

Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura

Gustavo Gonzaga Henry-Silva* e Antonio Fernando Monteiro Camargo

Caunesp/Lea, Universidade Estadual Paulista, Av. 24-A, 1515, 13506-900, Rio Claro, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: ghgs@rc.unesp.br

RESUMO. O objetivo deste estudo foi avaliar o valor nutritivo das macrófitas aquáticas flutuantes, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Pontederiaceae), *Pistia stratiotes* (L.) (Araceae) e *Salvinia molesta* (Mitchell) (Salviniaceae), utilizadas em um sistema de tratamento de efluentes de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), e inferir sobre o potencial de aproveitamento da biomassa dessas espécies. As amostras de biomassa vegetal foram obtidas através de um quadrado de 0,25m² de área e separadas em partes aérea e submersa para a determinação dos teores de fração de parede celular, carboidratos solúveis, polifenóis, lipídios, proteína bruta e fósforo total. O maior valor nutritivo foi observado na parte aérea de *E. crassipes* e *S. molesta* e na biomassa total de *P. stratiotes* devido aos menores valores médios de fração de parede celular (60,7; 64,2 e 56,9 % PS, respectivamente) e aos teores mais elevados de proteína bruta (10,1; 9,1 e 8,8% PS, respectivamente), carboidratos solúveis (26,16; 18,7 e 12,4 mg.g⁻¹ PS, respectivamente) e lipídios (7,6; 4,5 e 4,4 % PS, respectivamente). Conclui-se que a biomassa total de *P. stratiotes* e a biomassa aérea de *E. crassipes* e *S. molesta* têm valor nutritivo com potencial para uso na alimentação de ruminantes ou na formulação de rações.

Palavras-chave: macrófitas aquáticas, valor nutritivo, composição química, aquicultura.

ABSTRACT. Nutritive value of free-floating aquatic macrophytes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* and *Salvinia molesta*), used in aquaculture waste treatment.

The aim of this study was to evaluate the nutritive value of free-floating aquatic macrophytes, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Pontederiaceae), *Pistia stratiotes* (L.) (Araceae) and *Salvinia molesta* (Mitchell) (Salviniaceae) used in a Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) waste treatment, and these species biomass potential uses. The vegetal biomass samples were collected from 0.25 m² floating squares and divided in aerial and submerse parts, to determine the concentrations of cell wall fraction, soluble carbohydrates, polyphenols, lipids, crude protein and total phosphorus. The higher nutritive value was observed in *E. crassipes* and *S. molesta* aerial parts, and in *P. stratiotes* total biomass, due to their lower cell wall fraction mean rates (60.7; 64.2 and 56.9 % dry mass, respectively) and to the higher rates of: crude protein (10.1; 9.1 and 8.8 % dry mass, respectively), soluble carbohydrates (26.6; 18.7 and 12.4 mg.g⁻¹ dry mass, respectively) and lipids (7.6; 4.5 and 4.4% dry mass, respectively). It may be concluded that *P. stratiotes* total biomass, and *E. crassipes* and *S. molesta* aerial biomass have nutritive values with potential use for ruminant feeding or as ration ingredients.

Key words: aquatic macrophytes; nutritive value; chemical composition; aquaculture.

Introdução

Nas últimas décadas, diversos trabalhos vêm comprovando a eficiência das macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes (Wooten e Dodd, 1976; Weber e Tchobanoglous, 1985; Brix e Schierup, 1989; Casabianca, 1995; Karpiskak *et al.*, 1996;

Ennabili *et al.*, 1998; Farahbakhshazad *et al.*, 2000; Henry-Silva, 2001). Esse sucesso deve-se à elevada capacidade de algumas espécies em assimilar e estocar nutrientes e as suas altas taxas de produção primária (Gopal e Sharma, 1979; Reddy e DeBusk, 1987; Greenway, 1997). *Eichhornia crassipes*, por exemplo, pode dobrar de peso em 12 dias e alcançar uma produtividade de 150 toneladas/hectare/ano

(Westlake, 1963), enquanto que *Salvinia molesta* pode apresentar uma produtividade de até 110 toneladas/hectare/ano (Mitchell e Tur, 1975).

