

Variação da biomassa e produtividade de *Potamogeton pectinatus* L. (Potamogetonaceae) na Lagoa Verde, Rio Grande, RS

Ioni Gonçalves Colares, Mirian Daniela Buchweitz Schlee, Luciane Cougo dos Santos & Ubiracy Allan Sousa Magalhães

Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Laboratório de Botânica, Departamento de Ciências Morfo-Biológicas, Av. Itália, km 8, Campus Carreiros, CEP 96201-900, Rio Grande, RS, Brasil. dmbioni@furg.br

RESUMO – Este trabalho teve como objetivo avaliar a variação da biomassa de *Potamogeton pectinatus* L. (Potamogetonaceae), na Lagoa Verde, em função de parâmetros abióticos. Foram realizadas medidas diárias da profundidade, temperatura, salinidade e pH da água, entre abril de 2001 e maio de 2004. As variações sazonais na biomassa foram determinadas em coletas mensais, no mesmo período. As maiores biomassas de *P. pectinatus* foram observadas em 2001, com diferenças significativas nos três anos de coleta ($p < 0,05$) e uma redução gradativa nos valores anuais de produção primária líquida. As reduzidas intensidades de radiação e elevadas temperaturas em 2001 e 2002, ou aumento da salinidade e redução no pH em 2003, provavelmente causaram o desaparecimento da população. A alocação de biomassa nos tecidos subterrâneos ao final de cada estação de crescimento, representa uma estratégia dessa população para sobreviver durante o inverno, caracterizando a existência de um ciclo de vida anual controlado por fatores abióticos.

Palavras-chave: *Potamogeton pectinatus*, macrófita aquática, biomassa, produtividade.

ABSTRACT – **Variation of the biomass and productivity of *Potamogeton pectinatus* L. (Potamogetonaceae) in the Lagoa Verde, Rio Grande, RS.** This study aimed to evaluate the variation of the biomass of *Potamogeton pectinatus* L. (Potamogetonaceae), in the Lagoa Verde, in response to abiotic factors. Daily measurements of depth, temperature, salinity, and pH of the water were taken from April 2001 to May 2004. The seasonal variations in the biomass were measured through monthly collections, in the same period. The biomass values of *P. pectinatus* were significantly different along the three years of study ($p < 0.05$), with higher values in 2001, and a gradual reduction in the annual values of liquid primary production. The reduced radiation intensity and the high temperatures of 2001 and 2002, or the salinity raise and the reduction of pH in 2003, probably induced the disappearance of the population. The allocation of the biomass at the subterranean tissues at the end of each growth season, represent a strategy of these populations to survive during the winter, characterizing the existence of an annual cycle of life controlled by abiotic factors.

Key words: *Potamogeton pectinatus*, aquatic macrophyte, biomass, productivity.

INTRODUÇÃO

Comunidades de macrófitas aquáticas possuem um importante papel como produtores primários em rios e lagoas, fornecendo habitats para o crescimento e desenvolvimento de muitos organismos aquáticos (Menendez & Sanchez, 1998). *Potamogeton pectinatus* L., família Potamogetonaceae, é uma macrófita submersa, de regiões temperadas, sendo encontrada em rios, lagoas e áreas costeiras de baixa salinidade (Wijk, 1988). Possui as folhas alongadas e finas, com os ramos e rizomas delgados e perenes. Durante o

inverno desenvolve gemas especializadas dormentes, que germinam na próxima estação de crescimento. Possui uma forma de crescimento apical, desenvolvendo abundante biomassa estratificada quando as condições ambientais são favoráveis (Bijl *et al.*, 1989).

Variações nas condições ambientais podem interferir na biomassa e crescimento de populações de macrófitas submersas de regiões temperadas (Duarte, 1991), que apresentam um intenso crescimento na primavera e morte no outono, refletindo na dinâmica total de um lago (Esteves & Camargo, 1986). A dis-

ponibilidade de luz é considerada um dos principais fatores controladores da distribuição, abundância e produtividade das macrófitas aquáticas submersas (Menendez & Sanchez, 1998; Pezzato & Camargo, 2004; Bini & Thomaz, 2005). O regime de luz subaquático sofre influência não só da radiação incidente, como também da profundidade da coluna d'água (Colares, 1998). Em ambientes com profundidade reduzida, alterações na disponibilidade de radiação subaquática podem provocar mudanças nas formas de crescimento das espécies para competir por luz (Berg *et al.*, 1998).

