia das Lagoas Costeiras do Rio Grande do Sul - Brasil. *Amazoniana* 9 (1), 87-104
- Sculthorpe, C.D., 1985. *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. London: Edward Arnold (publishers) 610p.
- Sehnen, A., 1979. *Salviniaceas*. In: Reitz, R.P., *Flora Ilustrada Catarinense*. Itajaí, SC 12p.
- Trindade, C.R.T., Albertoni, E.F., Palma-Silva, C., 2004. Crescimento e preferência alimentar de *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae) em laboratório. *Acta Biologica Leopoldensia* 26(1), 51-60.
- Trindade, C.R.T., Albertoni, E.F., Palma-Silva, C., 2008a. Alterações da qualidade da água de um lago raso subtropical, provocadas pelo crescimento de excessivo de *P. stratiotes* L. (Araceae). In: *Anais do Seminário de Estudos Limnológicos em Clima Subtropical – CD*. 13pp.
- Trindade, C.R.T., Furlanetto, L.M., Palma-Silva, C., 2005. Variação Nictemeral e Sazonal dos Principais Fatores Limnológicos de um Pequeno Lago Raso Eutrófico, Subtropical (Rio Grande, RS – Brasil). *Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG*.
- Trindade, C.R.T.; Furlanetto, L.M., Albertoni, E.F., Palma-Silva, C., 2008b. Nutrientes no tecido de macrófitas aquáticas de diferentes corpos d'água rasos subtropicais. (Rio Grande – RS – Brasil). In: *Anais do Seminário de Estudos Limnológicos em Clima Subtropical – CD*. 9pp.

- Tundisi, J.G., 2003. Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez. -SP. RiMa, IIE. São Carlos 248p.
- Tung, H.F., Shen, T.C., 1981. Studies of the *Azolla pinnata*-*Anabaena azollae* symbiosis; growth and nitrogen fixation. *New Phytologist* 87, 743-749.
- Upadhyaya, A.R., Mishraa, V.K., Pandeya, S.K., Tripathib, B.D., 2007. Biofiltration of secondary treated municipal wastewater in a tropical city. *Ecological Engineering* 30, 9-15.
- Usha Rani, U.V., Bhambie, S., 1983. A study on the growth of *Salvinia molesta* Mitchell in relation to light and temperature. *Aquatic Botany* 17, 119-124.
- Valderrama, J.C., 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. *Marc. Chem.* 10, 109-122.
- Vieira, E.F., Rangel, R.S.R., 1983. Rio Grande. *Geografia Física, Humana e Econômica*. Sagra, Porto Alegre, 158p.
- Vieira, E.F., Rangel, R.S.R., 1988. Planície Costeira do Rio Grande do Sul. *Geografia Física, Vegetação e Dinâmica Sócio-Demográfica*. Sagra, Porto Alegre, 256p.
- Votto, A.P., Gomes Jr, A., Bugoni, L., Pereira Jr, J., 2006. Sazonalidade da avifauna no campus Carreiros da Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. *Estudos de Biologia* 28 (62), 45-55.
- Wetzel, R.G., 1993. *Limnologia*. 2ª ed. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1129p.
- Wooten, W.J., Dodd, J.D., 1976. Growth of water hyacinth in treated sewage effluent. *Economic Botany* 30, 29-37.

5. CAPÍTULO 1

***Salvinia herzogii* de la Sota (SALVINACEAE) em estandes monoespecífico e dentro do estande de *Typha domingensis* Pers. (TYPHACEAE) em um lago raso subtropical (Rio Grande, RS).**

Resumo

O estudo foi desenvolvido no Lago das Dunas (*campus* Carreiros – FURG, município de Rio Grande – RS), entre fevereiro de 2007 e janeiro de 2008. Neste período foram realizadas coletas mensais em dois pontos amostrais: 1- fora do estande *T. domingensis*; 2- dentro do estande de *T. domingensis*. Amostras de *S. herzogii* foram coletadas aleatoriamente em cinco repetições, utilizando um coletor circular de área conhecida. Em laboratório o material vegetal foi separado em três frações (aérea, submersa e biomassa morta) e limpo em sucessivas lavagens em água corrente. Após foi determinado o peso seco e as concentrações dos nutrientes (N-total e P-total). Amostras de água foram coletadas para a determinação das características limnológicas do lago. Durante o estudo o lago apresentou temperatura entre 13,3 e 34,0 °C, oxigênio dissolvido entre 3,58 e 9,6 mg.L⁻¹, pH levemente ácido 6,54 ± 0,45, condutividade elétrica entre 134 e 246 µS.cm⁻¹, alcalinidade entre 0,49 e 2,40 meq.L⁻¹, clorofila-a 2,52 ± 0,95 µg.L⁻¹, material em suspensão 1,10 ± 0,68 mg.L⁻¹, N-total 0,94 ± 0,24 mg.L⁻¹, e P-total 0,04 ± 0,03 mg.L⁻¹. Estas condições foram propícias para o desenvolvimento de *S. herzogii*, que esteve presente no lago durante todo ano. No ponto-1 *S. herzogii* apresentou valores de biomassa entre 83,68 e 192,38 gPS.m⁻². Os valores de N-total variaram entre 22,09 e 34,25 g.Kg⁻¹, e as concentrações de P-total entre 0,51 e 2,42 g.Kg⁻¹. No ponto-2 a biomassa variou entre 138,30 e 270,57 gPS.m⁻², diferindo significativamente do ponto-1. As concentrações de N-total e P-total variaram entre 8,99 e 40,0 g.Kg⁻¹ e 0,48 e 2,31 g.Kg⁻¹, respectivamente. Conclui-se que *Salvinia herzogii* teve seu crescimento favorecido quando se desenvolveu no interior do estande de *T. domingensis*.

Palavras-chave: Salvinaceae, coexistência, macrófitas aquáticas, lagos rasos, biomassa.

1. Introdução

Espécies do gênero *Salvinia* (Pteridophyta: Salviniaceae), apresentam uma ampla distribuição geográfica, estando ausente apenas nas regiões frias do globo (Pott e Pott, 2000). Atualmente são identificadas dez espécies deste gênero (Boschilia et al., 2006), sendo que sete ocorrem naturalmente na América do Sul (Pelli e Barbosa, 2007). Forno (1983) descreveu a ocorrência de *Salvinia herzogii* de la Sota e *Salvinia minima* Back., para o Estado do Rio Grande do Sul.

Salvinia herzogii é uma macrófita aquática flutuante de hábito livre que cresce em corpos de água doce, tais como, lagoas, canais e banhados (Cordazzo e Seeliger, 1995). Sob condições favoráveis, é rapidamente disseminada por propagação vegetativa, colonizando extensas superfícies de água em um tempo reduzido, podendo causar prejuízos aos usos múltiplos dos ecossistemas (Pott e Pott, 2000).

Benassi e Camargo (2000) ressaltam que a proliferação indesejada dessas espécies normalmente ocorre com o desenvolvimento de apenas uma ou poucas espécies de tipos ecológicos diferentes. Os autores enfatizam que o desenvolvimento de estandes monoespecíficos podem estar associados a processos competitivos, que podem influenciar o desempenho das espécies e, como consequência, os indivíduos de uma espécie podem sofrer uma redução na fecundidade, na sobrevivência ou no crescimento.

A competição pode ainda levar a uma separação ecológica chegando à exclusão competitiva como resultado da exploração de recursos ou da interferência de uma espécie sobre a outra. Por outro lado, a competição também pode provocar adaptações seletivas que facilitam a coexistência de uma diversidade de organismos numa dada área ou comunidade (Odum, 2007).

Vários autores atribuem as elevadas taxas de crescimento desta macrófita às altas concentrações de nutrientes (Esteves, 1998), entretanto Rubim e Camargo (2001) constataram que espécies de *Salvinia* desenvolvem-se em baixas concentrações de nutrientes. Os efeitos de fatores ambientais que afetam o crescimento de *Salvinia* como: temperatura, luminosidade, e concentrações de nutrientes têm sido reportados por diversos autores (Mitchell, 1965; Mitchell e Tur, 1975; Cary e Weerts, 1983; Petrucio e Esteves, 2000). Dentre os fatores bióticos,

a densidade populacional pode causar alterações morfológicas nas plantas, resultando em aumento ou diminuição da biomassa (Usha Rani e Bhambie, 1983; Coelho et al., 2000; Rubim e Camargo, 2001; Boschilia et al., 2006).

Na Planície Costeira do Estado do Rio Grande do Sul há uma grande diversidade de ecossistemas aquáticos continentais, entre arroios, lagoas costeiras e interiores e grandes extensões de banhados (Schwarzbold e Schäfer 1984; Schäfer, 1988; Prellvitz e Albertoni, 2004; Albertoni et al., 2005; Trindade et al., 2008). Segundo Vieira e Rangel (1983), a baixa profundidade destes corpos de água, os torna suscetíveis à entrada de material alóctone, contribuindo para sua fertilização, o que favorece o desenvolvimento de extensos estandes de macrófitas aquáticas, principalmente, em suas margens. Irgang e Gastal Jr. (1996) reconheceram para o RS cerca de 400–500 espécies de macrófitas e destas, 37,46% são exclusivas da Planície Costeira.

No município do Rio Grande-RS é comum a ocorrência de espécies do gênero *Salvinia*, colonizando diferentes corpos de água, formando densos estandes monoespecíficos ou coexistindo com outras macrófitas (Prellvitz e Albertoni, 2004; Pereira et al., 2008). Entretanto, há uma carência de informações regionais sobre aspectos bio-ecológicos destas macrófitas.

Buscando aprimorar o conhecimento sobre a ecologia das macrófitas aquáticas nos ecossistemas rasos da planície costeira do RS, este trabalho tem por objetivo descrever e comparar a variação da biomassa, a produtividade primária líquida e as concentrações de nutrientes nos tecidos de *S. herzogii* crescendo em estande monoespecífico e em coexistência com estande de *Typha domingensis* Pers.

2. Material e métodos

2.1. Área de estudo.

O Lago das Dunas está situado no *campus* da Universidade Federal do Rio Grande – FURG (32°04'43"S e 52°10'03"W), município do Rio Grande, RS – Brasil (FIGURA 1). O clima desta região é subtropical úmido (Cfa – segundo classificação de Köppen), caracterizado pela intensa umidade, no inverno e primavera, e seco durante o verão. Os ventos de nordeste dominam durante a

maior parte do ano, sendo que nos meses de outono e, principalmente, no inverno, ventos de sul, sobretudo sudoeste começam a ter importância significativa (Krusche et al., 2002).

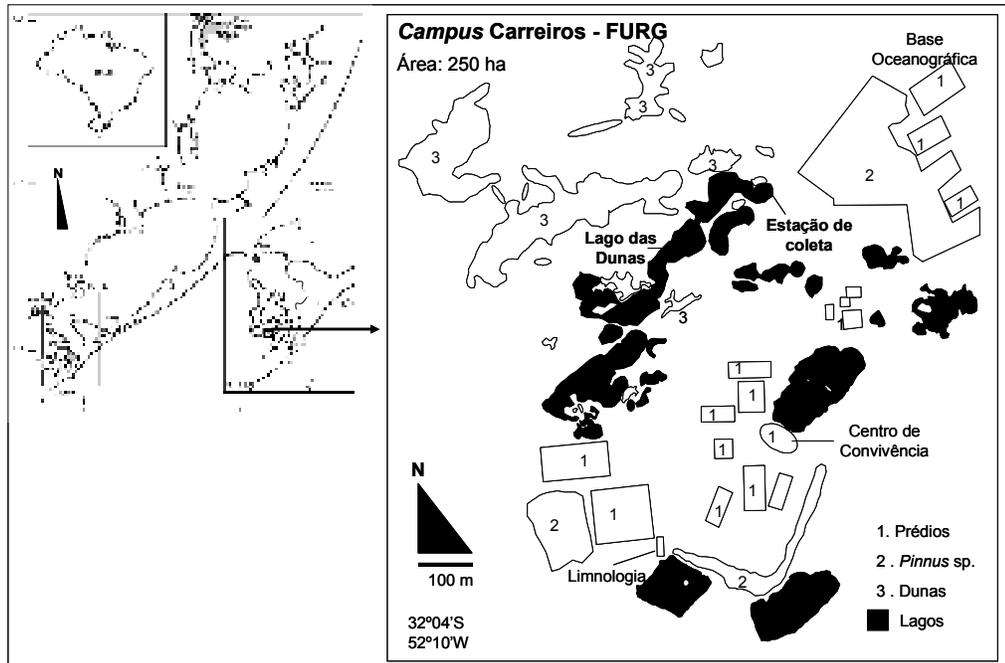


FIGURA 1 – Lago das Dunas situado no *campus* Carreiros – FURG. Rio Grande, RS – Brasil.