Essas características tornam as macrófitas aquáticas potencialmente atrativas do ponto de vista econômico, pois o excesso de biomassa vegetal produzido nesses sistemas pode ser aproveitado na produção de papel (Morton, 1975), na alimentação animal (Junk, 1979; Moozhiyil e Pallauf, 1986; Chifamba, 1990; El-Sayed, 1999), na produção de biogás (Wolverton e MacDonald, 1979) e na fertilização de solos (Oliveira *et al.*, 1998).

Em piscicultura, as macrófitas aquáticas podem ser aproveitadas como fertilizantes da água, proporcionando o aumento de organismos que participam da cadeia alimentar dos peixes (Esteves, 1998), ou mesmo como fonte alternativa de proteína. De acordo com a Declaração de Bangucoque (NACA/FAO, 2000) a utilização de plantas aquáticas como um suplemento alimentar em atividades de aqüicultura deve ser intensificada mundialmente. Cabe ressaltar, no entanto, que para melhor aproveitar a biomassa das macrófitas aquáticas é necessário conhecer as características de sua composição química. Segundo Thomaz e Esteves (1984), as concentrações de proteínas, lipídios, fração de parede celular e carboidratos solúveis, quando analisadas conjuntamente, podem indicar o valor nutricional dessas plantas, proporcionando condições para melhor inferir sobre o aproveitamento da biomassa vegetal.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivos analisar, através da análise da composição química, o valor nutritivo das macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Pontederiaceae), *Pistia stratiotes* (L.) (Araceae) e *Salvinia molesta* (Mitchell) (Salviniaceae), utilizadas em sistemas de tratamento de efluentes de piscicultura e inferir sobre o potencial de aproveitamento da biomassa dessas espécies.

Material e métodos

As macrófitas aquáticas flutuantes *E. crassipes*, *P. stratiotes* e *S. molesta*, coletadas para a determinação da composição química, foram utilizadas durante 4 meses (janeiro a abril de 2001) em sistemas de tratamento de efluentes provenientes de um viveiro de 1000 m² com 2000 tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e instalados no Centro de Pesquisas de Peixes Tropicais (Cepta-Ibama, Pirassununga, Estado de São Paulo). Esses sistemas consistiam de tanques experimentais com dimensões de 1,0 m de largura, 4,0 m de comprimento e 0,5 m de profundidade, sendo que as macrófitas estavam

estocadas separadamente em nove tanques, ou seja, três tanques para cada espécie. As amostras de biomassa vegetal ($n=3$) foram obtidas através de um quadrado de 0,25 m² de área. O material vegetal foi separado em partes aérea (lâmina foliar e pecíolo) e submersa (raiz e rizoma) e, em seguida, limpo através de sucessivas lavagens, para a remoção de perifíton, detritos orgânicos e partículas inorgânicas associadas. Posteriormente, as diferentes partes foram secas em estufa a 60° C, até atingirem peso constante, e trituradas em moinho para a determinação dos valores de fração de parede celular (FPC), carboidratos solúveis, polifenóis, lipídios, proteína bruta e fósforo total. Para a obtenção da composição química na biomassa total de *E. crassipes*, *P. stratiotes* e *S. molesta*, foram feitas médias ponderadas dos valores das variáveis analisadas nas diferentes partes dos vegetais.

A porcentagem de fração de parede celular foi determinada segundo o método descrito em Van Soest e Wine (1967), que consiste na retirada do protoplasma celular através de solução neutra, restando apenas a parte estrutural. A determinação das concentrações de carboidratos solúveis foi feita através do método proposto por Dubois *et al.* (1956), que consiste no uso de colorimétricos com fenol e ácido sulfúrico. Para determinar as concentrações de polifenóis, utilizou-se o método descrito por King e Heat (1967), a partir da extração por solução de metanol. Os teores de lipídios foram obtidos pelo método de Folch *et al.* (1957) através da utilização de clorofórmio e metanol. O método analítico de determinação de nitrogênio total utilizado foi o de Kjeldahl, proposto por Allen *et al.* (1974). Os teores protéicos foram calculados multiplicando-se os resultados de nitrogênio orgânico total por 6,25 (Boyd, 1970). Os teores de fósforo total foram determinados segundo metodologia descrita em Esteves (1980). Os resultados de polifenóis foram expressos em unidades de densidade ótica por grama de peso seco (U.D.O. g⁻¹ PS) e de carboidratos solúveis em miligrama por grama de peso seco (mg.g⁻¹ PS). Os demais resultados foram expressos em porcentagem de peso seco (% PS).