Temperatura é outro fator ambiental que influencia o crescimento das plantas, de acordo com sua tolerância termal (Menendez & Sanchez, 1998), regulando a variabilidade temporal das espécies (Menendez & Peñuelas, 1993). Variações locais ou sazonais de temperatura levam os indivíduos a apresentarem modificações fenotípicas para sobreviverem sob diversas condições termais (Pilon & Santamaría, 2002).

Outros fatores ambientais como salinidade e pH também podem interferir no desenvolvimento das espécies e conseqüentemente alterar a composição da comunidade de plantas (Mitchell, 1974; Hillman *et al.*, 1989; Palma-Silva *et al.*, 2002). Se a salinidade aumenta, o desempenho fotossintético das espécies é alterado, podendo interferir no seu crescimento (Garcia *et al.*, 1991; Palma-Silva *et al.*, 2002). Por outro lado espécies com ampla distribuição de salinidade podem apresentar melhor crescimento em salinidades maiores, se a temperatura ou condições de luminosidade aumentarem também (Lazar & Dawes, 1991). Se o pH aumenta, a concentração de CO₂ diminui, ficando o crescimento das espécies limitado por sua eficiência em utilizar íons bicarbonato como fonte de carbono inorgânico (Invers *et al.*, 1997). Sendo assim, os objetivos deste trabalho foram avaliar as variações da biomassa de *P. pectinatus* L., na Lagoa Verde em função de fatores abióticos (profundidade, temperatura, salinidade e pH).

METODOLOGIA

Área de estudo: A região sul do Estado do Rio Grande do Sul, por sua formação durante o período quaternário através de sucessivas transgressões e regressões marinhas, é uma planície costeira rica em sistemas hídricos, com restingas, arroios, lagoas interiores e banhados (Vieira & Rangel, 1988). A Lagoa Verde, localizada em 32°07.923' S e 52°10.858' W,

no município de Rio Grande, RS – Brasil, faz parte deste complexo sistema de banhados, arroios e lagoas (Fig. 1).

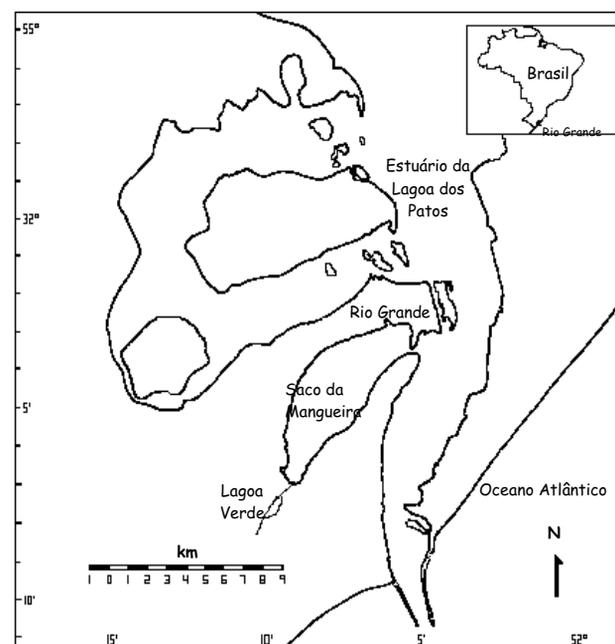


Fig. 1. Mapa de localização da Lagoa Verde, Rio Grande, RS, Brasil.

A Lagoa Verde apresenta uma extensão de 2 km, comunicando-se com a região estuarial da Lagoa dos Patos através do Saco da Mangueira, de onde recebe o aporte de água salgada. Fatores meteorológicos relacionados a chuvas e ventos controlam a salinidade nas águas do estuário, com regimes polihalinos no verão e outono, e oligohalinos no inverno e primavera (Costa *et al.*, 1988). Ventos do quadrante Sul forçam a entrada de água salgada na Lagoa Verde, oriunda do estuário da Lagoa dos Patos. O excesso de chuvas no inverno aumenta o aporte de água doce, diminuindo a salinidade. Características peculiares deste ambiente favorecem uma alta diversidade florística e faunística, sendo a região recentemente transformada em área de proteção ambiental municipal (APA – Lei Municipal nº 6.084 de 22 de abril de 2005).

Coleta de dados: Medidas diárias dos parâmetros abióticos (profundidade, temperatura, salinidade e pH) foram realizadas no período entre abril de 2001 e maio de 2004, na Lagoa Verde. A altura da coluna d'água, foi medida com uma régua fixa e a temperatura determinada com termômetro de mercúrio. A salinidade foi determinada com refratômetro ótico

modelo S1 – Meiji Techno e o pH com o aparelho modelo PA 200P, marca Marconi.

