

Avaliação sazonal da biomassa da macrófita aquática *Eichhornia azurea* em um rio de águas brancas da bacia hidrográfica do rio Itanhaém (litoral sul do estado de São Paulo, Brasil)

Gustavo Gonzaga Henry-Silva^{1,3} e Antonio Fernando Monteiro Camargo²

Recebido: 13.08.2002; aceito: 17.02.2003

ABSTRACT - (Seasonal evaluation of the biomass of the aquatic macrophyte *Eichhornia azurea* in a white water stream of the hydrographic Itanhaém river basin (south coast of São Paulo State, Brazil)). Samples of plant material were obtained in quarterly intervals from August of 1997 through May of 1998. Physical and chemical variables of the water and values of photosynthetic active radiation and precipitation were measured. No significant differences were observed ($p>0.05$) among the values of the living biomass of *E. azurea* in the different seasons of the year. Values found were 245.5 g DW m⁻², 280.1 g DW m⁻², 328.2 g DW m⁻² and 306.1 g DW m⁻² for spring, summer, autumn and winter, respectively. The absence of seasonal variation of the biomass of *E. azurea* is probably due to the narrow seasonal variation of the physical and chemical characteristics of the water and the climatic uniformity of the region.

Key words: aquatic macrophyte, *Eichhornia azurea*, biomass, lotic ecosystem

RESUMO - (Avaliação sazonal da biomassa da macrófita aquática *Eichhornia azurea* em um rio de águas brancas da bacia hidrográfica do rio Itanhaém (litoral sul do estado de São Paulo, Brasil)). As coletas de material vegetal foram efetuadas em intervalos trimestrais de agosto de 1997 a maio de 1998. Foram obtidas medidas de variáveis físicas e químicas da água, além dos valores de radiação fotossinteticamente ativa e de precipitação. Não foram constatadas diferenças significativas ($p>0,05$) entre os valores de biomassa viva de *E. azurea* nas diferentes épocas do ano. Na primavera o valor médio foi de 245,5 g PS m⁻²; no verão, de 280,1 g PS m⁻²; no outono, de 328,2 g PS m⁻²; e no inverno, de 306,1 g PS m⁻². Não foi constatado um padrão de variação sazonal da biomassa de *E. azurea* devido, provavelmente, à pequena variação sazonal das características físicas e químicas da água e da uniformidade climática da região.

Palavras-chave: macrófita aquática, *Eichhornia azurea*, biomassa, ecossistema lótico

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). O estudo da produção de biomassa desses vegetais permite fornecer subsídios para se avaliar a importância desta comunidade para a cadeia alimentar e para a ciclagem de nutrientes e fluxo de energia no ambiente aquático (Esteves 1982, Nogueira & Esteves 1990, Menezes et al. 1993).

Quanto à variação temporal da biomassa das macrófitas aquáticas, observam-se grandes diferenças entre regiões temperadas e tropicais. Em regiões temperadas, a variação sazonal de biomassa desses vegetais está relacionada principalmente à variação

de luz e temperatura. Nos trópicos o desenvolvimento pode ser praticamente constante, com nascimento, crescimento e morte de indivíduos em um processo contínuo durante o ano (Wetzel 1975, Esteves 1998). Entretanto, em ecossistemas aquáticos tropicais de planície de inundação, o pulso de inundação pode atuar como o fator determinante na variação sazonal da biomassa das macrófitas aquáticas (Junk et al. 1989, Camargo & Esteves 1996).

Na bacia hidrográfica do rio Itanhaém, principalmente em sua planície costeira, são vários os ecossistemas lóticos colonizados por macrófitas aquáticas de diferentes tipos ecológicos (Camargo et al. 1997, Henry-Silva & Camargo 2000, Henry-Silva et al. 2001) e dentre as mais abundantes e amplamente distribuídas, está a espécie *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth. Esta espécie é nativa da América do Sul,

1. Centro de Aqüicultura, UNESP, Rodovia Carlos Tonanni, km 5, 14870-000 Jaboticabal, SP, Brasil.

2. Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, UNESP, Av. 24-A, 1515, 13506-900 Rio Claro, SP, Brasil.