Além das coletas de material vegetal foram realizadas semanalmente amostragens do efluente do viveiro de piscicultura que abastecia os tanques experimentais com as macrófitas aquáticas. As determinações de nitrogênio orgânico total, N-nitrito e N-nitrato foram realizadas segundo métodos descritos em Mackereth *et al.* (1978) e as concentrações de N-amoniaco foram determinadas de acordo com o método proposto por Koroleff (1976). As concentrações de fósforo total foram

obtidas através do método descrito por Golterman *et al.* (1978).

Os dados de composição química foram inicialmente submetidos à estatística descritiva e, posteriormente, às análises estatísticas paramétricas. Para testar a normalidade dos dados e a homogeneidade da variância, foram utilizados os testes de D'Agostinho e de Bartlett, respectivamente. Após constatadas a distribuição normal e a variância homogênea das variáveis, foi aplicada a Análise de Variância (one-way ANOVA) e *a posteriori* o teste de Duncan (Zar, 1999). O nível de significância considerado para os testes foi igual a 0,05.

Aos dados de fração de parede celular, carboidratos solúveis, lipídios, polifenóis, proteína e

fósforo, foi aplicada a Análise dos Componentes Principais (ACP) (Bouroche e Saporta, 1982), com o objetivo de ordenar, quanto ao valor nutritivo, as diferentes partes de *E. crassipes*, *P. stratiotes* e *S. molesta*.

Resultados

Na Figura 1 são apresentados os valores médios e desvios padrão da composição química das diferentes partes de *E. crassipes*, *P. stratiotes* e *S. molesta*. Na Tabela 1 estão os valores de composição química na biomassa total das três espécies e na Tabela 2 os valores de nitrogênio e fósforo do efluente do viveiro de piscicultura.