No mesmo período foram realizadas coletas mensais da biomassa aérea e subterrânea de *P. pectinatus* na Lagoa Verde, em cinco quadrados amostrais de $0,25 \times 0,25$ m, distribuídos aleatoriamente ao longo do estande. As plantas foram coletadas com auxílio de uma pá, retirando amostras de sedimento até a profundidade de 20 cm, para vistoriar as raízes. Em laboratório, as plantas foram limpas manualmente, separando parte aérea e subterrânea, e colocadas para secar em estufa a 80°C por 72 horas, para determinar a massa de matéria seca. A biomassa foi pesada em balança modelo Kern 430-21, e expressa como gramas de matéria seca por m^2 (gMS m^{-2}).

Os valores mensais de biomassa (parte aérea) foram utilizados para estimar a produção primária líquida anual (PPLA) de *P. pectinatus*, através das variações positivas do material aéreo vivo, entre datas de coletas consecutivas (Long & Mason, 1983). A mortalidade, exportação e consumo de biomassa que possam ter ocorrido entre os períodos amostrais, podem resultar em valores negativos de biomassa, e dessa maneira são considerados como valores zero.

Para as análises estatísticas, foi utilizado o pacote estatístico STATISTICA para Windows 6.0, SaltSoft,

Inc., 1998. As variáveis foram testadas quanto à normalidade (teste K-S e Lillefors) e homocedasticidade dos dados (teste de Cochran, Harttley e Bartlett), pré-requisitos para os testes paramétricos (Zar, 1984). Uma ANOVA simples foi aplicada para testar a variação mensal e anual da biomassa normalizando as variáveis pela expressão: $\log x + 1$. Após aplicou-se o teste de comparação múltipla de Tukey a 5% de significância (Zar, 1984).

RESULTADOS

A profundidade da coluna d'água na Lagoa Verde oscilou entre 0,7 m (junho/2001) e 0,2 m (março/2004), com maiores médias anuais observadas em 2002 ($0,5 \text{ m} \pm 0,9$) (Fig. 2). As temperaturas do ar e da água seguiram os padrões sazonais de temperatura, com maiores valores (35 e 37°C , respectivamente) no mês de janeiro de 2003 e menores valores (12 e 11°C) em de julho de 2003 (Fig. 2).

Os valores de salinidade variam de 0 a 18 ups (unidade padrão de salinidade), sendo este máximo observado em março de 2004 (Fig. 3). A água apresentou um caráter básico ($7,8 \pm 0,6$), com maiores valores (pH 9,3) no mês de setembro de 2002, sendo que em janeiro de 2004, o pH manteve-se ácido (pH 6) (Fig. 3).

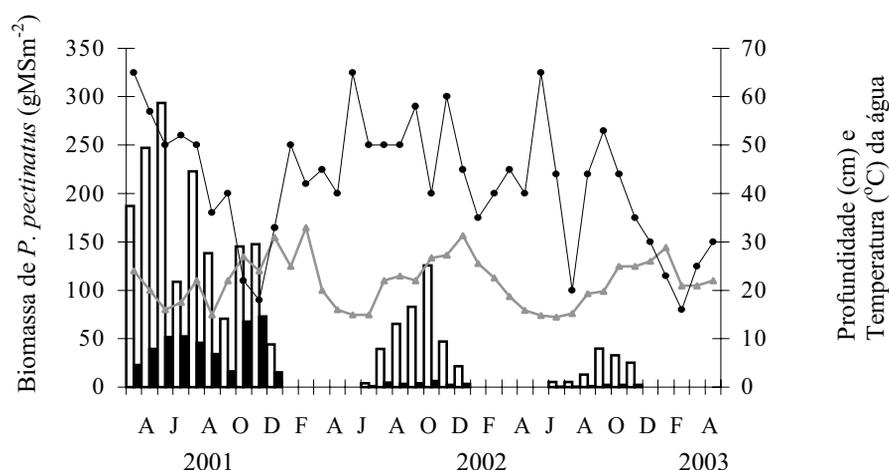


Fig. 2. Valores médios de biomassa parte aérea e subterrânea de *Potamogeton pectinatus* e médias mensais da profundidade (cm) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$) da água na Lagoa Verde, nos três anos de estudo. Os valores de biomassa em 2001 foram significativamente maiores ($p < 0,05$) do que em 2002 e 2003.

□ Biomassa parte aérea; ■ Biomassa parte subterrânea;
▲ Temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$); ● Profundidade da água (cm).