O lago apresenta transparência elevada da água, baixa profundidade e sofre grande influência do padrão de precipitação sazonal. Também é caracterizado por apresentar amplos e diversificados estandes de macrófitas aquáticas, constituídos por diferentes grupos ecológicos. Pereira et al. (2008) registraram até o momento a ocorrência de 29 espécies de macrófitas, distribuídas em 21 gêneros e 18 famílias. Destacam-se pela abundância *T. domingensis*, *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze, *S. herzogii*, *Utricularia* sp., e *Chara* sp.

2.2. Metodologia

O estudo foi realizado entre fevereiro de 2007 e janeiro de 2008. *Salvinia herzogii* foi coletada em intervalos mensais, utilizando um coletor circular de diâmetro 0,3 m, em cinco réplicas, aleatoriamente, em dois pontos: 1 – situado fora do estande *T. domingensis*; 2 – situado dentro do estande de *T. domingensis*.

Todas as plantas contidas no coletor foram acondicionadas em sacos plásticos etiquetados e levadas para o laboratório. Neste, as plantas foram separadas manualmente em folhas áreas = FA; folhas submersas = FS; biomassa morta total = BM (material com mais de 50% da superfície marrom) e depois lavadas com água corrente para a remoção de partículas sólidas, perifíton e macroinvertebrados.

Após a lavagem, as plantas foram colocadas sobre papel seco em local arejado, para a remoção do excesso de água. A secagem completa foi realizada em estufa à temperatura a 60 °C, por aproximadamente 72 horas, até atingir peso constante (material quebradiço ao toque), para a determinação do peso seco (PS). A determinação da biomassa foi feita a partir do peso médio das cinco amostras e foi expressa em gPS.m^{-2} .

Depois de secas e pesadas as plantas foram moídas em liquidificador e passadas em peneira (500 μm de malha). Este material foi armazenado em sacos plásticos para posterior determinação de nitrogênio e de fósforo por peso seco de tecido. O método analítico para a determinação de nitrogênio total utilizado foi o de Kjeldahl, proposto por Allen et al. (1974). Os teores de fósforo total foram determinados segundo metodologia descrita em Fassbender (1973) e Baumgarten e Rocha (1996). Os resultados foram expressos em g.Kg^{-1} de peso seco.

Valores para a produtividade primária líquida foram obtidos utilizando a técnica proposta por Smalley e utilizada por Palma-Silva et al. (2000). Este método determina a produção primária líquida considerando a variação da biomassa viva e morta em duas amostras consecutivas como segue:

Quando, $\Delta BV > 0$ e $\Delta BM > 0$; $\text{PPL} = \Delta BV + \Delta BM$

Quando, $\Delta BV < 0$ e $\Delta BM < 0$; $\text{PPL} = 0$

Quando, $\Delta BV > 0$ e $\Delta BM < 0$; $\text{PPL} = \Delta BV$

Quando, $\Delta BV < 0$ e $\Delta BM > 0$; se $(\Delta BV + \Delta BM) > 0$, este valor é a PPL; se $(\Delta BV + \Delta BM < 0)$, $\text{PPL} = 0$

Onde:

ΔBV = variação da biomassa viva no intervalo;

ΔBM = variação da biomassa morta no intervalo;

PPL = produção primária líquida no intervalo.

Paralelamente, o lago foi caracterizado por meio da análise das variáveis limnológicas. Em campo foram determinadas: profundidade, temperatura e oxigênio dissolvido, ambos com oxímetro digital (OAKTON); o pH e condutividade elétrica com pHmetro e condutivímetro digital portátil (HANNA). Amostras de água foram coletadas da superfície do lago, próximo aos dois pontos de coleta das macrófitas. Estas foram acondicionadas em garrafas de polietileno e transportadas ao laboratório, onde foram determinadas a alcalinidade total, clorofila-*a*, material em suspensão e as concentrações de nutrientes (N-total e P-total).

A alcalinidade total foi determinada pelo método de Gran descrito por Carmouze (1994), e os resultados foram expressos em meq.L⁻¹. O Nitrogênio total (N-total) foi determinado pelo método de Kjeldahl, descrito por Mackereth et al. (1978). A concentração de Fósforo total (P-total) foi determinada segundo metodologia descrita por Valderrama (1981) e Baumgarten e Rocha (1996). Os resultados dos nutrientes (N-total e P-total) foram expressos em mg.L⁻¹.

Os valores do material em suspensão foram obtidos por meio da filtração de volumes de água conhecidos, utilizando filtros (GF/C). A estimativa foi feita pelo método gravimétrico, descrito por Paranhos (1996), e os resultados expressos em mg.L⁻¹. As concentrações de clorofila-*a* foram determinadas por método adaptado a partir de Mackinney (1941), Paranhos (1996) e Chorus e Bartram (1999), o qual se baseia na determinação do material retido em filtros de fibra de vidro (GF/C). Os pigmentos foram extraídos com metanol por 24 horas, mantidos em refrigerador e protegidos da luz. A estimativa foi feita por leitura em espectrofotômetro e os resultados expressos em µg.L⁻¹. Os dados meteorológicos do período do estudo foram cedidos pelo Laboratório de Meteorologia-FURG.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa GraphPadTM InStat 3.0. Aos resultados obtidos foi aplicado o teste *t* para verificar a ocorrência de diferenças significativas ($p < 0,05$) do conjunto de valores médios de biomassa total de cada data amostral em cada ponto de coleta. Foi utilizada a correlação de Pearson para verificar os valores de correlação entre concentração de nutrientes na coluna de água e na biomassa vegetal.

3. Resultados e discussão

3.1. Caracterização do ambiente durante o período de estudo.

Os resultados das variáveis meteorológicas são apresentados na TABELA 1. A temperatura do ar apresentou valores médios (mín. e máx.) entre 15,0 e 22,3 °C (primavera) e 19,8 e 28,2 °C (verão), 24,3 e 16,1 °C (outono) 15,3 e 8,1 °C (inverno). O período entre março e setembro foi caracterizado pelos maiores valores de precipitação pluviométrica. Os valores de incidência da radiação solar variaram entre 93,4 h (agosto) e 280,8 h (dezembro). Estes resultados demonstram a variação sazonal do clima da região.

TABELA 1 – Variáveis meteorológicas do período de estudo. Valores médios de temperatura do ar, velocidade do vento e taxa de precipitação. Dados fornecidos pelo Laboratório de Meteorologia – FURG.

| Data | Temperatura do Ar (°C) | | Velocidade do Vento (m/s) | Taxa de Precipitação (mm) | Dias de Precipitação | Horas de Insolação |
|------|------------------------|-------|---------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------|
| | Mín | Máx | | | | |
| Fev | 20,68 | 30,05 | 3,25 | 83,9 | 8 | 240 |
| Mar | 20,96 | 28,49 | 2,44 | 129,1 | 12 | 162,8 |
| Abr | 17,45 | 26,06 | 1,93 | 139,9 | 10 | 193,7 |
| Mai | 9,88 | 18,39 | 2,62 | 104,4 | 13 | 174,6 |
| Jun | 8,72 | 16,54 | 2,27 | 280 | 17 | 123,3 |
| Jul | 6,56 | 14,68 | 2,22 | 109,4 | 12 | 169,3 |
| Ago | 9,05 | 14,64 | 2,93 | 201,4 | 19 | 93,4 |
| Set | 13,64 | 20,9 | 3,54 | 116,4 | 9 | 149,9 |
| Out | 16,2 | 22,69 | 3,76 | 87,3 | 12 | 151,9 |
| Nov | 15,05 | 23,44 | 3,6 | 99,2 | 10 | 276,5 |
| Dez | 18,59 | 26,97 | 3,31 | 57,5 | 5 | 288,8 |
| Jan | 20,12 | 27,71 | 4,77 | 102,9 | 5 | 278 |

Durante o estudo o lago apresentou a profundidade máxima variando de 0,30 a 1,5 m, no período de estiagem e no de maior pluviosidade, respectivamente. Na TABELA 2 são mostrados os resultados das variáveis limnológicas. A temperatura da água apresentou um padrão de variação sazonal acompanhando as variações de temperatura atmosférica, com média de $26 \pm 4,9$ °C nas estações quentes (primavera-verão), e $16,9 \pm 4,8$ °C durante as estações frias (outono-inverno). Os valores de oxigênio dissolvido estiveram compreendidos entre 3,58 e 9,56 mg.L⁻¹, e média anual de $6,85 \pm 1,7$ mg.L⁻¹. O pH da água mostrou-se levemente ácido com valores médios de $6,54 \pm 0,45$. O

maior valor de condutividade elétrica foi registrado em fevereiro (246 $\mu\text{S.cm}^{-1}$), durante o período de estiagem, e o menor em agosto (135,8 $\mu\text{S.cm}^{-1}$).

Os valores de clorofila-a mantiveram-se entre 1,51 e 4,1 $\mu\text{g.L}^{-1}$, com média de $2,5 \pm 0,95 \mu\text{g.L}^{-1}$ e o material em suspensão entre 0,5 e 2,5 mg.L^{-1} , com média de $1,10 \pm 0,68 \text{mg.L}^{-1}$, respectivamente. As concentrações de nitrogênio total da água variaram entre 0,71 e 1,52 mg.L^{-1} e média de $0,94 \pm 0,24 \text{mg.L}^{-1}$ e o fósforo total entre 0,01 e 0,09 mg.L^{-1} média de $0,04 \pm 0,03 \text{mg.L}^{-1}$ (FIGURA 2).

TABELA 2 – Variáveis abióticas do lago das dunas durante o período de estudo. Temp: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$); OD: Oxigênio Dissolvido (mg.L^{-1}); Alc: Alcalinidade total (mEq.L^{-1}); CE: Condutividade Elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$); MS: Material em Suspensão (mg.L^{-1}); Chl-a: Clorofila-a ($\mu\text{g.L}^{-1}$); N-total: Nitrogênio total (mg.L^{-1}); P-total: Fósforo total (mg.L^{-1}).

| Coleta | Temp. | OD | pH | Alc. | CE | Chl-a | MS | N-total | P-total |
|--------|-------|------|------|------|-------|-------|-----|---------|---------|
| Fev | 34 | 9,56 | 7,7 | 2,15 | 246 | 2,08 | 1,6 | 1,27 | 0,03 |
| Mar | 26 | 8 | 6,15 | 1,60 | 219 | 1,51 | 1 | 1,52 | 0,08 |
| Abr | 16 | 5,96 | 6,7 | 2,40 | 230 | 1,75 | 1,2 | 1,09 | 0,04 |
| Mai | 17,1 | 7,67 | 6,5 | 1,90 | 215 | - | 0,9 | 0,86 | 0,01 |
| Jun | 15 | 7,65 | 6,11 | 1,40 | 190 | - | - | 0,95 | 0,07 |
| Jul | 13,9 | 7 | 6,7 | 0,60 | 155 | - | - | - | - |
| Ago | 13,3 | 8,95 | 6,8 | 0,49 | 135,8 | - | 0,5 | 0,86 | 0,04 |
| Set | 19,8 | 5,82 | 6,11 | 0,99 | 144 | - | - | 0,86 | 0,02 |
| Out | 22,3 | 4,12 | 6,12 | 1,19 | 144 | - | - | 0,74 | 0,03 |
| Nov | 25,5 | 7,05 | 6,6 | 0,97 | 150 | 2,97 | - | 0,71 | 0,09 |
| Dez | 26,6 | 3,58 | 6,58 | 1,24 | 194 | 4,1 | 2,5 | 0,74 | 0,06 |
| Jan | 27,8 | 6,81 | 6,4 | 0,81 | 134 | 2,7 | 0,5 | 0,75 | 0,02 |

- não determinado.

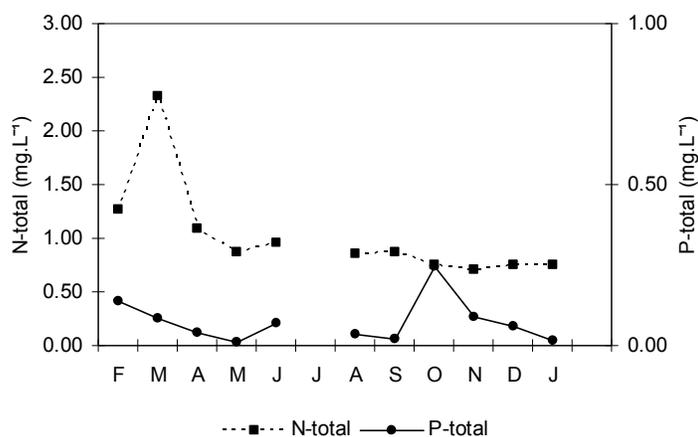


FIGURA 2 – Variação de nutrientes na água do Lago das Dunas, durante o período de estudo. N-total: Nitrogênio total (mg.L^{-1}); P-total: Fósforo total (mg.L^{-1}).

As concentrações de clorofila-a ($< 5 \mu\text{g.L}^{-1}$), e a pequena flutuação do oxigênio dissolvido, registrados neste estudo, assemelham-se aos resultados encontrados por Petrucio e Esteves (2000). Estes autores ressaltam que essas características podem indicar uma pequena influência da comunidade fitoplanctônica no sistema.