3. Autor para correspondência: ghgs@rc.unesp.br

provavelmente originária da região amazônica. Atualmente está presente desde o sul dos Estados Unidos até a Argentina. No Brasil ocorre em todo o território, principalmente em mananciais de águas paradas e brejos com águas correntes (Castellanos 1958, Lorenzi 1982). Na bacia hidrográfica do rio Itanhaém, *E. azurea* é encontrada tanto em rios de águas pretas quanto em rios de águas brancas.

Este trabalho teve por objetivo verificar a existência de variação sazonal de biomassa da macrófita aquática *Eichhornia azurea* em um rio de águas brancas da bacia hidrográfica do rio Itanhaém (SP) com reduzida oscilação de nível durante o ano.

Material e métodos

Área de estudo: o rio Branco está localizado na bacia hidrográfica do rio Itanhaém, no litoral sul do estado de São Paulo. Esta bacia possui 930 km² de área e situa-se entre os paralelos de 23°50' - 24°15' S e entre os meridianos de 46°35' - 47°00' W, abrangendo os municípios de Peruíbe, Mongaguá, Praia Grande, São Vicente, São Paulo e Itanhaém (figura 1). A maioria dos rios da bacia do rio Itanhaém possui suas nascentes na Serra do Mar e alguns na própria planície costeira, apresentando águas claras, brancas e pretas devido às diferenças geológicas, de relevo e de vegetação que a região apresenta (Camargo et al. 1997).

As nascentes do rio Branco localizam-se no Pré-Cambriano da Serra do Mar a aproximadamente 800 m de altitude. Apresenta 87,3% da área de sua bacia hidrográfica sobre terrenos de origem Pré-Cambrianos, 4,6% sobre terrenos Quaternários compostos por sedimentos continentais e 8,1% sobre terrenos do período Holoceno com influência marinha e lagunar (Suguiú & Martin 1978, Camargo et al. 1997). Segundo a classificação de Navarra (1988), baseada principalmente na altitude e no local da nascente dos cursos de água, o rio Branco pode ser classificado como um rio exógeno de planalto. É um rio de quinta ordem, apresentando 65 km de extensão e uma área de drenagem de 289 km² (Pereira 2002).

Segundo Setzer (1966), o clima regional é classificado como At tropical, sem estação seca. A precipitação média anual é de 2.112 mm com chuvas bem distribuídas ao longo do ano (Lamparelli 1998). O fotoperíodo apresenta reduzida variação anual, com dias ligeiramente mais longos no verão (13 horas) do que no inverno (10 horas).

As amostras de biomassa de *E. azurea* e de água foram obtidas em uma área de remanso do rio Branco (Branco-Baia) em intervalos trimestrais, de agosto de 1997 a maio de 1998.

A estimativa da biomassa foi feita em triplicata, utilizando-se como amostrador um quadrado de 0,25 m² de área (Westlake 1974). O material vegetal coletado foi separado em raiz, rizoma/pecíolo e lâmina foliar, e limpo através de sucessivas lavagens, para a remoção de perifíton, detritos orgânicos e partículas inorgânicas associadas. A biomassa das diferentes estruturas de *E. azurea* foi determinada após secagem em estufa a 70° C, até atingir peso constante, e expressa em g PS m⁻². Para a estimativa da biomassa viva de *E. azurea* foram somados os valores de biomassa das partes emersa e submersa e excluídos os valores da biomassa morta. Foi considerada como biomassa morta toda estrutura da planta com pelo menos 50% da superfície em processo de decomposição.

As variáveis físicas e químicas da água foram obtidas em intervalos trimestrais de 1994 a 1998. Os valores de temperatura, pH e turbidez foram obtidos com o multi-sensor marca Horiba U-10. Os teores de oxigênio dissolvido foram determinados através do método titulométrico de Winkler (Golterman et al. 1978). A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foi medida na superfície da coluna d'água com o auxílio de um radiômetro da marca Licor, modelo Li-192-AS. Amostras de água dos estandes de *E. azurea* foram coletadas em frascos de polietileno para a análise de nutrientes. Em laboratório, foram determinadas as concentrações de nitrogênio orgânico total (Mackereth et al. 1978) e as concentrações de fósforo total (Golterman et al. 1978).