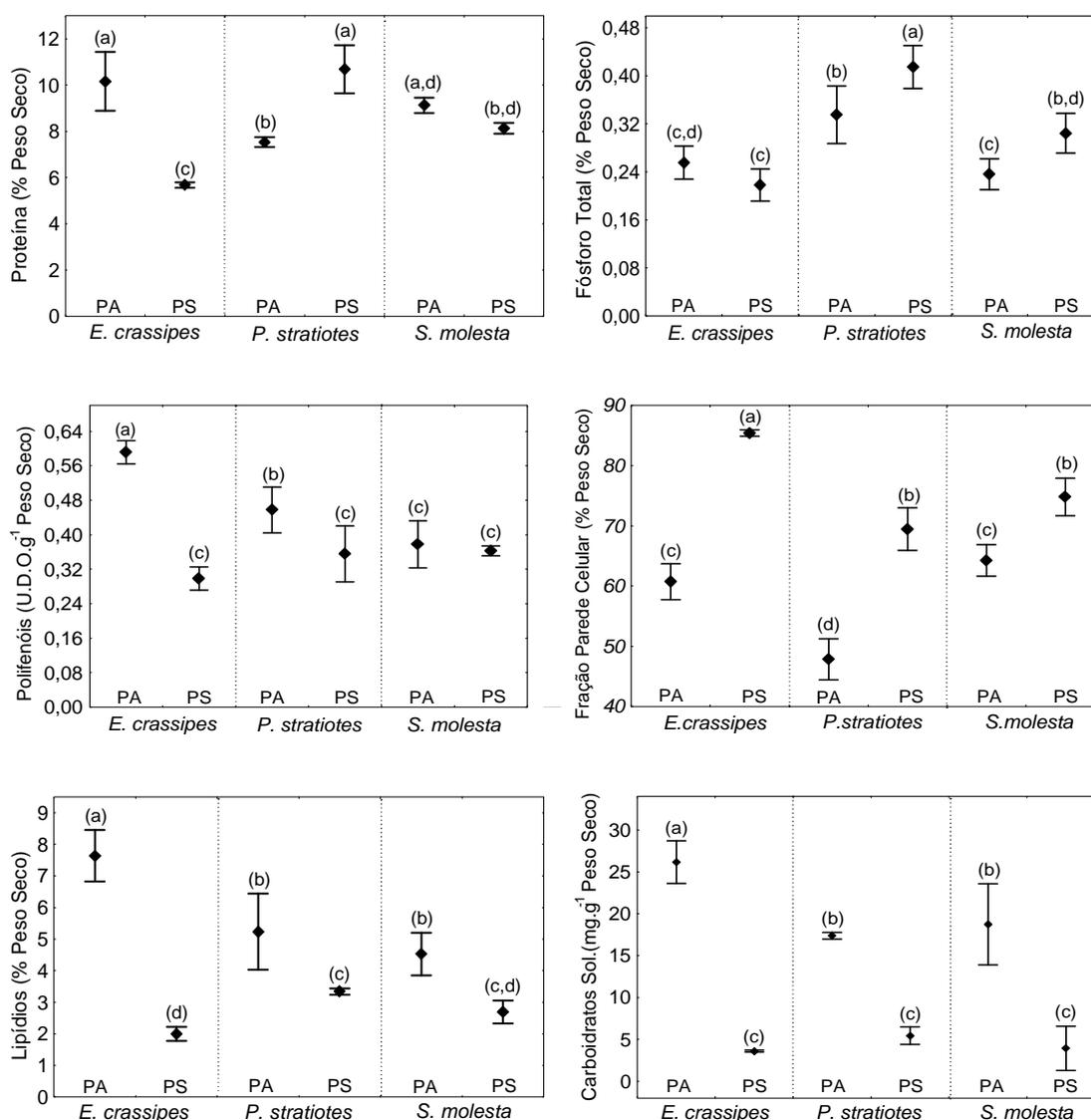


Figura 1. Valores médios e desvios padrão (n=3) de proteína (% PS), fósforo total (% PS), polifenóis (U.D.O.g⁻¹ PS), fração de parede celular (%PS), lipídios (% PS) e carboidratos solúveis (mg.g⁻¹ PS) nas partes aérea (PA) e submersa (PS) de *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*. Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan (p≤0,05)

Tabela 1. Médias e desvios padrão (\pm) de proteína, fósforo, polifenóis, fração de parede celular, lipídios e carboidratos solúveis na biomassa total de *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*

Variáveis	Espécies		
	<i>E. crassipes</i>	<i>P. stratiotes</i>	<i>S. molesta</i>
Proteína (% PS)	7,2 \pm 0,6 (a)	8,8 \pm 0,5 (a)	8,7 \pm 0,2 (a)
Fósforo (% PS)	0,24 \pm 0,02 (b)	0,37 \pm 0,03 (a)	0,26 \pm 0,03 (b)
Polifenóis (U.D.O. g ⁻¹ PS)	0,44 \pm 0,04 (a)	0,42 \pm 0,04 (a)	0,37 \pm 0,03 (a)
Fração de Parede Cel. (% PS)	73,4 \pm 2,8 (a)	56,9 \pm 0,3 (b)	68,2 \pm 2,0 (a)
Lipídios (% PS)	4,7 \pm 0,6 (a)	4,4 \pm 0,6 (a)	3,8 \pm 0,5 (a)
Carboidratos Sol. (mg.g ⁻¹ PS)	14,5 \pm 2,2 (a)	12,4 \pm 0,3 (a)	13,2 \pm 2,7 (a)

Médias seguidas de letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$)

Tabela 2. Valores médios e desvios padrão das variáveis físicas e químicas do efluente do viveiro de piscicultura que abastecia os tanques com *E. crassipes*, *P. stratiotes* e *S. molesta*

Variáveis	Média	Desvio padrão (\pm)
Nitrogênio Kjeldahl Total (mg.L ⁻¹)	0,33	0,05
Fósforo Total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	77,0	24,3
N-amoniaco ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	9,9	5,4
N-nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	9,7	2,7
N-nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	57,0	26,9

As concentrações médias de proteína na parte aérea de *E. crassipes* (10,1% PS) e *S. molesta* (9,1% P.S.) não apresentaram diferenças significativas ($p \geq 0,05$). No entanto, esses valores foram significativamente superiores ($p \leq 0,05$) aos obtidos na biomassa aérea de *P. stratiotes* (7,5% PS). Na biomassa submersa de *P. stratiotes* o teor de proteína foi significativamente superior quando comparado com a sua parte aérea. Já o teor de fósforo foi significativamente superior na biomassa submersa de *P. stratiotes* (0,414% PS), enquanto que o menor valor médio foi constatado na biomassa submersa de *E. crassipes* (0,218% PS) (Figura 1).