3.2. Biomassa e produção primária de *Salvinia herzogii*.

Na TABELA 3 são apresentados os valores de biomassa das diferentes frações (aérea, submersa e morta) e a produtividade primária de *S. herzogii* nos dois pontos de coleta.

TABELA 3 – Biomassa e produtividade primária líquida de *Salvinia herzogii* no Lago das Dunas, durante o período de estudo. Biomassa (gPS.m^{-2}); FA: Folhas Aéreas; FS: Folhas Submersas; BM: Biomassa Morta; BT: Biomassa Total; PPL: Produtividade Primária Líquida ($\text{gPS.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$). Ponto-1: situado fora do estande de *Typha domingensis*; Ponto-2: situado dentro do estande *Typha domingensis*.

| Coleta | FA | | FS | | BM | | BT | | PPL | |
|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|------|------|
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Fev | 62,51 | 81,63 | 57,03 | 37,54 | 37,96 | 31,02 | 157,51 | 150,19 | 0 | 0 |
| Mar | 36,46 | 75,01 | 19,41 | 36,40 | 27,82 | 26,88 | 83,68 | 138,30 | 0 | 0 |
| Abr | 62,44 | 70,20 | 70,08 | 83,48 | 32,95 | 28,75 | 165,47 | 182,44 | 2,82 | 1,52 |
| Mai | 53,94 | 80,61 | 60,34 | 68,57 | 37,80 | 45,71 | 152,08 | 194,89 | 0 | 0,42 |
| Jun | 52,58 | 91,02 | 45,78 | 53,65 | 35,24 | 62,66 | 133,60 | 207,34 | 0 | 0,46 |
| Jul | 53,91 | 90,23 | 30,62 | 53,17 | 47,88 | 113,91 | 132,41 | 257,31 | 0 | 2,0 |
| Ago | 49,69 | 93,51 | 23,99 | 36,63 | 50,40 | 89,21 | 124,08 | 219,35 | 0 | 0 |
| Set | 73,60 | 97,73 | 43,09 | 37,71 | 57,51 | 77,45 | 174,19 | 212,89 | 1,93 | 0,2 |
| Out | 88,53 | 115,30 | 56,77 | 49,77 | 47,08 | 98,39 | 192,38 | 263,46 | 0,99 | 1,74 |
| Nov | 53,99 | 109,89 | 71,19 | 56,18 | 59,26 | 104,50 | 184,45 | 270,57 | 0 | 0,25 |
| Dez | 49,43 | 109,77 | 45,01 | 75,64 | 46,83 | 73,63 | 141,27 | 259,04 | 0 | 0,77 |
| Jan | 40,31 | 64,76 | 66,49 | 41,78 | 42,07 | 36,01 | 148,87 | 142,55 | 0,25 | 0 |

No ponto-1, fora do estande de *T. domingensis*, a biomassa total *S. herzogii* variou entre 83,68 e 192,38 gPS.m^{-2} com média de $149,17 \pm 29,52 \text{ gPS.m}^{-2}$. O menor valor foi registrado em março, sendo que em abril a planta apresentou praticamente o dobro de biomassa ($165,47 \text{ gPS.m}^{-2}$). A partir deste período foi observado um decréscimo gradual até o mês de agosto, quando foi registrado $124,08 \text{ gPS.m}^{-2}$. Os maiores valores de biomassa foram verificados entre os meses de setembro ($174,19 \text{ gPS.m}^{-2}$), outubro ($192,38 \text{ gPS.m}^{-2}$) e novembro ($184,45 \text{ gPS.m}^{-2}$).

O maior valor de produtividade primária foi estimado para o mês de abril sendo de $2,82 \text{ gPS.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$, seguido de $1,93 \text{ gPS.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ em setembro e $0,99$

gPS.m⁻².d⁻¹ em outubro (TABELA 3). Para os demais meses não foi possível calcular a taxa de produtividade primária, visto que tanto para os valores de biomassa viva quanto para os valores de biomassa morta obteve-se variação negativa. A variação de biomassa das diferentes frações é apresentada na FIGURA 3.

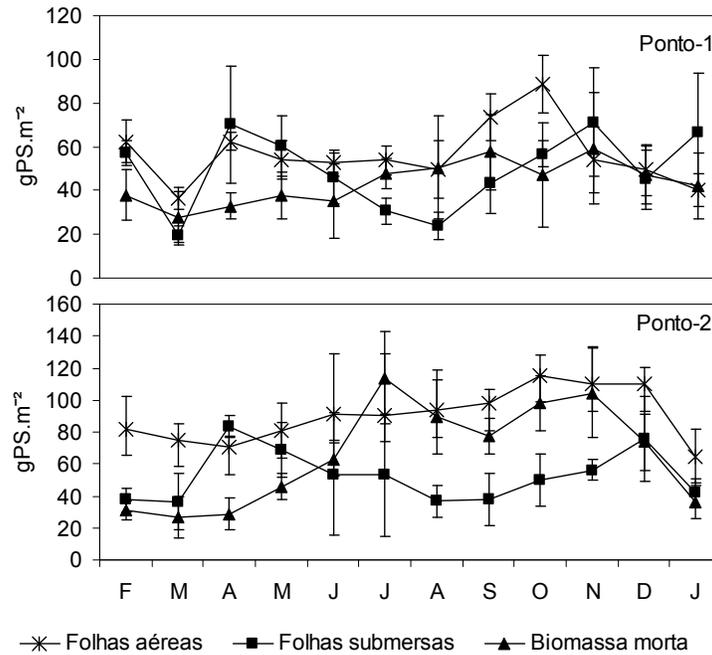


FIGURA 3 – Variação da biomassa das folhas aéreas e submersas, e da biomassa morta de *Salvinia herzogii* no Lago das Dunas, durante o período de estudo. Ponto-1: situado fora do estande de *Typha domingensis*. Ponto-2: situado dentro de estande *Typha domingensis*.

As frações de biomassa, no ponto-1, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$). A variação de biomassa morta foi influenciada pelas variações da biomassa aérea, que variou entre (mín. e máx.) 36,46 e 88,53 gPS.m⁻² com média de $56,45 \pm 14,09$ gPS.m⁻², e submersa com valores entre 19,41 e 71,19 gPS.m⁻² e média de $49,15 \pm 17,57$ gPS.m⁻². Durante o estudo a maior contribuição para a biomassa total foi das frações aéreas com média de $38,02 \pm 5,56$ % do peso total, seguido do material senescente $32,29 \pm 8,35$ % e folhas submersas $29,69 \pm 5,98$ % (FIGURA 4a).

Os valores de biomassa total registrados no ponto-2, dentro do estande de *T. domingensis*, variaram entre 138,30 e 270,57 gPS.m⁻² com média de $208,19 \pm 48,14$ gPS.m⁻². Igualmente ao ponto-1, o menor valor de biomassa foi registrado em março. A partir de abril observou-se um acréscimo de biomassa até o mês

julho, quando foi registrado 257,31 gPS.m⁻². Os maiores valores de biomassa total foram registrados nos meses de outubro (363,46 gPS.m⁻²), novembro (270,57 gPS.m⁻²) e dezembro (259,04 gPS.m⁻²) (TABELA 3).

A maior taxa de produtividade primária líquida foi estimada para o mês de junho com valor de 2,0 gPS.m⁻².d⁻¹, e o menor em setembro de 0,2 gPS.m⁻².d⁻¹. Em outubro a planta apresentou uma produtividade de 1,74 gPS.m⁻².d⁻¹. Nos meses de novembro e dezembro a planta apresentou valores inferiores de produtividade 0,25 e 0,77 gPS.m⁻².d⁻¹, respectivamente (TABELA 3).

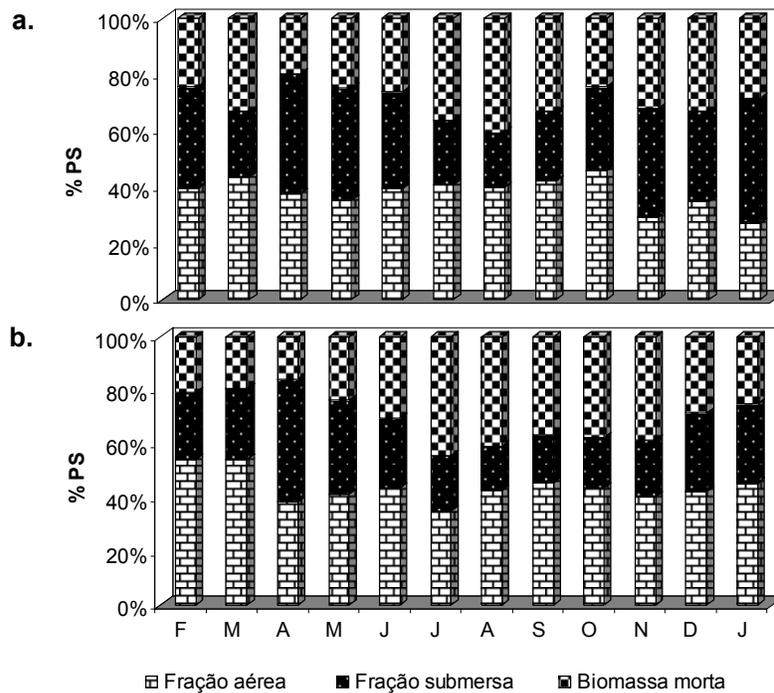


FIGURA 4 – Contribuição relativa das frações de biomassa (aérea, submersa e morta) de *Salvinia herzogii*. a) Ponto-1: fora do estande de *Typha domingensis*. b) Ponto-2: dentro do estande de *Typha domingensis*.

No ponto-2 a fração aérea apresentou uma variação moderada ao longo do estudo, com valores entre 64,76 e 115,30 gPS.m⁻² e média de 89,97 ± 16,27 gPS.m⁻². As folhas submersas apresentaram valores entre 36,40 e 83,48 gPS.m⁻² com média de 52,54 ± 16,08 gPS.m⁻², contribuindo consideravelmente para o acúmulo de biomassa morta que apresentou valores entre 26,88 e 113,91 gPS.m⁻², e média de 65,68 ± 31,65 gPS.m⁻² (FIGURA 3). As frações aérea e submersa apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). A maior contribuição para a biomassa total foi das folhas aéreas com média de 44,01 ±

5,65 % do peso total, seguido da biomassa morta com $30,04 \pm 9,32$ %, e da fração submersa $25,95 \pm 8,31$ % (FIGURA 4b).

Diversos estudos reportaram à influência de parâmetros ambientais, como concentração de nutrientes, temperatura e luminosidade sobre o crescimento de espécies de *Salvinia* (Gaudet, 1973; Mitchell e Tur, 1975; Cary e Weerts, 1981).

Cary e Weerts (1983), trabalhando com *S. molesta*, encontraram melhores taxas de crescimento e absorção de nutrientes, com temperatura entre 24 e 28°C. Petrucio e Esteves (2000), em experimentos com *S. auriculata*, registraram o seu ótimo de produção a 25° C. Neste estudo maior produtividade foi registrada no mês de abril com temperatura da água de 16°C, entretanto, neste período, a temperatura atmosférica apresentou uma amplitude de variação entre 17,45 e 26,06 °C. Cabe ressaltar que a mensuração dos dados de temperatura da água reflete os valores encontrados apenas no momento da coleta, o que pode explicar a discrepância entre os dados de temperatura do ar e da água. Os maiores valores de biomassa registrados neste estudo foram nos meses de setembro, outubro e novembro com temperatura da água de 19; 22 e 25°C, respectivamente, e temperatura do ar de 22,3; 25,5 e 26°, respectivamente.

A ação do vento formando ondas sobre a superfície do lago também pode ter influenciado o peso das plantas. Toerien et al. (1983) verificaram que a forte ação das ondas é um dos fatores que podem, aparentemente, contribuir para o controle biológico da *S. molesta*. Neste estudo, constatou-se (observações *in situ*) que o vento por diversas vezes além de provocar ondas na superfície do lago, deslocava o estande *S. herzogii* (ponto-1), de acordo com sua direção, o que pode ter causado efeitos no metabolismo das plantas e, conseqüentemente, ter interferido na produção de biomassa.

Usha Rani e Bhambie (1983) verificaram que a variação sazonal na intensidade da luz e temperatura tem um apreciável efeito no crescimento de *S. molesta*. Os autores constataram, à sombra, que esta espécie obteve maior crescimento e maior peso fresco em períodos de elevada temperatura e intensidade luminosa. Em nosso estudo, a intensidade da luz não foi mensurada, entretanto, pode-se verificar que durante os períodos de maior radiação solar (hora), registrados nos meses do verão (Tabela 1), *S. herzogii* apresentou declínio de biomassa, principalmente, no ponto-1 (fora do estande de *T. domingensis*).