Os dados pluviométricos foram obtidos na Estação Climatológica de Itanhaém (F3-005), através do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (<http://www.sigrh.sp.gov.br>) entre os anos de 1994 e 1998.

Os dados numéricos foram submetidos inicialmente à estatística descritiva e, posteriormente, às análises estatísticas paramétricas. Para testar a normalidade dos resíduos e a homocedasticidade (homogeneidade entre as variâncias) dos dados de biomassa de *E. azurea* foram aplicados os testes de D'Agostinho e de Bartlett (Zar 1999), respectivamente. Após constatadas a distribuição normal e a variância homogênea foi aplicada a análise de variância (ANOVA - uma via) para verificar possíveis

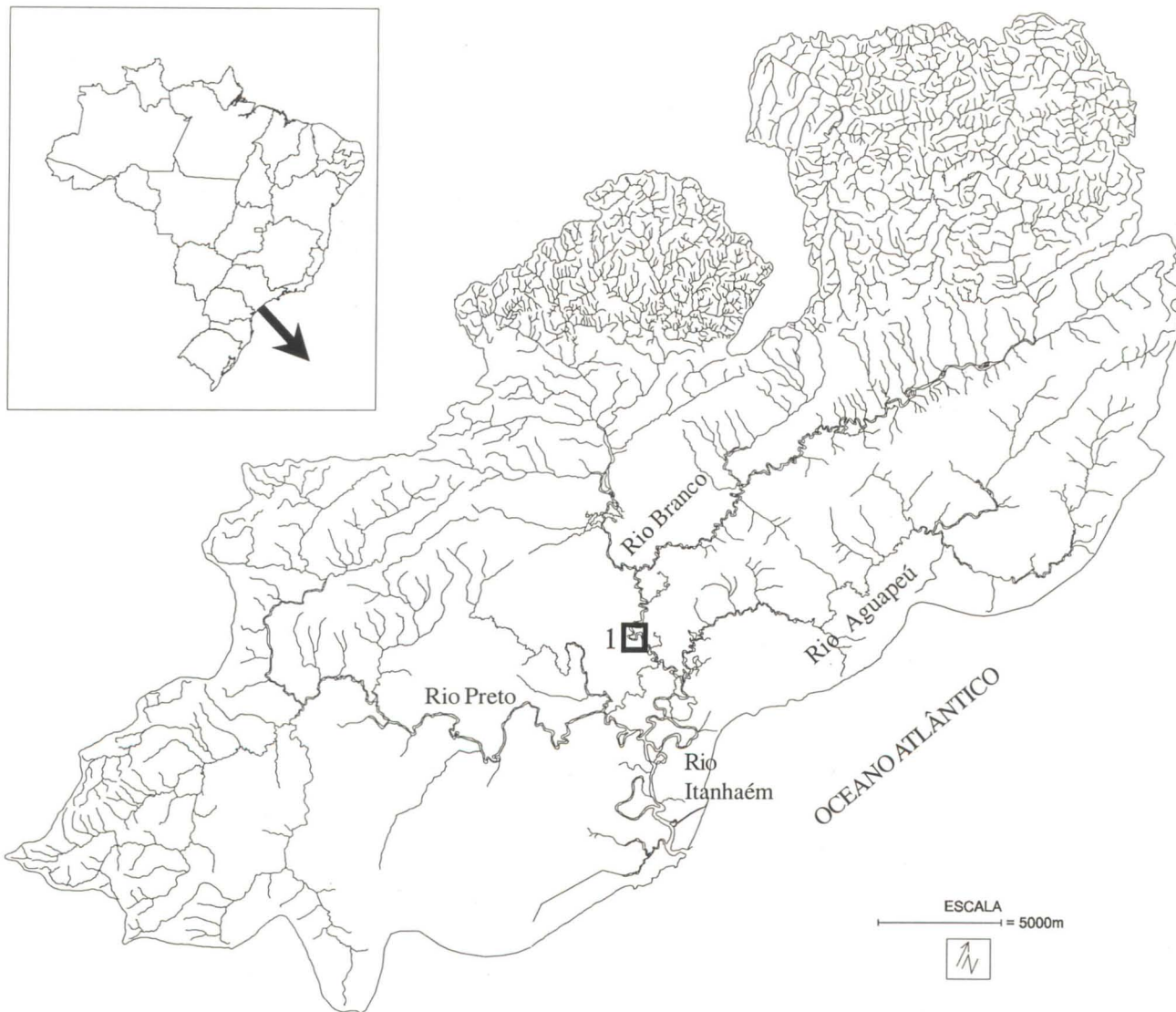


Figura 1. Mapa da bacia hidrográfica do Rio Itanhaém e o local de coleta de *Eichhornia azurea* no rio Branco (1).

diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre a biomassa de *E. azurea* nos diferentes períodos amostrados (Zar 1999). Os testes foram realizados com o uso do pacote estatístico STATISTICA for Windows versão 6 (StatSoft, Inc. 2000).

Resultados