A biomassa da parte aérea de *E. crassipes* apresentou valores significativamente superiores de carboidratos solúveis (26,16 mg.g⁻¹ PS), polifenóis (0,6 U.D.O. g⁻¹ PS) e lipídios (7,6% PS) em relação aos valores encontrados na biomassa das demais macrófitas aquáticas. Os valores dessas variáveis na parte submersa das três espécies foram significativamente inferiores quando comparados com os valores obtidos na biomassa da parte aérea. A única exceção foi para os teores médios de polifenóis em *S. molesta*, que não apresentaram diferenças significativas entre a parte aérea (0,37 U.D.O. g⁻¹ PS) e a parte submersa (0,36 U.D.O. g⁻¹ PS).

O valor médio de fração de parede celular na parte aérea de *P. stratiotes* (47,8% PS) foi significativamente inferior, quando comparado com os valores na parte aérea de *E. crassipes* (60,7% PS) e *S. molesta* (64,2% PS). Já os valores de fração de parede celular na biomassa da parte submersa de

E. crassipes (85,4% PS), *P. stratiotes* (69,4% PS) e *S. molesta* (74,8% PS) foram significativamente superiores aos valores obtidos na biomassa de suas respectivas partes aéreas (Figura 1).

A análise de variância para a composição química da biomassa total de *E. crassipes*, *P. stratiotes* e *S. molesta* mostrou diferenças significativas apenas entre os teores de fração de parede celular e fósforo, sendo que na biomassa total de *P. stratiotes* os teores de fração de parede celular foram significativamente inferiores e os teores de fósforo foram significativamente superiores aos constatados na biomassa das demais espécies analisadas (Tabela 1).

A ACP resumiu 83,12% da variabilidade total dos dados em seus dois primeiros componentes, sendo que o primeiro componente explicou 62,62% do total da variação encontrada e o segundo componente 20,50%. A exceção de fósforo que apresentou correlação significativa negativa com o componente II, todas as demais variáveis apresentaram correlação significativa com o componente I, sendo que carboidratos solúveis, polifenóis e lipídios estiveram correlacionados positivamente, enquanto que os valores de fração de parede celular estiveram correlacionados negativamente. No primeiro componente da ACP, houve clara separação entre a parte aérea (direita do eixo) e a parte submersa (esquerda do eixo) de *E. crassipes*, *P. stratiotes* e *S. molesta* associada, principalmente, aos valores de proteína, lipídios, polifenóis, carboidratos solúveis e fração de parede celular (Tabela 3 e Figura 2).

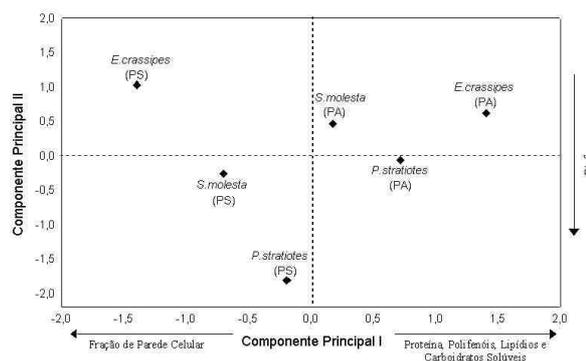


Figura 2. Ordenação pela ACP das partes aérea (PA) e submersa (PS) de *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta* em função das variáveis de composição química

Tabela 3. Correlação das variáveis de composição química de *E. crassipes*, *P. stratiotes* e *S. molesta* com os componentes I e II da ACP. Valores sublinhados foram correlacionados significativamente