A densidade das plantas parece ter sido outro fator importante, influenciando nas diferenças de biomassa encontradas nos dois pontos amostrais. No ponto-2 *S. herzogii* foi encontrada colonizando reduzidos espaços entre os rametes de *T. domingensis*, permanecendo durante todo o estudo em alta densidade. De acordo com Sculthorpe (1985), sob alta densidade *Salvinia* exibe um aumento na área foliar. Coelho et al. (2000) demonstraram que em maior densidade *Salvinia auriculata* apresentou maior peso e tamanho das folhas flutuantes e submersas. Esta resposta plástica permite que a planta maximize a área foliar fotossintética, onde a competição por luz é intensa e o espaço é restrito para o crescimento horizontal (Coelho et al., 2000). Os autores ressaltam que maiores folhas submersas, em alta densidade, conferem uma vantagem competitiva ao ramete, podendo aumentar a eficiência na competição e captura de nutrientes. Sob alta densidade, no ponto-2 *S. herzogii* apresentou os maiores ganhos de biomassa total, quando comparados aos valores obtidos no ponto-1.

A FIGURA 5 apresenta a variação mensal da biomassa total média nos dois pontos de coleta. A comparação entre estes valores médios detectou diferenças significativas ($p < 0,001$) entre os dois pontos amostrais.

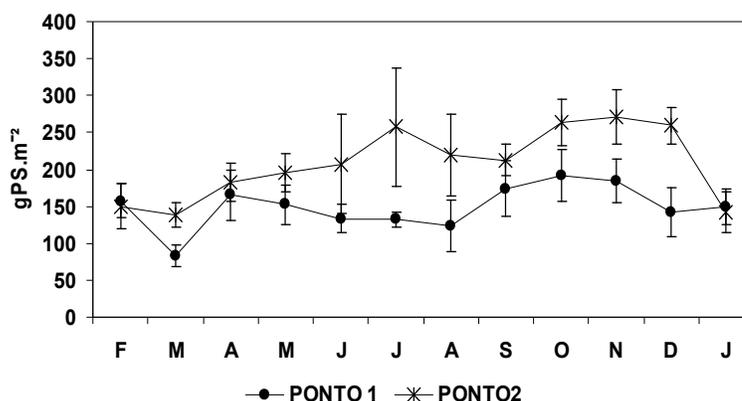


FIGURA 5 – Variação da biomassa total de *Salvinia herzogii* nos dois pontos de coleta, durante o período de estudo. Biomassa total (gPS.m⁻²). Ponto-1: fora do estande de *Typha domingensis*; Ponto-2: dentro do estande de *Typha domingensis*.

Fora do estande de *T. domingensis*, *S. herzogii* desenvolveu-se livremente sob a superfície do lago, em direção à região limnética, permanecendo sob baixa densidade. Boschilia et al. (2006), investigando a plasticidade morfológica de *S.*

herzogii em microcosmos, constataram que esta espécie reduziu a largura das folhas em média e baixa densidades populacionais.

Segundo Sculthorpe (1985), não é incomum para diferentes formas de macrófitas coexistirem, com uma criando um habitat favorável para outra. Neste estudo o estande de *T. domingensis* (ponto-2) propiciou um ambiente estável para a colonização de *S. herzogii*, abrigado da ação do vento e da radiação solar intensa, além de diminuir os espaços para sua colonização, aumentando sua densidade.

3.3. Nutrientes na biomassa de *Salvinia herzogii*

Os valores dos nutrientes na biomassa de *S. herzogii* são apresentados na TABELA 4. As variações das concentrações de N-total e P-total nas três frações de biomassa (aérea, submersa e morta) são mostradas na FIGURA 6.

Os maiores valores de N-total na biomassa de *S. herzogii*, em ambos os pontos de coleta, foram registrados nos primeiros meses do estudo. As concentrações médias de N-total nas três frações de biomassa não apresentaram diferenças estatisticamente significativa, em um mesmo ponto de coleta e entre os pontos ($p > 0,05$). No ponto-1 os valores de N-total variaram entre 22,09 e 34,25 $\text{g.Kg}^{-1}\text{PS}$, sendo que os maiores valores foram encontrados nas folhas submersas (15,11 $\text{g.Kg}^{-1}\text{PS}$). No ponto-2 os valores de N-total variaram entre 11,16 e 40 $\text{g.Kg}^{-1}\text{PS}$, e os maiores valores foram registrados nas folhas aéreas (17,04 $\text{g.Kg}^{-1}\text{PS}$). Em ambos os pontos (1 e 2) a biomassa morta obteve valores médios de N-total próximos aos das outras duas frações (14,62 e 16,1 $\text{g.Kg}^{-1}\text{PS}$, respectivamente).

Contrastando com o Nitrogênio as concentrações de Fósforo na biomassa de *S. herzogii* apresentaram valores elevados nos últimos meses do estudo, em ambos os pontos de coleta. As concentrações médias de P-total nas frações de biomassa nos dois pontos não apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$). No ponto-1 os valores de Fósforo variaram entre (0,51 e 2,42 $\text{g.Kg}^{-1}\text{PS}$), sendo que os maiores valores foram registrados na fração submersa (1,42 $\text{g.Kg}^{-1}\text{PS}$). No ponto-2 os valores de P-total variaram entre 0,48 e 2,31 $\text{g.Kg}^{-1}\text{PS}$, com os maiores valores registrados para a biomassa morta (1,27 $\text{g.Kg}^{-1}\text{PS}$).

TABELA 4 – Concentração de nutrientes na biomassa de *Salvinia herzogii* nos dois pontos amostrais. N-total: nitrogênio total; P-total: fósforo total. Ponto-1: situado fora do estande de *Typha domingensis*; Ponto-2: situado dentro do estande *Typha domingensis*.

| Ponto | N-total g.Kg ⁻¹ | | P-total g.Kg ⁻¹ | | N-total gPS.m ⁻² | | P-total gPS.m ⁻² | | N:P | |
|-------|-------------------------------|-------|-------------------------------|------|--------------------------------|--------|--------------------------------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Fev | 26,98 | 22,71 | 0,59 | 0,48 | 382,13 | 321,66 | 8,42 | 6,77 | 45,38 | 47,52 |
| Mar | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Abr | 25,68 | 40,00 | 0,76 | 0,87 | 363,75 | 566,54 | 10,82 | 12,26 | 33,61 | 46,20 |
| Mai | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Jun | 31,81 | 30,84 | 0,74 | 0,67 | 450,52 | 436,82 | 10,44 | 9,51 | 43,14 | 45,93 |
| Jul | 32,09 | 16,44 | 0,51 | 0,59 | 454,57 | 232,92 | 7,19 | 8,37 | 63,18 | 27,84 |
| Ago | 34,25 | 11,71 | 0,81 | 0,93 | 485,08 | 165,87 | 11,51 | 13,23 | 42,13 | 12,54 |
| Set | 24,39 | 11,16 | 0,89 | 0,60 | 345,53 | 158,01 | 12,58 | 8,55 | 27,47 | 18,49 |
| Out | 22,09 | 11,98 | 0,80 | 0,90 | 312,86 | 169,62 | 11,35 | 12,80 | 27,57 | 13,25 |
| Nov | 23,04 | 8,99 | 2,42 | 2,15 | 326,32 | 127,29 | 34,22 | 30,47 | 9,54 | 4,18 |
| Dez | 30,08 | 10,16 | 1,89 | 2,31 | 426,04 | 143,91 | 26,75 | 32,76 | 15,93 | 4,39 |
| Jan | 28,54 | 13,65 | 1,96 | 1,54 | 404,31 | 193,39 | 27,76 | 21,85 | 14,57 | 8,85 |

- não foram determinados

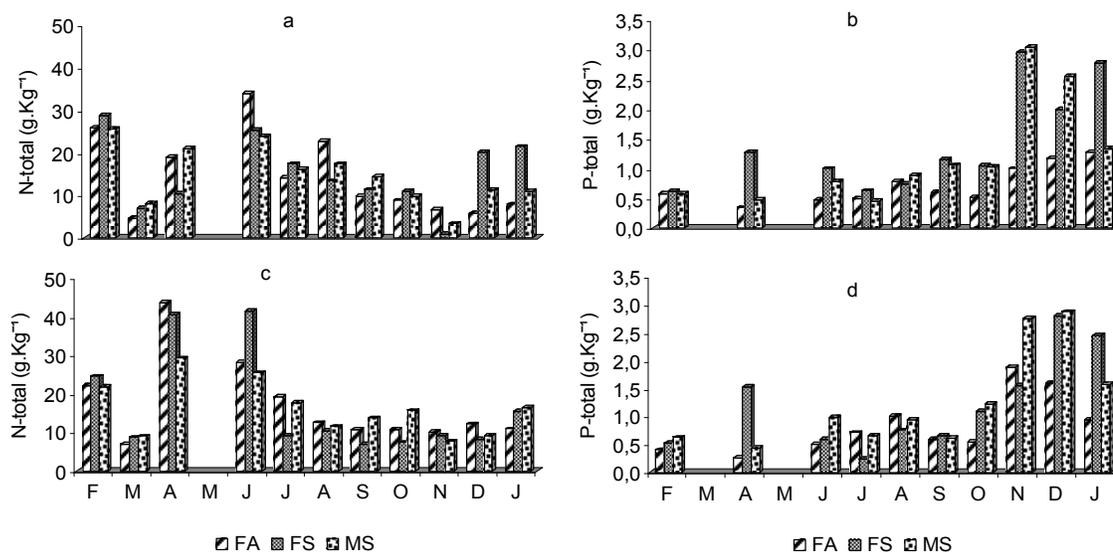


FIGURA 6 – Concentração de nutrientes (N e P) na biomassa (aérea, submersa, morta) de *Salvinia herzogii* nos dois pontos de coleta, a e b (ponto-1); c e d (ponto-2).

Os maiores valores de estoque de nitrogênio no ponto-1 foram registrados entre os meses de junho e agosto, coincidindo com o decréscimo da biomassa aérea e submersa. No ponto-2 os maiores valores de N-total estocados foram registrados em abril. Em ambos os pontos de coleta os maiores teores de P-total

estocados na planta foram registrados entre novembro e janeiro, quando a biomassa das três frações de *S. herzogii* diminuiu consideravelmente.

Diferentes valores para N-total e P-total em diferentes partes da mesma planta (emersa e submersa) têm sido mostrados por vários autores (Barbieri 1991; Esteves e Camargo, 1986; Nogueira et al., 1996; Henry-Silva e Camargo, 2002). Da Silva et al. (1994) ressaltam que a composição química das diferentes partes da planta reflete a função da estrutura vegetal.

Salvinia herzogii apresentou uma grande variação na razão N:P (TABELA 4), demonstrando a variação destes nutrientes na planta. Palma-Silva et al. (2004) salientam que a relação N:P é comumente usada para interpretar as condições em que as espécies estão expostas. Os autores ressaltam que uma taxa N:P maior que 30 indica deficiência de fósforo, quando a taxa é menor que 10 existe deficiência de nitrogênio. Neste estudo, no ponto-1, *S. herzogii* apresentou deficiência de fósforo entre os meses de fevereiro e agosto. Em novembro a planta apresentou baixa relação N:P, indicando deficiência de Nitrogênio. No ponto-2 foi verificada deficiência de Fósforo, nos três primeiros meses de estudo, e de Nitrogênio a partir de novembro. As concentrações de fósforo verificadas neste estudo são semelhantes às encontradas na literatura, entretanto os valores de nitrogênio mostraram-se um pouco superiores aos encontrados por outros autores, para outras espécies deste gênero (TABELA 5).

Henry-Silva et al. (2001) encontraram diferenças nas composições químicas de cinco espécies de macrófitas aquáticas de diferentes locais, e atribuíram estes resultados às formas de vidas das macrófitas e as características limnológicas dos ambientes. Da Silva et al. (1994) e Henry-Silva e Camargo (2002) ressaltam que as diferenças intraespecíficas nos teores de N e P provavelmente estejam associadas aos diferentes estados tróficos dos corpos de água. Segundo Nogueira et al. (1996) as macrófitas aquáticas têm duas principais fontes de nutrientes no ambiente aquático: a coluna da água e o sedimento. Para *S. herzogii* a coluna d'água é a principal fonte de nutrientes, no entanto, não foram encontradas correlações estatisticamente significativas entre as concentrações de N e P das plantas e da água.