Os valores de biomassa total viva de *E. azurea* (figura 2), nas diferentes estações do ano, não apresentaram diferenças significativas ($p \geq 0,05$), sendo que os valores médios variaram de 245,5 g PS m^{-2} na primavera a 328,2 g PS m^{-2} no outono. Os valores de biomassa de lâmina foliar, pecíolo/rizoma e raiz de *E. azurea* também não apresentaram diferenças

significativas entre as quatro estações do ano amostradas. Os valores médios de biomassa da lâmina foliar de *E. azurea* variaram de 54,1 (inverno) a 94,6 g PS m^{-2} (outono). Os valores médios de biomassa da raiz estiveram compreendidos entre 8,2 (primavera) e 51,1 g PS m^{-2} (verão), enquanto os valores de biomassa de pecíolo/rizoma variaram de 141,9 (verão) a 220,4 g PS m^{-2} (inverno).

Os dados de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e pluviosidade apresentaram reduzida amplitude de variação sazonal (figura 3). Os valores médios de RFA variaram de $462,7 \pm 339,1 \mu\text{mol } m^{-2} s^{-1}$ na primavera a $1057 \pm 502,7 \mu\text{mol } m^{-2} s^{-1}$ no verão e os de pluviosidade de $104,9 \pm 68,0 \text{ mm}$ no inverno a $285,1 \pm 101,7 \text{ mm}$ no verão (figura 3).