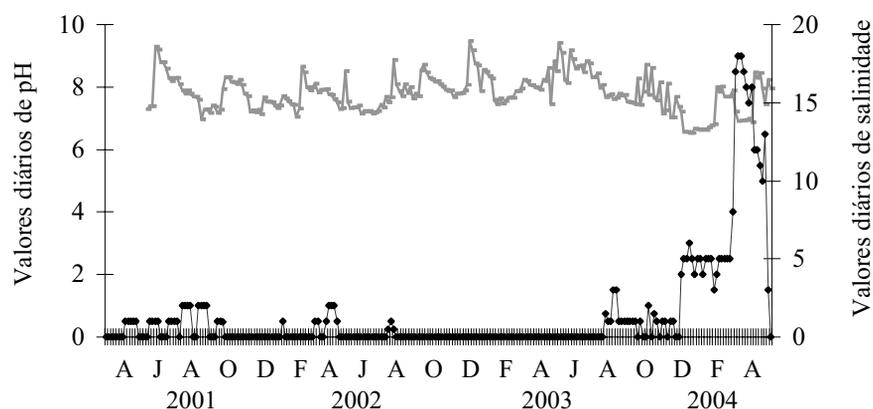


Fig. 3. Variação diária do pH (linha cinza) e salinidade da água (linha preta) na Lagoa Verde no período de abril de 2001 a maio de 2004.

Os valores de biomassa de *P. pectinatus* apresentaram diferenças significativas entre os três anos de coleta ($p < 0,05$), com maiores valores durante 2001 (Tab. 1, Fig. 2). Maior biomassa total ($345,5 \pm 86,5 \text{ gMS m}^{-2}$) foi observada em junho de 2001 e a menor em julho de 2003 ($5,5 \pm 2,7 \text{ gMS m}^{-2}$). A biomassa média da parte aérea de *P. pectinatus* correspondeu a 83% da biomassa média total da macrófita. Na Fig. 2 podemos observar que o pico de biomassa da parte aérea ocorreu em junho de 2001 ($293,8 \pm 86,6 \text{ gMS m}^{-2}$), enquanto que a biomassa da parte subterrânea foi significativamente maior ($p < 0,05$) em dezembro do mesmo ano ($72,7 \pm 54,5 \text{ gMS m}^{-2}$).

Maior relação biomassa parte subterrânea/parte aérea (PS/PA) foi observada no mês de dezembro de 2001 (Tab. 1). Nos três anos de estudo, a população apresentou respostas similares em seu ciclo de vida, com aumento da biomassa da parte subterrânea e redução na biomassa da parte aérea em janeiro, desaparecimento em fevereiro e recuperação do estande em julho. Sendo que os valores anuais de PPLA mostraram uma redução significativa ($p < 0,05$) entre os anos de estudo, de $376,2 \text{ gMS m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ em 2001, para $150,7 \text{ gMS m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ em 2002 e $36,6 \text{ gMS m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ em 2003.

TABELA 1 – Biomassa total (BT) e relação biomassa parte subterrânea/aérea (PS/PA) de *P. pectinatus* na Lagoa Verde no período entre abril de 2001 e março de 2004. Dados não transformados ($n = 5$).

Período	2001/2002		2002/2003		2003/2004	
	BT	PS/PA	BT	PS/PA	BT	PS/PA
Abr	$210 \pm 17,5^{bc}$	$0,12 \pm 0,06^a$	0	0	0	0
Mai	$286,4 \pm 40,7^{bc}$	$0,16 \pm 0,06^a$	0	0	0	0
Jun	$345,5 \pm 86,5^b$	$0,18 \pm 0,07^{ab}$	0	0	0	0
Jul	$161 \pm 15,4^{bcd}$	$0,48 \pm 0,13^{ab}$	$5,5 \pm 2,7^a$	$0,27 \pm 0,16^b$	$5,5 \pm 2,7^a$	$0,13 \pm 0,07^a$
Ago	$268,7 \pm 61,3^b$	$0,21 \pm 0,1^{ab}$	$43,6 \pm 9,8^b$	$0,12 \pm 0,005^b$	$5,7 \pm 2,0^a$	$0,06 \pm 0,03^a$
Set	$172,4 \pm 20,4^{bcd}$	$0,27 \pm 0,06^{ab}$	$68,7 \pm 29,5^{bc}$	$0,05 \pm 0,02^a$	$13,6 \pm 3,4^b$	$0,07 \pm 0,03^a$
Out	$213 \pm 43,6^{bcd}$	$0,4 \pm 0,4^b$	$87,3 \pm 42,6^c$	$0,05 \pm 0,01^a$	$42,3 \pm 21,9^c$	$0,05 \pm 0,02^a$
Nov	$213 \pm 43,7^{bcd}$	$0,4 \pm 0,4^b$	$131,8 \pm 51,8^c$	$0,05 \pm 0,02^a$	$34,8 \pm 10,5^c$	$0,07 \pm 0,02^a$
Dez	$220,2 \pm 65,2^{bcd}$	$0,5 \pm 0,6^b$	$49,7 \pm 2,1^b$	$0,05 \pm 0,02^a$	$27,4 \pm 6,2^{bc}$	$0,1 \pm 0,08^a$
Jan	$59,4 \pm 15,5^a$	$0,3 \pm 0,08^{ab}$	$25,3 \pm 10,6^b$	$0,17 \pm 0,05^b$	0	0
Fev	0	0	0	0	0	0
Mar	0	0	0	0	0	0