Variáveis	Componentes Principais	
	I	II
Proteína	<u>0,701</u>	-0,395
Fósforo	0,110	<u>-0,960</u>
Polifenóis	<u>0,940</u>	0,159
Fração de Parede Celular	<u>-0,852</u>	0,194
Lipídios	<u>0,984</u>	0,164
Carboidratos Solúveis	<u>0,937</u>	0,330
% de Variação Explicada	62,62	20,50

Discussão

Apesar de os maiores teores médios de fósforo terem sido encontrados na biomassa total de *P. stratiotes* (0,37% PS), valores superiores a esses foram obtidos por Lopes-Ferreira (2000) trabalhando com a mesma espécie no reservatório de Salto Grande (0,57% PS) e por Aoi e Hayashi (1996) trabalhando com *P. stratiotes* em condições experimentais (1,03% PS). De maneira semelhante ao fósforo, os valores de proteína na biomassa total de *E. crassipes* (7,2% PS) e *P. stratiotes* (8,8% PS) foram menores do que aqueles constatados em ambas as espécies por Aoi e Hayashi (1996) (13,4% PS e 10,3% PS, respectivamente). Na Tabela 4, são apresentados valores comparativos de composição química das macrófitas aquáticas em questão. É provável que essas variações intraespecíficas nos teores de fósforo e proteína estejam associadas às diferentes condições tróficas dos ambientes aquáticos, que podem influenciar nos conteúdos de nutrientes dos tecidos vegetais (Tucker, 1981; Morris, 1982; Esteves, 1998). No presente trabalho, as concentrações de nutrientes no efluente de piscicultura que abastecia os tanques com as macrófitas aquáticas foram inferiores às constatadas nas amostras de água dos trabalhos mencionados. Esse fato pode ter contribuído para a ocorrência de menores valores de nitrogênio e fósforo na biomassa das macrófitas aquáticas analisadas.

Tabela 4. Valores comparativos de proteína e fósforo da biomassa de *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*

Espécie	Biomassa	% Peso Seco		Autores
		Proteína	Fósforo	
<i>E. crassipes</i>	Total	13,37	0,56	Lopes-Ferreira (1998)
<i>E. crassipes</i>	Total	13,44	1,67	Aoi & Hayashi (1996)
<i>E. crassipes</i>	Aérea	13,75	0,1	Da Silva <i>et al</i> (1994)
<i>E. crassipes</i>	Submersa	10,62	0,1	Da Silva <i>et al</i> (1994)
<i>E. crassipes</i>	Total	7,20	0,24	Neste trabalho
<i>P. stratiotes</i>	Total	20,75	0,57	Lopes-Ferreira (2000)
<i>P. stratiotes</i>	Total	10,3	1,02	Aoi & Hayashi (1996)
<i>P. stratiotes</i>	Total	11,65	0,3	Henry-Silva & Camargo (2000)
<i>P. stratiotes</i>	Total	8,8	0,37	Neste trabalho
<i>S. molesta</i>	Total	9,72	0,15	Henry-Silva & Camargo (2000)
<i>S. molesta</i>	Total	12,4	-	Moozhiyil & Pallauf (1986)
<i>S. molesta</i>	Total	8,7	0,26	Neste trabalho

Os teores de lipídios e de carboidratos solúveis na biomassa total de *E. crassipes*, *P. stratiotes* e *S. molesta* também podem ser considerados baixos, quando comparados aos teores encontrados em espécies de outros grupos ecológicos. Barbieri (1984), analisando a composição química de macrófitas aquáticas na represa do Lobo (Broa), obteve valores médios de 17,3% PS de lipídios e de 137 mg.g⁻¹ PS de carboidratos solúveis, nas lâminas foliares de *Nymphoides indica*. Da Silva (1990), trabalhando em uma área alagável do Pantanal Matogrossense, registrou 19,4% PS de lipídios na lâmina foliar de *Eichhornia azurea*. No presente trabalho, contudo, as concentrações de lipídios na biomassa de *E. crassipes* foram semelhantes às constatadas por Da Silva *et al.* (1994) em um lago do Pantanal Matogrossense.