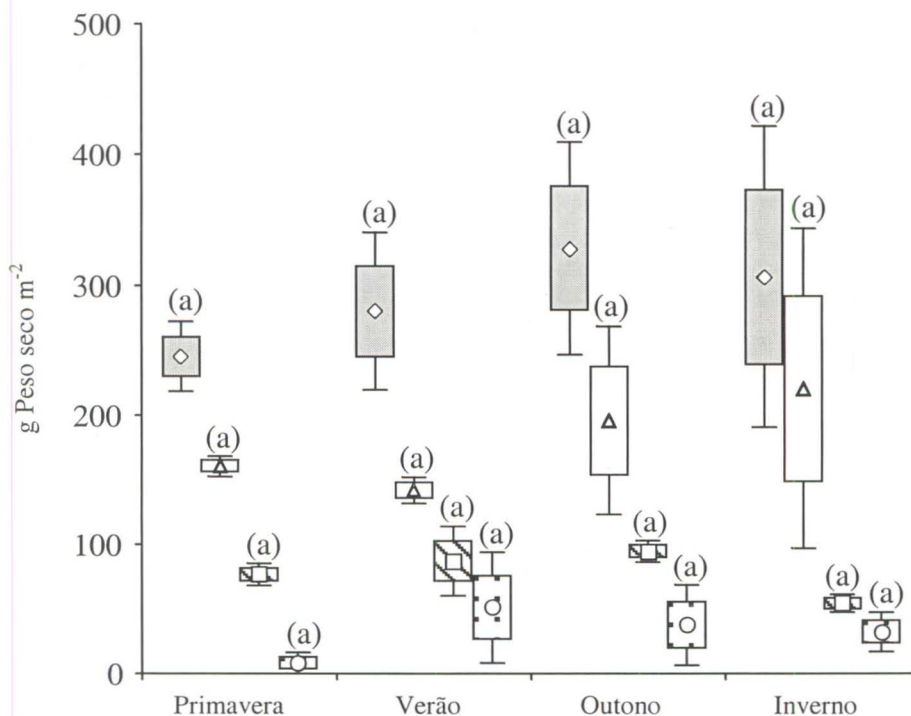


Figura 2. Valores médios, erros padrão (caixa) e desvios padrão (barra) de biomassa viva, pecíolo/rizoma, lâmina foliar e raiz (g PS m^{-2}) de *Eichhornia azurea* no rio Branco em diferentes estações do ano. Letras iguais indicam ausência de diferenças significativas ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey (teste aplicado para cada estrutura vegetal entre as diferentes épocas do ano). \diamond biomassa viva; \triangle pecíolo/rizoma; \square lâmina foliar; \circ raiz.

Os valores médios de temperatura e turbidez da água variaram, respectivamente, de $19,7 \pm 1,5$ °C no inverno a $24,9 \pm 1,8$ °C no verão, e de 12 ± 4 NTU no inverno a 36 ± 16 NTU no verão. A porcentagem média de saturação de oxigênio variou entre $76,5 \pm 5,1$ no verão e $82,8 \pm 9,1$ no inverno, enquanto que os valores de pH ficaram entre $5,4 \pm 0,3$ no verão e $6,1 \pm 0,2$ no inverno. As concentrações médias de nitrogênio orgânico total variaram de $0,30 \pm 0,08$ mg L^{-1} na primavera a $0,36 \pm 0,07$ mg L^{-1} no verão e os de fósforo total de $35,6 \pm 29,7$ $\mu\text{g L}^{-1}$ na primavera a $46,7 \pm 33,3$ $\mu\text{g L}^{-1}$ no verão (figura 3).

Discussão

Pode-se constatar que a biomassa de *E. azurea* no rio Branco não apresenta um padrão de variação sazonal. Este fato está relacionado, provavelmente, à relativa uniformidade climática da região, que proporciona o crescimento e morte de *E. azurea* de forma contínua, indicando um equilíbrio entre produção e decomposição ao longo do tempo.

Em regiões temperadas, as macrófitas aquáticas

apresentam variações anuais bem evidentes com um período de crescimento na primavera e verão, quando os valores de biomassa aérea são mais elevados, e outro período, no outono e inverno, quando a biomassa subterrânea e os detritos correspondem à maior parte da vegetação existente (Esteves 1979, Esteves & Camargo 1986, Pastore et al. 1995). Já em regiões tropicais, os principais fatores que influenciam a variação anual da biomassa das macrófitas correspondem à oscilação do nível de água e ao pulso de inundação (Junk et al. 1989). Nogueira (1989) verificou variações sazonais na biomassa viva de *E. azurea* em uma lagoa marginal da planície de inundação do rio Mogi-Guaçu em função do pulso de inundação. Junk & Piedade (1993), analisando a biomassa e a produção primária de plantas aquáticas em ambientes de várzea na Amazônia, observaram um incremento na biomassa da macrófita emersa *Paspalum repens* com o aumento do nível d'água. Bini (1996) também constatou uma evidente variação sazonal da biomassa de *E. azurea* na planície de inundação no alto do rio Paraná devido à variação do nível d'água.