TABELA 5 – Composição química de algumas espécies de macrófitas aquáticas analisadas por diferentes autores. Os valores são mostrados em % PS. FA: folhas aéreas; FS: folhas submersas; PS: peso seco.

| Espécies | Fração | N (% PS) | P (% PS) | Autores |
|-----------------------------|--------|----------|----------|------------------------------|
| <i>Salvinia auriculata</i> | Total | 1,28 | 0,08 | Piedade et al. (1997) |
| <i>Salvinia auriculata</i> | Total | 1,95 | 0,24 | Hoard-Williams e Junk (1977) |
| <i>Salvinia moleta</i> | Total | 1,55 | 0,15 | Henry-Silva et al. (2001) |
| <i>Salvinia molesta</i> | Total | 1,4 | 0,26 | Henry-Silva e Camargo (2002) |
| <i>Salvinia minima</i> | Total | 2,73 | 0,1 | Trindade et al. (2008) |
| <i>Salvinia herzogii</i> | FA | 3,4 | 0,12 | Neste estudo (Ponto-1) |
| | FS | 2,5 | 0,29 | |
| | FA | 2,8 | 0,18 | Neste estudo (Ponto-2) |
| | FS | 3,33 | 0,28 | |
| <i>Eichhornia crassipes</i> | FA | 2,2 | 0,1 | Da Silva et al. (1994) |
| | FS | 1,7 | 0,1 | |
| <i>Eichhornia azurea</i> | FA | 1,2 | 0,1 | Da Silva et al. (1994) |
| | FS | 3,6 | 0,2 | |
| <i>Pistia stratiotes</i> | FA | 4,87 | 0,88 | Trindade et al. (2008) |
| <i>Azolla filiculoides</i> | Total | 2,57 | 0,18 | Trindade et al. (2008) |

Por meio de observações *in situ* constatou-se que a necromassa de *S. herzogii* contribuí, consideravelmente, para a formação do detrito que fica retido entre os rametes de *T. domingensis*. Nogueira e Esteves (1994) ressaltam que o acúmulo de biomassa morta pode favorecer a instalação de micro e macroorganismos decompositores, que contribuem para a o aporte de nutrientes do sedimento.

Desta forma pode-se inferir que *S. herzogii* e *T. domingensis* são favorecidas quando crescem associadas. Nesta situação, parte dos nutrientes liberados pela decomposição de *S. herzogii*, podem ser disponibilizados tanto para a coluna d'água, podendo ser reincorporados pelo seu próprio estande, quanto para o sedimento, onde pode ficar disponível para a cadeia de detritos e/ou ser absorvidos pelas raízes de *T. domingensis*. Assim, *S. herzogii* contribui para a manutenção do estande de *T. dominguensis*, através do "input" de nutrientes para o sedimento, enquanto que *T. dominguensis* facilita o desenvolvimento de *S. herzogii* propiciando um microhabitat estável para sua colonização.

Estudos enfocando as inter-relações entre macrófitas aquáticas de diferentes grupos ecológicos vêm sendo desenvolvidos. Esta constatação indica que podem ser comuns interações positivas quando ocorrem assembléias de macrófitas aquáticas, entretanto são escassos os trabalhos abordando este tema.

Henry-Silva e Camargo (2005) salientam que o conhecimento das relações ecológicas tem importância prática, visto que se uma espécie prolifera indesejadamente e se os fatores que limitam a sua produção são conhecidos, pode-se manejar adequadamente o ambiente, criando condições que inibam o seu crescimento. Os autores reforçam que o entendimento das interações ecológicas também é útil no intuito de otimizar a eficiência das macrófitas aquáticas em sistemas de tratamento de efluentes.

4. Conclusão

Com base nos resultados obtidos pode-se constatar que *S. herzogii* cresce durante todo ano acumulando quantidades consideráveis de nutrientes em seus tecidos, demonstrando sua importância como um compartimento de nutrientes no lago.

Salvinia herzogii mostrou melhor desempenho de produtividade e acúmulo de biomassa quando cresce no interior do estande de *T. domingensis*, isso foi constatado, principalmente, nas estações frias quando registrou-se decréscimo de biomassa fora do estande *T. domingensis*.

Diversos fatores ambientais podem ter influenciado a produção de biomassa de *S. herzogii*, entre os mais importantes pode-se destacar a ação do vento, a intensidade luminosa e principalmente a densidade das plantas.

A associação positiva entre as duas macrófitas indica que novos estudos devem abordar esta temática, pois serão importantes para a melhor compreensão de ambientes com alta biodiversidade.

5. Referências bibliográficas

Albertoni, E.F., Palma-Silva, C., Veiga, C.C., 2005. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados associados às macrófitas aquáticas *Nymphoides indica* e *Azolla filiculoides* em dois lagos subtropicais (Rio Grande, RS, Brasil). *Acta Biológica Leopoldensia* 27 (3), 137-145.

Allen, S., Grimshaw, M., Parkinson, J.A., Quarmby, C., 1974. *Chemical Analysis of Ecological Materials*. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London, 565p.

Barbieri, R., Esteves, F.A., 1991. The chemical composition of some aquatic macrophyte species and implications for the metabolism of a tropical lacustrine ecosystem – Lobo Reservoir, São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia* 213, 133-140.

- Baumgarten, M.G.Z., Rocha, J.M.B., 1996. Manual de Análises em Oceanografia Química. Ed da FURG, Rio Grande. 132 p.
- Benassi, R.F., Camargo, A.F.M., 2000. Avaliação do processo competitivo entre duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes, *Pistia stratiotes* L. e *Salvinia molesta* D. S. Mitchell. Revista Iniciação Científica 1, 59-66.
- Boschilia, S.M., Thomaz, S.M., Piana, P.A., 2006. Plasticidade morfológica de *Salvinia herzogii* (de la Sota) em resposta a densidade populacional. Acta Scientiarum Biological Sciences 28 (1), 35-39.
- Carmouze, J.P., 1994. O Metabolismo dos Ecossistemas Aquáticos Continentais: Fundamentos Teóricos Métodos de Estudos e Análises Químicas. Edgard Blücher/ FAPESP, São Paulo 254p.
- Cary, P.R., Weerts, P.G.J., 1981. Growth of *Salvinia molesta* as affected by nutrition and temperature. Proc. V Int. Symp. Biol. Control Weeds, Brisbane, Australia, pp. 35-46.
- Cary, P.R., Weerts, P.G.J., 1983. Growth of *Salvinia molesta* as affected by water temperature and nutrition. I Effects of nitrogen level and nitrogen compounds. Aquatic Botany 16, 163-172.
- Chorus, I., Bartram, J. (1999). Water Resources. In: Chorus, I. & Bartram, J. (Eds). Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management. E & FN Spon, Inc. New York, 1: 02-05.
- Coelho, F. F., Lopes, F.S., Sperber, C.F., 2000. Density-dependent morphological plasticity in *Salvinia auriculata* Aublet. Aquatic Botany 66, 273-280.
- Cordazzo, C.A., Seeliger, U., 1995. Guia Ilustrado da Vegetação Costeira no Extremo Sul do Brasil. 2ª Ed. Editora da FURG. Rio Grande. 275 p.
- Da Silva, C.J., Nogueira, F., Esteves, F.A., 1994. Composição química das principais espécies de macrófitas aquáticas do lago do recreio pantanal matogrossense (MT). Brazilian Journal of Biology 54 (4), 617-622.
- Esteves, F.A., 1998. Fundamentos de Limnologia. 2ª ed. Interciência/FINEP. Rio de Janeiro. 602p.
- Esteves, F.A., Camargo, A.F.M., 1986. Sobre o papel das macrófitas aquáticas na estocagem e ciclagem de nutrientes. Acta Limnologica Brasiliensia 1, 273-298
- Fassbender, H.W., 1973. Simultane P-Bestimmung im N-Kjeldahl-aufschlu von Bodenproben. Die Phosphorsäure 30, 44-53.
- Gaudet, J.J., 1973. Growth a floating aquatic weed, *Salvinia*, under standard conditions. Hydrobiologia 41, 77-106.
- Henry-Silva, G.G., Camargo, A.F., 2002. Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. Acta Scientiarum Biological Sciences 24 (2), 519-526.
- Henry-Silva, G.G., Camargo, A.F., 2005. Interações ecológicas entre as macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes* Hoehnea 32(3): 445-452.
- Henry-Silva, G.G., Pezzato, M.M., Benassi, R.F., Camargo, A.F.M., 2001. Chemical composition of five species of aquatic macrophytes from lotic ecosystems of the southern coast of the state of São Paulo (Brazil). Acta Limnologica Brasiliensia 13 (2), 11-17.
- Hoard-Williams, C., Junk, W.J., 1977. The chemical composition of central Amazonian Aquatic Macrophytes with special reference to their role in the ecosystem. Arch. Hidrobiol. 79 (4), 446-464.

- Irgang, B.E., Gastal Jr, C.V.S., 1996. Macrófitas Aquáticas da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 290p.
- Krusche, N., Saraiva, J.M.B., Reboita, M.S., 2002. Normais climatológicas provisórias de 1991 a 2000 para Rio Grande, RS. Rio Grande. 104p.
- Mackereth, F.J., Talling, J.F., 1978. Water Analysis: Some Revised Methods for Limnologist. Freshwater Biological Association, Cumbria. 120p.
- Mackinney, G., 1941. Absorption of light by chlorophyll solutions. Journal of Biological Chemistry 140, 315-322.
- Mitchell, D.S., 1965. Research on *Salvinia auriculata*. Lake Kariba Fish. Res. Inst. Symp. Kariba, pp. 51-57.
- Mitchell, D.S., Tur, N.M., 1975. The rate of growth of *Salvinia molesta* (*Salvinia auriculata* Aublet) in laboratory and natural conditions. Journal of Applied Ecology 12, 213-225.
- Nogueira, F., Esteves, F.A., 1994. Estoque de nitrogênio e fósforo em diferentes compartimentos de uma lagoa marginal do Rio Mogiguaçu (SP). An. Acad. bras. Ci. 66 (2).
- Nogueira, F., Esteves, F.A., Prast, A.E., 1996. Nitrogen and phosphorus concentrations on different structure of the aquatic macrophytes *Eichhornia azurea* Kunth and *Scirpus cubensis* Poepp & Kunth in relation to water level variation in Lagoa Infernã (São Paulo, Brazil). Hydrobiologia 328, 199-205.
- Odum, E.P., Barrett, G.W., 2007. Fundamentos de Ecologia. 5ª ed. Thomson Learning, São Paulo, 612p.
- Palma-Silva, C., Albertoni, E.F., Esteves, F.A., 2000. *Eleocharis mutata* (L.) Roem. Et Schult. subject to drawdowns in a tropical coastal lagoon, State of Rio de Janeiro, Brazil. Plant Ecology 148, 157-164.
- Palma-Silva, C., Albertoni, E.F., Esteves, F.A., 2004. Charophytes as a reservoir of nutrients and energy in a tropical coastal lagoon subject to human impact (RJ, Brazil). Brazilian Journal of Biology 64 (3A), 479-487.
- Paranhos, R., 1996. Alguns Métodos para Análise de Água. UFRJ, Sub-reitoria de Ensino de Graduação e Corpo Docente. Rio de Janeiro, 200p.
- Pelli, A., Barbosa, F. A. R. (2007). Growth rate of *Salvinia molesta* Mitchell in an urban lake of the karstic plateau of Lagoa Santa – Minas Gerais State, Southeast Brazil. Brazilian Journal of Ecology 11(1-2): 9-13.
- Pereira, S.A., Trindade, C., R., T., Palma-Silva, C., 2008. Levantamento e caracterização da assembléia de macrófitas aquáticas de diferentes lagos rasos subtropicais. In: Anais do Seminário de Estudos Limnológicos em Clima Subtropical - CD, Rio Grande-RS. Resumos.
- Petrucio, M.M., Esteves, F.A., 2000. Uptake rates of nitrogen and phosphorus in the water by *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata*. Brazilian Journal of Biology 60 (2), 299-336.
- Piedade, M.T.F., Junk, W.J., Long, S.P., 1997. Nutrient dynamics of the highly productive C4 macrophyte *Echinochloa polystacha* on the Amazon floodplain. Functional Ecology 1, 299-316.
- Pott, V.J., Pott, A., 2000. Plantas Aquáticas do Pantanal. Embrapa. Centro de Pesquisa Agropecuária do pantanal (Corumbá, MS) – Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. 404p.

- Prellvitz, L.J., Albertoni, E.F., 2004. Caracterização temporal da comunidade de macroinvertebrados associados a *Salvinia* spp. (Salvinaceae) em um arroio da planície costeira do Rio Grande do Sul, RS. *Acta Biologica Leopoldensia* 26, 213-223.
- Rubim, M.A.L., Camargo, A.F.M., 2001. Taxa de crescimento específico da macrófita aquática *Salvinia moléstia* Michell em um braço do Rio Preto, Itanhaém, São Paulo. *Acta Limnologica Brasiliensia* 13 (1), 75-83.
- Schäfer, A., 1988. Ecologia das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 11, 29-55.
- Schwarzbold, A., Schäfer, A., 1984. Gênese e Morfologia das Lagoas Costeiras do Rio Grande do Sul - Brasil. *Amazoniana* 9 (1), 87-104
- Sculthorpe, C.D., 1985. *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. London: Edward Arnold (publishers) 610p.
- Toerien, D.F., Cary, P.R., Finlayson, C.M., Mitchell, D.S., Weerts, P.G.J., 1983. Growth models for *Salvinia molesta*. *Aquatic Botany* 16, 173-179.
- Trindade, C.R.T., Furlanetto, L.M., Albertoni, E.F., Palma-Silva, C., 2008b. Nutrientes no tecido de macrófitas aquáticas de diferentes corpos d'água rasos subtropicais. (Rio Grande – RS – Brasil). In: *Anais do Seminário de Estudos Limnológicos em Clima Subtropical – CD*. 9pp.
- Usha Rani, U.V., Bhambie, S., 1983. A study on the growth of *Salvinia molesta* Mitchell in relation to light and temperature. *Aquatic Botany* 17, 119-124.
- Valderrama, J.C., 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. *Marc. Chem.* 10, 109-122.
- Vieira, E.F., Rangel, R.S.R., 1983. *Rio Grande. Geografia Física, Humana e Econômica*. Sagra, Porto Alegre. 158p.