Obs.: Médias nas colunas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ($n = 5$).

DISCUSSÃO

Variações nos parâmetros abióticos podem influenciar o desenvolvimento da vegetação submersa, interferindo no seu estabelecimento, crescimento, ocorrência e desaparecimento (Buia *et al.*, 1992). *P. pectinatus* devido a sua plasticidade fenotípica, consegue ocupar habitats cujas condições ambientais são variáveis, alterando o seu ciclo de vida como estratégia de sobrevivência (Wijk, 1988).

A espécie possui uma distribuição cosmopolita, sendo encontrada em profundidades variáveis desde 0,1 m até mais de 1 m (Wijk, 1988). Na Lagoa Verde, o estande de *P. pectinatus* se manteve em profundidades variando de 0,2 a 0,7 m (Fig. 2), dentro, portanto, dos limites de distribuição da espécie, citados por Wijk (1988). A profundidade da coluna d'água é um parâmetro abiótico que pode interferir no regime de radiação subaquática (Colares, 1998), podendo ser utilizada como uma medida indireta da quantidade de radiação disponível para as plantas submersas (Sand-Jansen, 1989). A profundidade média da coluna d'água na Lagoa Verde é controlada pelo regime pluviométrico e ação de ventos. Ventos do quadrante Sul forçam a entrada de água salgada no estuário da Lagoa dos Patos (Garcia, 1998), represando as águas de vazante da Lagoa Verde. Se estas condições de vento coincidirem com períodos de altas precipitações, eleva o nível da água na Lagoa, como ocorreu em 2002, quando foram observadas as maiores profundidades (Fig. 2). Este aumento na profundidade pode implicar uma redução na intensidade de radiação subaquática e consequentemente interferir no crescimento e biomassa de *P. pectinatus*. Em estudos em cinco diferentes reservatórios na Bacia do rio Tietê, Cavenaghi *et al.* (2003), também relacionaram a ocorrência de plantas aquáticas submersas, com a maior ou menor penetração de luz decorrente da presença de sólidos em suspensão na coluna d'água.

Variações na biomassa representam uma medida indireta de como a radiação subaquática está sendo absorvida pelas plantas. O maior investimento em biomassa aérea (83% da biomassa total) do que subterrânea, pode estar associado à baixa profundidade da Lagoa Verde (0,5 m \pm 0,9) e a alta radiação subaquática onde se estabeleceu o estande de *P. pectinatus*. A biomassa da parte aérea está relacionada aos diferentes níveis de radiação, enquanto a biomassa da parte subterrânea reflete a necessidade de absorção de nutrientes e fixação ao solo (Wolfer

& Straile, 2004). O baixo investimento em biomassa subterrânea de *P. pectinatus*, como observado neste estudo (Fig. 2, Tab. 1), pode estar relacionado à pouca movimentação da água, bem como ao enriquecimento da água com nutrientes oriundos das regiões agrícolas adjacentes a Lagoa Verde (Carvalho & Silva, 1998). Populações de *P. pectinatus* em lagos subalpinos apresentaram uma resposta similar, com menor investimento em biomassa subterrânea quando crescendo em regiões com maior aporte de nutrientes (Wolfer & Straile, 2004). Outras espécies de plantas aquáticas como *Heteranthera reniformis* (Domingos *et al.*, 2005a) e *Myriophyllum aquaticum* (Domingos *et al.*, 2005b) também apresentaram estratégia de alocação de biomassa em resposta a disponibilidade de nutrientes no meio.