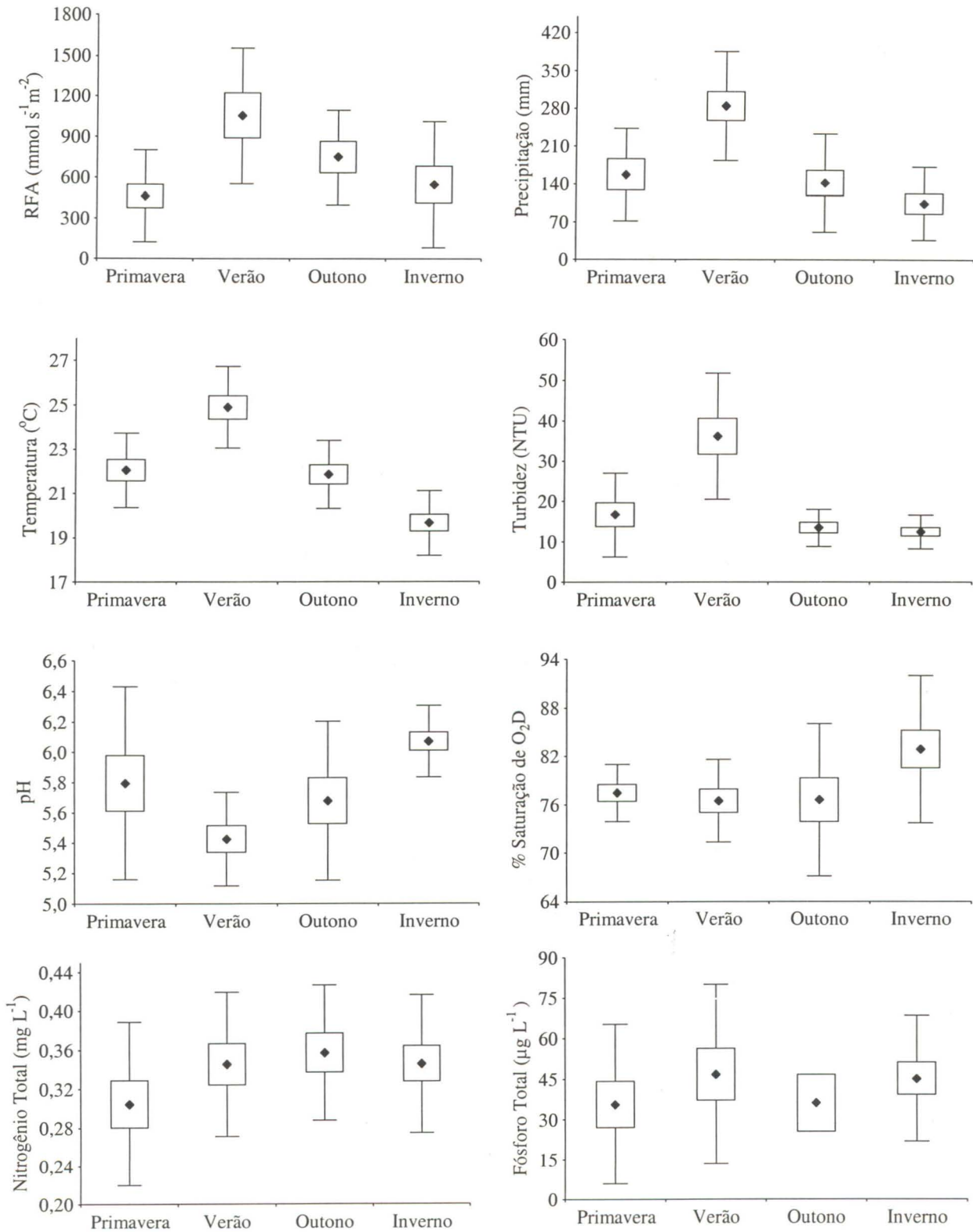


Figura 3. Valores médios (\blacklozenge), erros padrão (caixa) e desvios padrão (barra) de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e precipitação na região da bacia hidrográfica do rio Itanhaém e de temperatura, turbidez, pH, porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido (O_2D), nitrogênio total e fósforo total da água do rio Branco.

Entretanto, em ecossistemas aquáticos tropicais que não apresentam períodos característicos de seca e cheia, um padrão definido de variação sazonal de biomassa vegetal muitas vezes não ocorre ou não é perceptível por não haver estações climáticas bem definidas. De fato, Rubim & Camargo (2001), ao analisarem as taxas de crescimento específico de *Salvinia molesta* em um rio de águas pretas da bacia hidrográfica do rio Itanhaém, não verificaram variação sazonal nítida para essa espécie, enquanto Luciano & Henry (1998), estudando as macrófitas aquáticas *E. azurea* e *Brachiaria arrecta* na zona de desembocadura da represa de Jurumirim (SP), não encontraram um padrão de variação de biomassa viva dessas espécies.