6. CAPÍTULO 2

BIOMASSA E NUTRIENTES DE *Azolla filiculoides* Lam. (AZOLLACEAE) EM UM PEQUENO CORPO DE ÁGUA RASO SUBTROPICAL (RIO GRANDE, RS – BRASIL).

Resumo

Foi determinada a produção de biomassa e as concentrações de nitrogênio e fósforo de *Azolla filiculoides* em um lago distrófico. O estudo foi desenvolvido no Lago Negro, situado no *campus* universitário da FURG, município do Rio Grande (RS – Brasil), entre novembro de 2000 a outubro de 2001. Neste período foram realizadas coletas mensais da macrófita e feita a caracterização limnológica do lago. *Azolla filiculoides* foi coletada aleatoriamente em três repetições, utilizando coletor circular de área conhecida. Em laboratório as plantas foram lavadas, e secas para a determinação do peso seco e das concentrações de nutrientes. O lago foi caracterizado por apresentar baixas concentrações de N-total e P-total, pH levemente ácido, valores baixos de condutividade elétrica e baixos teores de oxigênio dissolvido. A temperatura da água variou de acordo com a temperatura atmosférica, evidenciando a sazonalidade do clima regional. *Azolla filiculoides* apresentou uma variação de biomassa, com valor máximo de 170,96 gPS.m⁻² em janeiro e mínimo de 34,28 gPS.m⁻² em maio. A maior taxa de produtividade primária foi de 3,33 gPS.m⁻².d⁻¹ registrada em maio-junho. As concentrações de Carbono, Nitrogênio, e Fósforo na planta apresentaram valores mínimo e máximo de 403 a 551 g.Kg⁻¹, 13,4 a 25,7 g.Kg⁻¹ e 0,5 a 1,88 g.Kg⁻¹, respectivamente. Os maiores teores de nutrientes na biomassa foram registrados nos meses mais frios, logo após a estação de crescimento, demonstrando a capacidade da macrófita de produzir biomassa e estocar nutrientes em condições ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: macrófitas aquáticas, nitrogênio, fósforo, lago distrófico.

1. Introdução

Azolla filiculoides Lam. é uma macrófita aquática flutuante livre encontrada nos ecossistemas aquáticos continentais tropicais, subtropicais e regiões temperadas quentes (Sculthorpe, 1985; Tryon, 1990; Arora e Singh, 2003; Biswas et al., 2005). Esta pteridófita habita águas paradas ou pouco correntes, solos argilosos, arenosos férteis ou baceiros (Pott e Pott, 2000), desenvolvendo-se bem em ambientes poluídos, quando comparada com outras espécies vegetais (Kondo et al., 1989; Singh e Singh, 1995).

Azolla filiculoides vive em simbiose com a cianobactéria *Anabaena azollae* (Arora e Singh, 2003; Pereira et al., 2006). Ambas são fotossinteticamente ativas, porém, a macrófita fornece compostos orgânicos para a alga, enquanto que as cianobiontes contribuem com fornecimento de nitrogênio (N) na associação (Arora e Singh, 2003; Carrapiço, 2006), propiciando uma alta produtividade acompanhada de elevadas taxas de fixação de nitrogênio atmosférico (Pereira et al., 2006).

Enquanto a exigência de N é suprida pelas cianofíceas, o fósforo (P) torna-se o nutriente limitante mais importante para *Azolla* (Biswas et al., 2005). A deficiência de fósforo faz com que ocorra uma falência generalizada do metabolismo da planta, acompanhada de sensível produção de pigmentos, causando o avermelhamento de suas frondes (Adalberto, et al., 2004). Entretanto, concentrações elevadas de fosfatos, podem favorecer o desenvolvimento de “*blooms*”, como o ocorrido em Portugal em 1993 no rio Guadiana (Carrapiço, 1996).

De acordo com Pott e Pott (2000) a alta propagação vegetativa desta espécie possibilita sua duplicação a cada 3-6 dias, podendo cobrir rapidamente a superfície de sistemas aquáticos. Biswas et al. (2005) salientam que a eficiência de crescimento rápido com elevadas taxas de fixação de nitrogênio possibilitou a utilização de espécies de *Azolla* extensiva e efetivamente ao invés de fertilizantes minerais em campos de arroz, durante séculos na Ásia. A contribuição de *Azolla* como biofertilizante tem sido foco de muitas pesquisas (Lumpkin e Plucknett 1980; Wagner, 1997; Macale et al., 2002), assim como seu potencial para utilização como herbicida biológico, alimento animal, habitat para invertebrados (Albertoni et al., 2005) e, como purificadora de água (Pott e Pott, 2000).

Na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, há uma grande diversidade de ecossistemas aquáticos continentais, entre arroios, lagoas costeiras e interiores e grandes extensões de banhados (Schäfer, et al., 1980; Schwarzbold e Schäfer 1984; Prellvitz e Albertoni, 2004; Albertoni et al., 2005; Trindade et al., 2008a). Uma das características destes ambientes é a reduzida profundidade, o que favorece o desenvolvimento de extensos e diversificados estandes de macrófitas aquáticas, principalmente, em suas margens. De acordo com Irgang e Gastal Jr. (1996) são reconhecidas para o RS entre 400-500 espécies de macrófitas e, destas, 37,46% são exclusivas da Planície Costeira.

Vários autores (Pedralli et al., 1985; Cordazzo e Seeliger 1995; Irgang e Gastal Jr. 1996; Rolon et al., 2004, Pereira et al., 2008) descrevem a ocorrência de *A. filiculoides* em diversos tipos de ambientes aquáticos do Rio Grande do Sul. Entretanto, são poucas as informações a respeito da ecologia desta macrófita para a região. Assim, este estudo visa fornecer subsídios para uma possível utilização em estratégias de biofertilização, utilizando esta macrófita, tendo como objetivos descrever: i) a produção primária por variação de biomassa; ii) a variação de nutrientes (carbono, nitrogênio e fósforo) nos tecidos da planta e da água; iii) a caracterização limnológica, do ambiente no qual *A. filiculoides* se desenvolveu.

2. Material e métodos

2.1. Área de estudo.

O estudo foi realizado no Lago Negro situado no *campus* universitário da Universidade Federal do Rio Grande – FURG (32°04'43"S e 52°10'03"W), município do Rio Grande no Rio Grande do Sul – Brasil (FIGURA 1). O clima desta região é subtropical úmido (Cfa – segundo classificação de Köppen), caracterizado pela intensa umidade, no inverno e primavera, e seco durante o verão. Os ventos de nordeste dominam durante a maior parte do ano, sendo que nos meses de outono e, principalmente, no inverno, ventos de sul, sobretudo sudoeste começam a ter importância significativa (Krusche et al., 2002).

O Lago Negro é um pequeno corpo de água artificial que apresenta um formato arredondado, área superficial de aproximadamente 0,5 ha e,

características distróficas (Albertoni et al., 2005; Trindade et al., 2008a; Trindade et al., 2008b). Ambientes com esta tipologia trófica apresentam água com coloração escura, devido à presença de substâncias húmicas (Wetzel, 1993), e são caracterizados pela baixa produtividade fitoplanctônica (Kleerekoper, 1990).

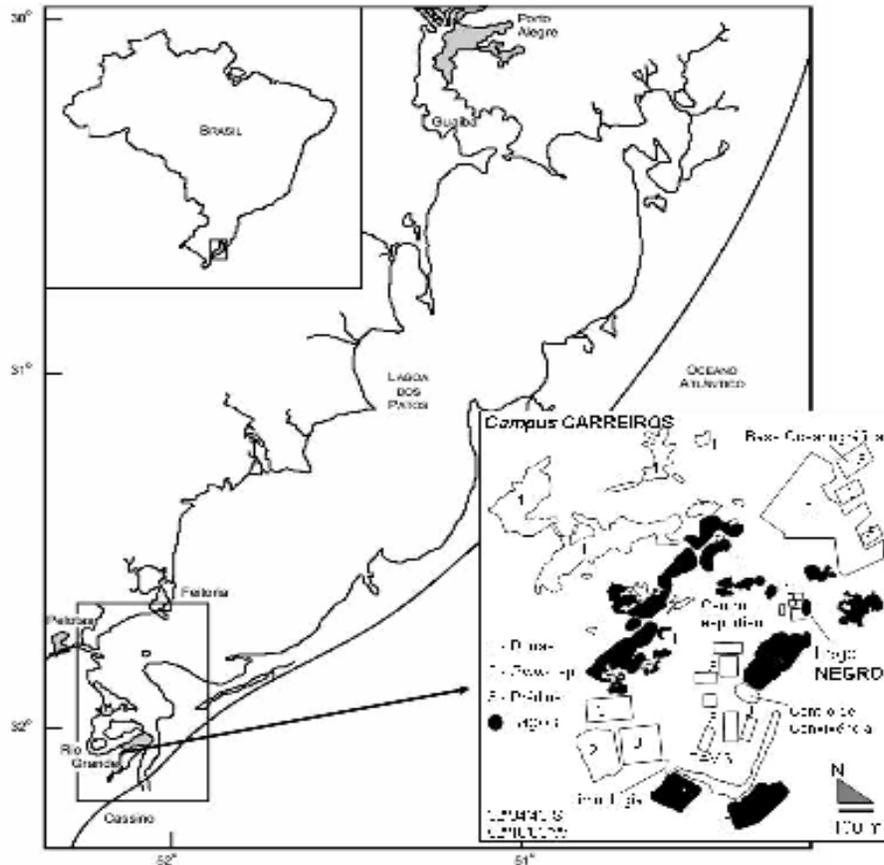


FIGURA 1 – Localização da área de estudo. Lago Negro (*campus* Carreiros – FURG). Rio Grande, RS-Brasil.

Segundo Albertoni et al. (2005) a cobertura de árvores no entorno do lago, reduz a entrada de radiação solar, assim como a ação do vento sobre sua superfície, diminuindo assim a circulação das massas de água. As árvores também colaboram para entrada de matéria orgânica alóctone originada das folhas que caem praticamente o ano todo. Os autores ressaltam que a menor radiação solar causada pelo sombreamento e a presença de substâncias húmicas na água fazem com que essa possua uma coloração escura. Isto prejudica a produtividade primária fitoplanctônica e, conseqüentemente, não existe liberação de oxigênio dissolvido, contribuindo para as baixas concentrações.

2.2. Metodologia

As coletas foram realizadas em intervalos mensais entre novembro de 2000 e outubro de 2001. Neste período determinou-se a biomassa de *A. filiculoides* tomando-se amostras aleatórias da macrófita com coletor circular de diâmetro de 0,3 m e malha de 500 µm, em três repetições. Todas as plantas contidas no coletor foram retiradas e acondicionadas em sacos plásticos etiquetados. No laboratório as plantas foram submetidas à lavagem em água corrente para remoção de perifíton, macroinvertebrados e outras partículas. Após a lavagem as plantas foram colocadas em estufa à temperatura de 60°C, por cerca de 72 horas até atingir peso constante. Após este procedimento, o material seco foi pesado em balança eletrônica de precisão 0,01g (GEHAKA BG 1000). Os valores foram expressos em gramas de peso seco por metro quadrado (gPS.m⁻²).

A produtividade da macrófita foi calculada por meio da variação de biomassa:

$$\text{Produtividade Primária} = \frac{B_2 - B_1}{T_2 - T_1}$$

Onde:

B = biomassa (final - inicial);

T = tempo (final - inicial).

Os resultados foram expressos gPS.m⁻².d⁻¹.

Foram medidas, *in situ*, as variáveis da superfície da água: pH (phmetro digital, 0,01 pH), a condutividade elétrica (condutivímetro digital, ± 1 µS.cm⁻¹), a temperatura com termômetro de mercúrio (± 0,1 °C) e o oxigênio dissolvido com oxímetro digital (± 0,1 mg.l⁻¹). Amostras de água foram coletadas a 15 cm de profundidade, as quais foram armazenadas em frascos de polietileno e mantidas em freezer, para posterior análise de nutrientes.