Ambientes com temperaturas variáveis são bastante toleráveis por populações de *P. pectinatus* (Wijk, 1988), embora temperaturas menores do que 8°C em lagos na Holanda inibiram o seu crescimento (Berg *et al.*, 1998). Em cultivo, plantas de *P. pectinatus* oriundas da Lagoa Verde tiveram seu crescimento reduzido em temperaturas menores do que 10°C ou maiores do que 30°C, com melhor desenvolvimento na temperatura de 20°C (Schlee, 2002). Durante este estudo, as populações de *P. pectinatus* na Lagoa Verde ocorreram em temperaturas médias de 21,9°C \pm 4,9, desaparecendo em temperaturas menores do que 15°C ou maiores do que 30°C (Fig. 2). Nossos resultados podem estar indicando que além da luz, a temperatura deve ser um fator que controla a produção destas populações, como observado por Berg *et al.* (1998) e Schlee (2002).

Mudanças sazonais nas condições ambientais, alterando a temperatura podem alterar o tamanho dos estandes. Nos três anos de estudo, observou-se em janeiro uma redução nos valores de biomassa, com o desaparecimento do estande em fevereiro e rebrotamento em julho. Em janeiro de 2002 e 2003, as elevadas temperaturas propiciaram o desenvolvimento de plantas flutuantes (*Pistia stratiotes*) e algas filamentosas, sombreando as espécies submersas. *P. pectinatus* por apresentar crescimento vertical e estratégia de desenvolvimento do dossel próximo à superfície da água resiste bem a redução na penetração de luz (Menendez & Sanchez, 1998). No entanto, o efeito conjugado de elevadas temperaturas e sombreamento pode ter sido o responsável pela redução da população de *P. pectinatus* na Lagoa Verde, como foi observado na Espanha por Menendez & Sanchez (1998), onde a proliferação de algas

filamentosas flutuantes e elevadas temperaturas, contribuíram para a deterioração das plantas, reduzindo a produção.

No terceiro verão consecutivo, quando o estande de *P. pectinatus* desapareceu, não foi registrada a presença de espécies flutuantes. Nesse período, em janeiro de 2004, a temperatura foi maior do que 30°C (Fig. 2), a salinidade da água chegou a 18 ups e os valores de pH diminuíram (pH 6,0) (Fig. 3). Segundo Schlee (2002), populações de *P. pectinatus* oriundas da Lagoa Verde têm seu crescimento reduzido em temperaturas maiores do que 30°C. Na Holanda, as populações crescendo em águas doces alcançam maior biomassa até a salinidade de 3 ups, desaparecendo em salinidades maiores (Wijk, 1988). A espécie cresce em águas duras (pH 7,0-9,0), sendo pouco tolerante a pH ácidos (Hutchinson, 1975). É possível que elevadas temperaturas de verão, associadas ao aumento na salinidade e a redução nos valores de pH durante o mês de janeiro de 2004, tenham sido os fatores determinantes do desaparecimento do estande na Lagoa Verde.

Os valores anuais de PPLA de *P. pectinatus* mostraram uma redução gradativa entre os anos amostrados (2001: 376,2 gMS m⁻² ano⁻¹, 2002: 150,7 gMS m⁻² ano⁻¹ e 2003: 36,6 gMS m⁻² ano⁻¹). O efeito negativo das baixas radiações subaquáticas pode implicar em reduzidas biomassas e alterações no tamanho do banco de tubérculos para garantir o rebrotamento na próxima estação de crescimento. Populações desta espécie na Holanda levaram dois anos para recuperar do efeito negativo de períodos com reduzida intensidade de radiação subaquática (Dijk *et al.*, 1992). Isto também pode estar acontecendo na Lagoa Verde, onde o decréscimo na PPLA pode ter ocorrido devido a não recuperação total da população, em função de dois anos consecutivos de reduzida radiação.

Por outro lado, ao final de cada ciclo, observou-se uma alocação de biomassa aérea em biomassa subterrânea (aumento na relação PS/PA). Nas macrofitas aquáticas, a exposição a elevadas temperaturas pode induzir a alocação de biomassa aérea em subterrânea (Olesen & Sand-Jensen, 1993). Reservas energéticas são estocadas em tubérculos subterrâneos ao final da estação de crescimento e propiciam a formação de novos indivíduos na próxima estação de crescimento (Esteves & Camargo, 1986; Santamaria & Garcia, 2004). Considerando que *P. pectinatus* reproduz predominantemente por meio de tubérculos subterrâneos (Wijk, 1988; Jian *et al.*,

2003), a alocação de biomassa nos tecidos subterrâneos ao final da estação de crescimento, pode representar uma estratégia dessa população para sobreviver durante o inverno, indicando a existência de um ciclo de vida anual. Em 2001 e 2002 reduzidas intensidades de radiação e elevadas temperaturas, em 2003 elevadas temperaturas, aumento da salinidade e redução nos valores de pH, provavelmente limitaram o crescimento da população. Seja porque a espécie tem um ciclo de vida anual ou devido à influência de fatores abióticos, a menor produção de folhas e o investimento em biomassa subterrânea, podem levar ao desaparecimento do estande e, conseqüentemente, afetarem a estrutura da fauna associada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento de Ciências Morfo-Biológicas (DCMB) da Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG), pelo apoio técnico; a Fundação de Assistência a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pelo financiamento do projeto; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica; ao Dr. Elton Pinto Colares pela leitura e sugestões no manuscrito.