Em ambientes aquáticos com maior disponibilidade de nutrientes observa-se, em geral, uma menor superfície de raízes de macrófitas aquáticas. Camargo (1991) verificou que nos períodos de cheia, em uma lagoa marginal do rio Mogi-Guaçu (SP), a biomassa de raízes de *E. azurea* foi sete vezes menor do que no período de seca, enquanto que no período pós-cheia ocorreu um nítido aumento dos valores de biomassa viva e de área da lâmina foliar de *E. azurea*. No presente trabalho, as concentrações de nitrogênio e fósforo na água do rio Branco foram semelhantes durante as quatro estações do ano, o que, provavelmente, determinou a manutenção dos valores de biomassa tanto de raiz quanto de lâmina foliar e pecíolo/rizoma de *E. azurea*.

Assim como para os valores de biomassa de *E. azurea*, também não foi constatado um padrão nítido de variação temporal dos fatores físico-químicos nas águas do rio Branco, visto que os valores de pH, porcentagem de saturação de oxigênio, nitrogênio orgânico total, temperatura, turbidez e fósforo total da água dos estandes de *E. azurea* apresentaram valores semelhantes durante as quatro estações do ano. Este fato, provavelmente se deve a relativa uniformidade dos valores de temperatura, radiação e precipitação observados na região da bacia hidrográfica do rio Itanhaém durante o ano, já que essas variáveis constituem-se nas principais responsáveis pela variação sazonal dos fatores abióticos de ambientes lóticos (Payne 1986, Junk et al. 1989).

Com os resultados obtidos neste estudo, pode-se inferir que não existe um padrão nítido de variação sazonal da biomassa de *E. azurea* no rio Branco, e que os processos de produção e decomposição desta

espécie de macrófita aquática devem ocorrer de forma simultânea, principalmente em decorrência da reduzida variação temporal das características físicas e químicas da água e da pequena amplitude de variação climática do litoral sul do estado de São Paulo durante o ano.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP pelo suporte financeiro (Processo 95/7344-7) e ao técnico do laboratório de Ecologia Aquática do Departamento de Ecologia da UNESP - Rio Claro, Carlos Fernando Sanches, pelo auxílio no trabalho de campo.

Literatura citada

- Bini, L.M.** 1996. Influence of flood pulse on the fitomass of three species of aquatic macrophytes in the upper River Parana floodplain. *Arquivos de Biologia e Tecnologia* 39: 715-721.
- Camargo, A.F.M. & Esteves, F.A.** 1996. Influence of water level variation on biomass and chemical composition of the aquatic macrophyte *Eichhornia azurea* (Kunth) in the oxbow lake of the Rio Mogi-Guaçu (São Paulo, Brazil). *Archiv für Hydrobiologie*. 135: 423-432.
- Camargo, A.F.M.** 1991. Dinâmica do nitrogênio e do fosfato em uma lagoa marginal do rio Mogi-Guaçu (lagoa do Mato, SP). Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 204 p.
- Camargo, A.F.M., Nucci, P.R., Bini, L.M. & Silva J.R.** 1997. The influence of the geology on the limnological characteristics of some lotic ecosystems of the Itanhaém River Basin SP-Brazil. *Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie* 26: 860-864.
- Castellanos, A.** 1958. Las Pontederiaceae de Brasil. *Arquivos do Jardim Botânico, Rio de Janeiro* 16: 149-217.
- Esteves, F.A. & Camargo, A.F.M.** 1986. Sobre o papel das macrófitas aquáticas na estocagem e ciclagem de nutrientes. *Acta Limnológica Brasiliensia* 1: 273-298.
- Esteves, F.A.** 1979. Die bedeutung der aquatischen makropyten für den stoffhaushalt des schönsees. II. Die organischen hauptbestandteile und der energiegehalt der aquatischen makrophyten. *Archiv für Hydrobiologie*. 2: 144-187.
- Esteves, F.A.** 1982. Biomass and analysis of the major inorganic components on floating aquatic macrophyte (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) in six reservoirs of São Paulo state (Brazil). *Ciência & Cultura* 34: 1196-1200.
- Esteves, F.A.** 1998. Fundamentos de Limnologia. 2ed. Interciência/Finep, Rio de Janeiro, 602 p.
- Golterman, H.L., Clyno, R.S. & Ohsntad, M.A.M.** 1978. Methods for chemical analysis of fresh water. Blackwell, Boston, 214 p.