As concentrações de Carbono total (C-total), Nitrogênio total (N-total) e Fósforo total (P-total) da água e das plantas foram determinadas pelo laboratório de solos da Universidade Federal de Pelotas – UFPel, conforme Tedesco et al. (1995).

Os dados meteorológicos (temperatura média do ar, taxa de precipitação, e horas de radiação solar) do período de estudo foram obtidos do Laboratório de Meteorologia - FURG.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa GraphPad™ InStat 3.0. Aos resultados obtidos foi aplicada análise descritiva e a correlação de PEARSON para determinar as relações entre as variáveis ambientais e os resultados obtidos para *A. filiculoides*.

3. Resultados e discussão

3.1. Caracterização do ambiente durante o período de estudo.

Durante o estudo a temperatura do ar manteve-se entre 28,1 °C (fevereiro) e 12,5 °C (junho). Os períodos de maior incidência da radiação solar foram registrados entre os meses de novembro e fevereiro 219,04 ± 25,8 horas, (FIGURA 2). A precipitação pluviométrica apresentou taxa média anual de 128,7 ± 59,9 mm, com valores elevados durante o outono e inverno.

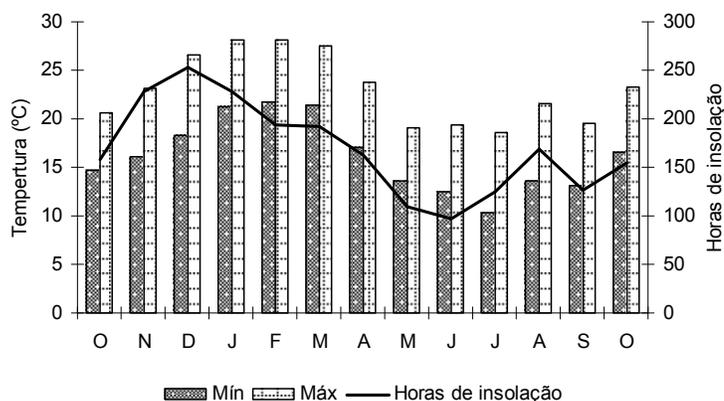


FIGURA 2 – Variação sazonal de temperatura do ar (mínima e máxima) e horas de insolação durante o período de estudo. Dados do Laboratório de Meteorologia – FURG.

Os valores médios das variáveis limnológicas do Lago Negro são mostrados na TABELA 1. Estas informações foram sumarizadas a partir dos dados de Albertoni et al. (2005). A temperatura da água variou entre 24,5 (primavera-verão) e 10,0 °C (outono-inverno). As concentrações do oxigênio dissolvido (OD) mantiveram-se entre 2,4 e 5,8 mg.L⁻¹, com média de 3,8 ± 1,2 mg.L⁻¹. Os valores de pH ao longo do estudo variaram entre 6,47 (janeiro) e 5,45

(maio), e média de $6,0 \pm 0,3$. Os menores valores coincidiram com a diminuição de OD da água nos meses mais quentes, podendo ser considerado levemente ácido durante todo o estudo. A condutividade apresentou valores entre 98,9 e $131,9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, com média anual de $116,9 \pm 10,6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

As concentrações de carbono total da água variaram entre 31,2 e 39,6 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Os valores de fósforo total da água estiveram compreendidos entre 0,01 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (novembro e junho) e 0,07 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (fevereiro), com média de $0,03 \pm 0,02 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. O nitrogênio total apresentou valores entre 4,10 e 0,77 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, e média de $2,5 \pm 1,2 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

TABELA 1 – Variáveis limnológicas da água de novembro/00 a outubro/2001 no lago Negro. Temp: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$); OD: Oxigênio Dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$); CE: Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$); C-total: Carbono total ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$); NT: Nitrogênio total ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$); PT: Fósforo total ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$). Fonte: Albertoni et al. (2005).

| Data | Temp | OD | pH | CE | C-total | NT | PT |
|------|------|------|------|-------|---------|------|------|
| Nov | 20,5 | 5,04 | 6,05 | 119,3 | 31,2 | 2,54 | 0,01 |
| Dez | 24 | 4,01 | 6,25 | 131,9 | 36,4 | 2,26 | 0,0 |
| Jan | 24,5 | 2,44 | 6,47 | 120 | 34,4 | 2,54 | 0,03 |
| Fev | 24,5 | 2,42 | 6,22 | 123 | 34,4 | 2,54 | 0,07 |
| Mar | 21 | 3,45 | 6,03 | 124,7 | 33,6 | 4,10 | 0,04 |
| Abr | 18 | 3,3 | 6,02 | 126,4 | 36,8 | 3,53 | 0,02 |
| Mai | 17,5 | 2,6 | 5,73 | 125,1 | 39,6 | 3,53 | 0,03 |
| Jun | 10 | 5,8 | 5,93 | 112 | 36 | 3,68 | 0,01 |
| Jul | 10,5 | 5 | 6,04 | 103,5 | - | - | - |
| Ago | 15 | 3,14 | 5,82 | 102,3 | - | 0,84 | 0,02 |
| Set | 15 | 5,03 | 5,74 | 98,9 | - | 0,95 | 0,04 |
| Out | 15 | 3,6 | 5,45 | 115,9 | - | 0,77 | 0,04 |

- não foi determinado

De acordo com Kleerekoper (1990) as águas dos lagos distróficos são pobres especialmente em cálcio, assim como dos demais minerais; nitrogênio e fosfatos podem estar presentes em quantidades consideráveis embora sua forma seja pouco aproveitável para plantas. O plâncton, principalmente o fitoplâncton, costuma ser pobre, não havendo, portanto, grande sedimentação de organismos mortos. O consumo de oxigênio é, entretanto, causado pelo elevado teor de substâncias húmicas que essas águas contêm; a sedimentação dessas substâncias, geralmente de forma coloidal, acumula-se no hipolímnio causando oxidação parcial, ou consumo total do oxigênio dissolvido.

3.2. Biomassa de *Azolla filiculoides*

Os valores de biomassa total e as concentrações de nutrientes são mostrados na TABELA 2. A variação sazonal de biomassa total e a produtividade de *A. filiculoides* são mostradas na FIGURA 3.

Azolla filiculoides apresentou os maiores valores de biomassa durante os meses mais quentes (primavera-verão). Neste período a biomassa variou de 78,3 gPS.m⁻² em novembro a 141,22 gPS.m⁻² em dezembro, com taxa de produtividade primária de 2,99 gPS.m⁻².d⁻¹. Em janeiro foi registrada a maior biomassa do estudo 170,96 gPS.m⁻², com taxa de produtividade de 0,80 gPS.m⁻².d⁻¹. Os menores valores de biomassa foram registrados durante as estações frias (outono-inverno), sendo o menor valor em maio (34,28 gPS.m⁻²). No mês de junho a planta voltou a crescer, apresentando um aumento de 76,48 gPS.m⁻², com valor de biomassa de 110,76 gPS.m⁻² e taxa de produtividade de 3,33 gPS.m⁻².d⁻¹, a maior do estudo.

TABELA 2 – Biomassa total (BT), concentração de nutrientes em g.Kg⁻¹ e relação C:N:P de *Azolla filiculoides*, durante o período de estudo.

| Coletas | BT | Carbono (C) | Nitrogênio (N) | Fósforo (P) | C:N:P |
|---------|--------|-------------|----------------|-------------|----------|
| Nov | 78,33 | 490 | 25,7 | 1,4 | 350:18:1 |
| Dez | 141,22 | 482 | 20,5 | 1 | 482:21:1 |
| Jan | 170,96 | 457 | 17,4 | 0,8 | 571:22:1 |
| Fev | 102,41 | 455 | 13,4 | 0,5 | 910:27:1 |
| Mar | 124,22 | 403 | 14,6 | 0,6 | 672:24:1 |
| Abr | 45,04 | 443 | 18,4 | 1,1 | 403:17:1 |
| Mai | 34,28 | 551 | 23,4 | 1,5 | 367:16:1 |
| Jun | 110,76 | 476,79 | 22,14 | 1,88 | 254:12:1 |
| Jul | 98,44 | 458,91 | 21,07 | 1,57 | 292:13:1 |
| Ago | 72,38 | 482,75 | 21,78 | 1,35 | 358:16:1 |
| Set | 54,96 | 480,77 | 22,31 | 1,01 | 476:22:1 |
| Out | 85,13 | 460,9 | 19,48 | 1,21 | 381:16:1 |

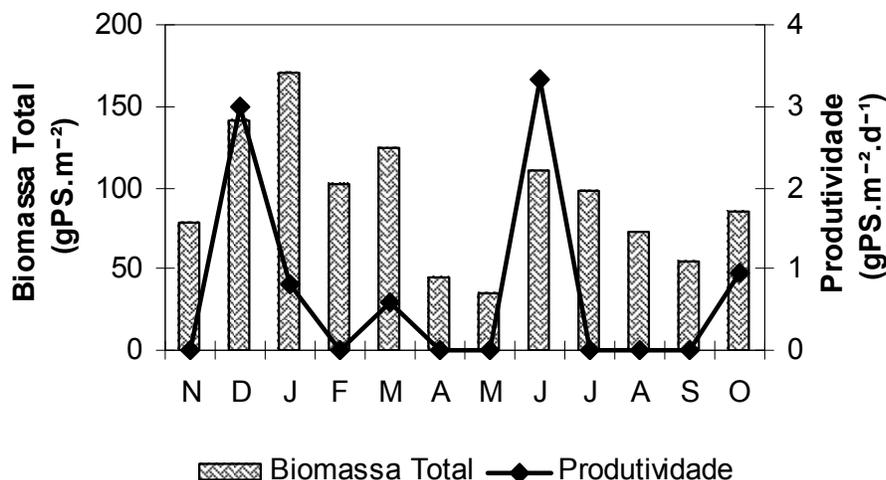


FIGURA 3 – Variação sazonal de biomassa total e produtividade de *Azolla filiculoides*, no Lago Negro durante o período de estudo.

A produção de biomassa apresentou correlação positiva estatisticamente significativa com a temperatura do ar e da água ($p < 0,0001$). Estudos têm mostrado a importância da temperatura sobre o crescimento e absorção de nutrientes de espécies de *Azolla* (Sah et al., 1989; Cary e Weerts, 1992). Arora e Singh (2003) compararam a produtividade de diversas espécies de *Azolla* e encontraram para *A. filiculoides* a produção de biomassa de 4,65 g (peso fresco) em 14 dias (em estufa) a temperatura de 30 ± 2 °C. De acordo com Mitchell (1974) o metabolismo das plantas depende da temperatura e é mais alto em temperaturas elevadas, assim, havendo para cada espécie uma temperatura ótima para a realização de suas funções.

Segundo Esteves e Camargo (1986), nas regiões temperadas as macrófitas aquáticas apresentam uma variação sazonal em função da temperatura e do fotoperíodo. Nas regiões tropicais esta variação sazonal está relacionada com o período de chuvas e o nível da água. Em nosso estudo *A. filiculoides* esteve presente durante todo ano. Seu período de crescimento teve início na primavera estendendo-se até o verão, quando foi registrado o maior valor de biomassa. Durante o outono observou-se um decréscimo da biomassa, diminuindo consideravelmente no inverno. Isto demonstra a resposta da macrófita ao clima subtropical típico da região sul do Brasil.

3.3. Estoque de nutrientes em *Azolla filiculoides*

As concentrações de Carbono (C), Nitrogênio (N) e Fósforo (P) no tecido da planta são mostradas na TABELA 2, e a variação de Nitrogênio e Fósforo é apresentada na FIGURA 4.

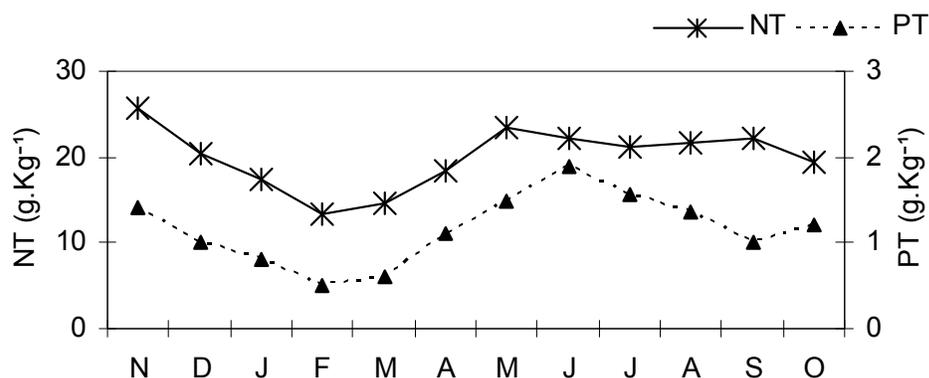


FIGURA 4 – Variação de nutrientes na biomassa de *Azolla filiculoides* durante o estudo. NT: nitrogênio total; PT: fósforo total.