REFERÊNCIAS

- BERG, M.S. van den; COOPS, H.; SIMONS, J.; KEIZER, A. de. 1998. Competition between *Chara aspera* and *Potamogeton pectinatus* as a function of temperature and light. **Aquatic Botany**, v. 60, p. 241-250.
- BIJL, L. van der; SAND-JENSEN, K.; HJERMIND, A.L. 1989. Photosynthesis and canopy structure of a submerged plant, *Potamogeton pectinatus*, in a danish lowland stream. **Journal of Ecology**, v. 77, p. 947-962.
- BINI, L.M.; THOMAZ, S.M. 2005. Prediction of *Egeria najas* and *Egeria densa* occurrence in a large subtropical reservoir (Itaipu Reservoir, Brazil-Paraguay). **Aquatic Botany**, v. 83, n. 3, p. 227-238.
- BUIA, M.C.; ZUPO, V.; MAZZELLA, L. 1992. Primary production and growth dynamics in *Posodonia oceanica*. **P.S.Z.N.I. Marine Ecology**, v. 13, p. 2-16.
- CARVALHO, R.V.; SILVA, K.G. 1998. Caracterização ambiental do sistema arroio-lagoa do Bolaxa, uma futura área de preservação ambiental. In: **Semana Nacional de Oceanografia**, 11., 1988, Rio Grande. **Anais ...** Rio Grande: FURG. p. 46-48.
- CAVENAGHI, A.L.; VELINI, E.D.; GALO, M.L.B.T.; CARVALHO, F.T.; NEGRISOLI, E.; TRINDADE, M.L.B.; SIMIONATO, J.L.A. 2003. Caracterização da qualidade de água e sedimento relacionados com a ocorrência de plantas aquáticas em cinco reservatórios da bacia do rio Tietê. **Planta Daninha**, v. 21, p. 43-52.
- COLARES, I.G. 1998. **Influência da luz sobre o crescimento e fotossíntese de *Ruppia maritima* L., no estuário da Lagoa dos Patos**. 117 f. Tese (Doutorado em Ciências – Oceanografia Biológica) – Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande.