- Henry-Silva, G.G. & Camargo, A.F.M.** 2000. Composição química de quatro espécies de macrófitas aquáticas e possibilidade de uso de suas biomassas. *Naturalia* 25: 111-125.
- 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: 11-17.
- Junk, W.J., Bayley, P.B. & Sparks, R.E.** 1989. The flood pulse concept in river - floodplain systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 106: 110-127.
- Junk, W.J. & Piedade, M.T.** 1993. Biomass and primary-production of herbaceous plant communities in the Amazon floodplain. *Hydrobiologia*. 263: 155-162.
- Lamparelli, C.C.** 1998. Mapeamento dos ecossistemas costeiros do estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 108 p.
- Lorenzi, H.** 1982. Plantas daninhas do Brasil - terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais. *Scientia Plantarum*, Nova Odessa, 425 p.
- Luciano, S.C. & Henry, R.** 1998. Biomass of *Eichhornia azurea* Kunth and *Brachiaria arrecta* Stent. in lower Taquari river, Jurumirim Reservoir, São Paulo, Brazil. *Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie* 26: 1857-1861.
- Mackereth, F.I.F., Heron, J. & Talling, J.F.** 1978. Water analysis: some revised methods for limnologist. *Freshwater Biological Association*, London, 121 p.
- Menezes, C.F.S., Esteves, F.A. & Anesio, A.M.** 1993. Influência da variação artificial do nível d'água da Represa do Lobo (SP) sobre a biomassa e produtividade de *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze e *Pontederia cordata* L. *Acta Limnologica Brasiliensia* 6: 163-172.
- Navarra, C.F.** 1988. Facies hidroquímicas dos rios da Planície Costeira Sul Paulista. *Acta Limnologica Brasiliensia* 2: 932-942.
- Nogueira, F.M.B. & Esteves, F.A.** 1990. Variação temporal da biomassa de duas espécies de macrófitas aquáticas em uma lagoa marginal do Rio Mogi-Guaçu (SP). *Acta Limnologica Brasiliensia* 3: 617-632.
- Nogueira, F.M.B.** 1989. Importância das macrófitas aquáticas *Eichhornia azurea* (Kunth) e *Scirpus cubensis* (Poepp. & Kunth) na ciclagem de nutrientes e nas principais características limnológicas da lagoa de Infernã (SP). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 147 p.
- Pastore, P.M., Tur, N.M. & Marrone, M.T.** 1995. Biomasa y productividad primaria de macrofitos no emergentes de una laguna y su afluente (Provincia de Buenos Aires, Argentina). *Revista Brasileira de Biologia* 55: 267-281.
- Payne, A.I.** 1986. The ecology of tropical lakes and rivers. John Wiley & Sons Ltd., London, 301 p.
- Pereira, L.A.** 2002. Avaliação ambiental da bacia do Rio Itanhaém baseada na relação entre aspectos limnológicos com fisiografia, uso da terra e sistema hidrológico - SP. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 76 p.
- Rubim, M.A.L. & Camargo, A.F.M.** 2001. Taxa de crescimento específico da macrófita aquática *Salvinia molesta* Mitchell em um braço do Rio Preto, Itanhaém, SP. *Acta Limnologica Brasiliensia* 13: 78-83.
- Setzer, J.** 1966. Atlas Climatológico e Ecológico do Estado de São Paulo. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí. CESP, São Paulo.
- StatSoft, Inc.** 2000. Statistics for Windows. Tulsa. 3782 p.
- Suguiú, K. & Martin, L.** 1978. Carta geológica de Itanhaém. Itanhaém, SP. FAPESP, São Paulo.
- Westlake, D.F.** 1974. A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. In: R. A. Vollenweider (ed.). *IBP, Handbook*. Blackwell Scientific Publications, Oxford pp. 32-37.
- Wetzel, R.G.** 1975. *Limnology*. Saunders, Philadelphia, 743 p.
- Zar, J.H.** 1999. *Biostatistical Analysis*. 4 ed., Prentice Hall, New Jersey, 941p.