Durante o período de estudo o conteúdo de C no tecido da planta variou entre 403 e 551 g.Kg⁻¹, com média de 470,09 ± 34,70 g.Kg⁻¹. As concentrações de nitrogênio mantiveram-se entre 13,4 g.Kg⁻¹ (fevereiro) e 32,4 g.Kg⁻¹ (maio), com média anual de (20,2 ± 3,58). O menor valor de fósforo também foi registrado em fevereiro 0,5 g.kg⁻¹, e o maior em junho (1,88 g.Kg⁻¹), a média anual registrada para o fósforo foi de 1,16 ± 0,41 g.Kg⁻¹. Os maiores estoques de N e P foram registrados durante o inverno, quando a macrófita apresentou menores valores de biomassa. Ambos os nutrientes N e P apresentaram correlação positiva estatisticamente significativa ($r = 0,7996$; $p = 0,0019$) entre ambos.

Foi observado uma variação na razão N:P com valores entre 27,1 (fevereiro) e 12,1 (junho) e, média de 18,6 ± 4,5. Palma-Silva et al. (2004) salientam que a relação N:P é comumente usada para interpretar as condições em que as espécies estão expostas. Os autores ressaltam que uma taxa N:P maior que 30 indica deficiência de fósforo, quando a taxa é menor que 10 existe deficiência de nitrogênio. Desta forma pode-se inferir que durante o estudo a planta não apresentou deficiência de N e P. Entretanto cabe ressaltar que as taxas N:P registradas nos meses de fevereiro e junho estiveram bem próximos 30 e 10 (respectivamente).

O crescimento das plantas na água doce é limitado pela disponibilidade de nutrientes essenciais, pelo menos durante a estação de crescimento (Mitchell, 1974), sendo o N e P os dois principais nutrientes que determinam a performance das plantas (Crawley, 1997). O suprimento de fósforo é normalmente o principal fator limitante para o crescimento de macrófitas aquáticas, seguido pelo nitrogênio (Gerloff e Krombholz, 1966). Neste estudo os picos de produtividade primária registrados em dezembro e junho ocorreram com concentrações de nitrogênio na água de 2,26 e 3,68 mg.L⁻¹ (respectivamente) e fósforo de 0,02 e 0,01 mg.L⁻¹ (respectivamente).

Diversos estudos p.e. (Sah et al., 1989; Biswas et al., 2005) têm mostrado a importância do fósforo como principal fator limitante para *Azolla*. Adalberto et al. (2004) registraram crescimento acelerado de *Azolla caroliniana* em concentrações elevadas de fósforo. Adalberto (op. cit.) enfatiza que a deficiência de fósforo faz com que ocorra uma falência generalizada do metabolismo da planta, acompanhada de sensível produção de pigmentos, o que causa o avermelhamento de suas frondes, sugerindo que a razão de pigmentos e da disponibilidade ambiental de fósforo podem ser aplicadas como método de biossensoriamento na determinação desse nutriente no campo, propondo um “ponto de viragem” na pigmentação do vegetal.

4. Conclusão

A. filiculoides esteve presente no Lago Negro durante todo o ano, sendo que seu desenvolvimento foi influenciado pelas variações climáticas regionais, o que pode ser constatado pela variação sazonal de biomassa, com valores elevados nos meses mais quentes e baixos nas estações frias.

Os resultados obtidos em campo demonstraram a capacidade de *A. filiculoides* para produzir biomassa e estocar nutrientes. Entretanto, em termos de utilização desta macrófita, outros aspectos como absorção e liberação de nutrientes devem ser analisados, ficando clara a necessidade de estudos em condições controladas.

5. Referências bibliográficas

- Adalberto, P.R., Massabni, A.C., Goulart, A.J., Monti, R., Lacava, P., 2004. Efeito do fósforo na captação de minerais e pigmentação de *Azolla caroliniana* Willd. (Azollaceae). Revista Brasileira de Botânica 27 (3), 581-585.
- Albertoni, E.F., Palma-Silva, C., Veiga, C.C., 2005. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados associados às macrófitas aquáticas *Nymphoides indica* e *Azolla filiculoides* em dois lagos subtropicais (Rio Grande, RS, Brasil). Acta Biológica Leopoldensia 27 (3), 137-145.
- Arora, A., Singh, P.K., 2003. Comparison of biomass productivity and nitrogen fixing potential of *Azolla* Spp. Biomass and Bioenergy 24, 175-178
- Biswas, M., Parveen, S., Shimozawa, H., Nakagoshi, N., 2005. Effects of *Azolla* species on weed emergence in a rice paddy ecosystem. Weed Biology and Management 176-183.
- Cary, P.R., Weerts, P.G.J. 1992. Growth and nutrient composition of *Azolla pinnata* R. Brown and *Azolla filiculoides* Lamarck as affected by water temperature, nitrogen and phosphorus supply, light intensity and pH. Aquatic Botany. 43: 163-180.
- Carrapiço F., Costa M.H., Costa M.L., Teixeira G., Frazao A., Santos, M.C.R., Baioa, M.V., 1996. The uncontrolled growth of *Azolla* in the Guadiana River. Aquaphyte 16, 11p.
- Carrapiço, F., 2006 - "Is the *Azolla-Anabaena* symbiosis a co-evolution case?". Proceedings of the International Conference "General Botany: Traditions and Perspectives", Department of Botany of the Kazan University, Jan 23-27, 2006.
- Cordazzo, C.A., Seeliger, U., 1988. Guia Ilustrado Da Vegetação Costeira No Extremo Sul Do Brasil. Editora da FURG, Rio Grande, 275 p.
- Crawley, M.J., 1997. Plant Ecology. 2nd ed. Blackwell Science. 717p.
- Esteves, F.A., Camargo, A.F.M., 1986. Sobre o papel das macrófitas aquáticas na estocagem e ciclagem de nutrientes. Acta Limnológica Brasilensia 1, 273-298
- Gerloff, G.C., Krombholz, P.H., 1966. Tissue analysis as a measure of nutrient availability for the growth of angiosperm aquatic plants. Limnology and Oceanography 11, 529-537.
- Irgang, B.E., Gastal Jr, C.V.S., 1996. Macrófitas Aquáticas da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 290 p.
- Kleerekoper, H., 1990. Introdução ao estudo da Limnologia. 2^a ed. Editora da Universidade (UFRGS), Porto Alegre, 329p.
- Kondo, M., Kobayashi, M., Takahashi, E., 1989. Effect of phosphorous in *Azolla* and its utilization in rice culture in Niger. Plant and Soil 120, 165-170.
- Krusche, N., Saraiva, J.M.B., Reboita, M.S., 2002. Normais climatológicas provisórias de 1991 a 2000 para Rio Grande, RS. Rio Grande, 104p.
- Lumpkin, T.A., Plucknett, D.L., 1980. *Azolla*: Botany, Physiology and Use as a Green Manure. Economic Botany 34 (2), 111-153.
- Macale, M.A.R., Vlek, P.L.G., San Valentin, G.O., 2002. The Role of *Azolla* Cover in Improving the Nitrogen Use Efficiency of Lowland Rice. In: International Symposium Sustaining Food Security and Managing Natural Resources in Southeast Asia - Challenges for the 21st Century - Chiang Mai, Thailand, January. 8-11p.
- Mitchell, D.S., 1974. Aquatic vegetation and its use and control. Unesco, Paris, 135p.
- Palma-Silva, C., Albertoni, E.F., Esteves, F.A., 2004. Charophytes as a reservoir of nutrients and

- energy in a tropical coastal lagoon subject to human impact (RJ, Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 64 (3A), 479-487.
- Pedralli, G., Irgang, B.E., Pereira, C.P., 1985. Macrófitas aquáticas do município de Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. *Agros XX* (1,2,3 e 4), 45-52.
- Pereira, I., Rita, O., Paz, A.C., Carrapiço, F., 2006. Discovering *Azolla*. Symbiosis Teaching Workshop - 5th International Symbiosis Society Congress, August Vienna, 4-10.
- Pereira, S.A., Trindade, C.,R.,T., Palma-Silva, C., 2008. Levantamento e caracterização da assembléia de macrófitas aquáticas de diferentes lagos rasos subtropicais. *In: Anais do Seminário de Estudos Limnológicos em Clima Subtropical - CD, Rio Grande-RS. Resumos.*
- Pott, V.J., Pott, A., 2000. Plantas Aquáticas do Pantanal. Embrapa. Centro de Pesquisa Agropecuária do pantanal (Corumbá, MS) – Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. 404p.
- Prellvitz, L.J., Albertoni, E.F., 2004. Caracterização temporal da comunidade de macroinvertebrados associados a *Salvinia* spp. (Salvinaceae) em um arroio da planície costeira do Rio Grande do Sul, RS. *Acta Biologica Leopoldensia* 26, 213-223.
- Rolon, A.S., Maltchik, L., Irgang, B.E., 2004. Levantamento de macrófitas aquáticas em áreas úmidas do Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Biologica Leopoldensia* 26 (1), 17-35.
- Sah, R.N., Goyal, S.S., Rains, D.W., 1989. Interactive effects of exogenous combined nitrogen and phosphorus on growth and nitrogen fixation by *Azolla*. *Plant and Soil* 117, 1- 8.
- Schäfer, A., Araujo, M.E., Pineda, M.D.S., Schwarzbald, A., 1980, Estudo comparativo da variação diária de oxigênio em lagoas o banhado do Taim, RS. *NIDECO, Série Taim* 4, 5-38.
- Schwarzbald, A., Schäfer, A., 1984. Gênese e Morfologia das Lagoas Costeiras do Rio Grande do Sul. *Amazoniana* 9 (1), 87-104.
- Sculthorpe, C.D., 1985. *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. London: Edward Arnold (publishers). 610 p.
- Singh, D.P., Singh, P.K., 1995. Response of *Azolla caroliniana* and rice to phosphorus enrichment of *Azolla* inoculum and phosphorus fertilization during intercropping. *Experimental Agriculture* 31, 21-26.
- Tedesco, M.J., Gianello, C., Bissani, C.A., Bohnen, H., Volkweiss, S.J., 1995. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. 2^a. ed. UFRGS. Porto Alegre. 174p.
- Trindade, C.R.T., Albertoni, E.F., Palma-Silva, C., 2008a. Nutrientes no tecido de macrófitas aquáticas de diferentes corpos d'água rasos subtropicais. (Rio Grande–RS–Brasil). *In: Anais do Seminário de Estudos Limnológicos em Clima Subtropical (CD)*. pp 9.
- Trindade, C.R.T., Furlanetto, L.M., Albertoni, E.F., Palma-Silva, C., 2008b. *In: Alterações da qualidade da água de um lago raso subtropical, provocadas pelo crescimento de excessivo de P. stratiotes L. (Araceae)*. *In: Anais do Seminário de Estudos Limnológicos em Clima Subtropical (CD)*. pp 13.
- Tryon, A., 1990. Fern spores: evolutionary levels and ecological differentiation, *Plant Syst. Evol.* (1990) (Suppl. 5), pp. 71–79.
- Wagner G.M., 1997. *Azolla*: a review of its biology and utilization. *The Botanical Review* 63, 1-26.
- Wetzel, R.G., 1993. *Limnologia*. 2^a ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 1129p.

7. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Em ambos os estudos as macrófitas permaneceram nos lagos durante todo o ano, apresentando uma variação sazonal de biomassa com valores elevados durante as estações quentes e baixos durante os meses mais frios. Cabe ressaltar que para *S. herzogii* este padrão de variação de biomassa ficou mais evidente no ponto-1, fora do estande de *T. domingensis*.

Além dos fatores ambientais que possivelmente possam ter influenciado as variações, tanto de biomassa quanto da produtividade das macrófitas estudadas, a densidade populacional também parece ter tido maior influência principalmente, em relação ao tamanho e ao peso das plantas de *S. herzogii*. Isso foi constatado pelas diferenças de biomassa registradas entre os dois pontos de coleta (1 e 2). No ponto-2 na presença de *T. domingensis*, *S. herzogii* permaneceu em maior densidade durante todo o estudo. Neste ponto a macrófita apresentou maiores valores de biomassa, quando comparados ao ponto-1. Esta constatação permitiu concluir que *T. domingensis* favoreceu o crescimento de *S. herzogii*, sugerindo novas investigações sobre a interação positiva entre as duas espécies.

As concentrações de nutrientes encontradas nos tecidos das plantas também revelaram seu potencial para utilização em estratégias que envolvam a ciclagem de nutrientes. Entretanto, cabe ressaltar que em termos de utilização, aspectos como absorção e liberação de nutrientes merecem melhor atenção, ficando clara a necessidade de estudos enfocando não só o crescimento, mas também a decomposição dessas macrófitas.

Os resultados obtidos nos dois estudos são importantes para o desenvolvimento de estratégias utilizando macrófitas aquáticas visando à preservação e/ou a conservação dos ecossistemas aquáticos, continentais do extremo Sul do Brasil.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)