- COSTA, C.S.B.; SEELIGER, U.; KINAS, P.G. 1988. The effect of win velocity and diretion on the salinity regime in the lower Patos Lagoon estuary. Brasil. **Ciência e Cultura**, v. 40, n. 9, p. 909-912.
- DOMINGOS, V.D.; MARTINS, D.; FERNANDES, D.M.; COSTA, N.V.; PASCHOA, P.L. 2005a. Alocação de biomassa e nutrientes em *Heteranthera reniformis* sob o efeito de N, P, e K. **Planta Daninha**, v. 23, n.1, p. 33-42.
- DOMINGOS, V.D.; PASCHOA, P.L.; MARTINS, D.; COSTA, N.V. 2005b. Alocação de biomassa e nutrientes em *Myriophyllum aquaticum* sob diferentes níveis de macronutrientes. **Planta Daninha**, v. 23, n.2, p. 193-201.
- DIJCK, G.M. van; BREUKELAAR, A.W.; GIJLSTRA, R. 1992. Impact of light climate history on seasonal dynamics of a field population of *Potamogeton pectinatus* L. during a three year period (1986-1988). **Aquatic Botany**, v. 43, p. 17-41.
- DUARTE, C.M. 1991. Seagrass depth limits. **Aquatic Botany**, v. 40, p. 363-377.
- ESTEVES, F.A.; CAMARGO, A.F.M. 1986. Sobre o papel das macrófitas aquáticas na estocagem e ciclagem de nutrientes. **Acta Limnológica Brasileira**, v. I, p. 273-298.
- GARCIA, C.A.E. 1998. Características hidrográficas. In: SEELIGER, U. et al. (Ed.). **Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil**. Rio Grande. p.18-21.
- GARCIA, C.M.; PEREZ-LLORENS, J.L.; NIELL, F.X.; LUCENA, J. 1991. Pigment estimations and photosynthesis of *Ruppia drepanensis* Tin. ex Guss. in a hypersaline enviroment. **Hydrobiologia**, v. 220, p. 147-153.
- HILLMAN, K.; WALKER, D.I.; LARKUM, A.W.D.; McCOMB, A.J. 1989. Productivity and nutrient limitation. In: LARKUM, A.W.D. et al. (Ed.). **Biology of Seagrass. A treatise on the biology of seagrass with special reference to the Australian region**. Amsterdam. p. 635-685.
- HUTCHINSON, G.E. 1975. **A treatise on Limnology; Limnological Botany**. New York: John Wiley & Sons. v. 3.
- INVERS, O.; ROMERO, J.; PÉREZ, M. 1997. Effects of pH on seagrass photosynthesis: a laboratory and field assessment. **Aquatic Botany**, v. 59, p. 185-194.
- JIAN, Y.; LI, B.; WANG, J.; CHEN, J. 2003. Control of turion germination in *Potamogeton crispus*. **Aquatic Botany**, v. 75, p. 59-69.
- LAZAR, A.C.; DAWES, C.J. 1991. A seasonal study of the seagrass *Ruppia maritima* L. in Tampa Bay, Florida. Organic constituents and tolerances to salinity and temperature. **Botanica Marina**, v. 34, p. 265-269.
- LONG, S.P.; MASON, C.F. 1983. **Saltmarsh Ecology**. New York: Blackie & Sons.
- MENÉNDEZ, M.; PEÑUELAS, J. 1993. Seasonal photosynthetic and respiration responses of *Ruppia cirrhosa* (Petagna) Grande to changes in light and temperature. **Archives für Hydrobiologie**, v. 129, n. 2, p. 221-230.
- MENENDEZ, M.; SANCHEZ, A. 1998. Seasonal variations in P-I responses of *Chara hispida* L. and *Potamogeton pectinatus* L. from stream Mediterranean ponds. **Aquatic Botany**, v. 61, p. 1-15.
- MITCHELL, D.S. 1974. **Aquatic vegetation and its use and control**. Paris: Unesco. 135p.
- OLESEN, B.; SAND-JENSEN, K. 1993. Seasonal acclimatization of eelgrass *Zostera marina* growth to light. **Marine Ecology Progress Series**, v. 94, p. 91-99.
- PALMA-SILVA, C.; ALBERTONI, E.F.; ESTEVES, F.A. 2002. Clear water associated with biomass and nutrient variation during the growth of a Charophyte stand after a drawdown, in a tropical coastal lagoon. **Hydrobiologia**, v. 482, p. 79-87.
- PEZZATO, M.M.; CAMARGO, A.F.M. 2004. Photosynthetic rate of the aquatic macrophyte *Egeria densa* Planch. (Hydrocharitaceae) in two rivers from the Itanhém River Basin in São Paulo State, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 1, p. 153-162.
- PILON, J.; SANTAMARÍA, L. 2002. Clonal variation in morphological and physiological responses to irradiance and photoperiod for the aquatic angiosperm *Potamogeton pectinatus*. **Journal of Ecology**, v. 90, p. 859-870.
- SAND-JENSEN, K. 1989. Environmental variables and their effect on photosynthesis of aquatic plant communities. **Aquatic Botany**, v. 34, p. 5-25.
- SANTAMARIA, L.; GARCIA, A.I.L. 2004. Latitudinal variation in tuber production in an aquatic pseudo-annual plant, *Potamogeton pectinatus*. **Aquatic Botany**, v. 79, p.51-64.
- SCHLEE, M.D.B. 2002. **Variação da biomassa e produtividade de *Potamogeton pectinatus* L. (Potamogetonaceae) em relação à luz e temperatura**. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.
- VIEIRA, E.F.; RANGEL, S.R.S. 1988. **Planície costeira do Rio Grande do Sul. Geografia física, vegetação e dinâmica sociodemográfica**. Porto Alegre: Sagra. 256 p.
- WIJK, R. J. van. 1988. Ecological studies on *Potamogeton pectinatus* L. P. I. General characteristics, biomass and life cycles under field conditions. **Aquatic Botany**, v. 31, p. 211-258.
- WOLFER, S.R.; STRAILE, D. 2004. Spatio-temporal dynamics and plasticity of clonal architecture in *Potamogeton perfoliatus*. **Aquatic Botany**, v. 78, p. 307-318.
- ZAR, J.H. 1984. **Biostatistical analysis**. 2. ed. New Jersey: Prentice-Hall. 718 p.

Trabalho recebido em 16.VI.2005. Aceito para publicação em 29.V.2007.