Cabe ressaltar que há uma considerável redução no consumo de macrófitas por organismos aquáticos, quando a fração de parede celular corresponde a mais de 69% PS (Van Soest e Wine, 1967). No entanto, pode-se constatar que na parte aérea das três espécies analisadas, os valores foram inferiores a este, principalmente na biomassa de *P. stratiotes*. Já na parte submersa de *E. crassipes* e *S. molesta*, os valores médios de fração de parede celular foram maiores que 74% PS. Dessa forma, provavelmente os elevados teores de celulose, hemicelulose, lignina e substâncias nitrogenadas lignificadas de difícil digestibilidade, que constituem a FPC, limitem o consumo por herbívoros da biomassa submersa de ambas as espécies. Quanto aos teores de proteína, pode-se observar que tanto na parte aérea como na parte submersa das macrófitas aquáticas em questão os teores ficaram abaixo de 12% PS, valor mínimo abaixo do qual Boyd (1970) considera os tecidos vegetais pobres em proteínas. Esses valores de proteína, entretanto, são semelhantes aos encontrados no capim-gordura (*Melinis minutiflora*), que possui em sua matéria seca 9% de proteína bruta, sendo utilizado como forragem em função de seu valor nutritivo (Lorenzi, 2000).

No que se refere aos polifenóis, que são compostos formados basicamente de produtos da glicólise como as antocianinas, os taninos, os flavonóides e os metil e fenil propano, os seus reduzidos valores tornam os tecidos vegetais mais palatáveis para os herbívoros (Barbieri, 1984). De fato, McLeod (1974), avaliando o papel dos taninos na qualidade da forragem, constatou que vegetais com altos teores desses compostos proporcionam uma redução na capacidade de ruminantes de digerir proteína. Quanto às macrófitas aquáticas, Thomaz e Esteves (1984) consideram que esses vegetais devem

apresentar um limite máximo de 16 U.D.O.g⁻¹ PS de polifenóis para que possam ser aproveitados na alimentação de animais. No presente trabalho, nas partes aérea e submersa de *E. crassipes*, *P. stratiotes* e *S. molesta* foram observadas concentrações bem abaixo desse valor, de modo que os teores de polifenóis, provavelmente, não sejam limitantes ao aproveitamento da biomassa dessas espécies, cultivadas em sistemas de tratamento de efluentes de piscicultura.

Diversos estudos têm demonstrado que a composição química das diferentes partes das macrófitas aquáticas reflete a função da estrutura vegetal (Esteves e Camargo, 1986; Esteves e Nogueira, 1991). Assim, os valores mais elevados de carboidratos solúveis, lipídios e polifenóis na parte aérea de espécies estudadas devem-se, provavelmente, à maior atividade enzimática de estruturas fotossinteticamente ativas, como as lâminas foliares.

Outros trabalhos vêm enfocando a possibilidade de aproveitamento das macrófitas aquáticas em atividades econômicas. Rodrigues e Rodrigues (1989), utilizando *E. crassipes* no tratamento de efluentes provenientes da água de lavagem da cana-de-açúcar e da vinhaça, utilizaram com êxito a biomassa excedente na adubação orgânica da própria cultura de cana-de-açúcar e como suplemento na alimentação de gado confinado. Em relação à utilização de plantas aquáticas na alimentação de peixes, porém, ainda existem resultados conflitantes. Por exemplo, El-Sayed (1992), analisando *Azolla pinnata* como um substituto à farinha de peixe para tilápia do Nilo (*O. niloticus*), constatou um reduzido ganho de peso dessa espécie, quando alimentada com uma ração à base de *A. pinnata*. Resultados semelhantes foram obtidos para *Tilapia rendalli* alimentada com *A. microphylla* (Micha *et al.*, 1988). Por outro lado, Naegel (1997) demonstrou que mais de 30% da dieta à base de farinha de peixe para tilápia do Nilo pode ser substituída, com sucesso, por farinha de *Azolla* sp seca, enquanto Appler (1985) constatou que cerca de 20% de farinha de peixe utilizada na dieta alimentar de *O. niloticus* e *Tilapia zillii* pode ser substituída pela planta aquática *Hydrodictyon reticulatum*, sem efeitos adversos sobre o crescimento dos peixes. Já Essa (1997), ao substituir 50% das rações comerciais por *Lemna* sp, não observou efeitos adversos sobre o crescimento de *O. niloticus*.

É importante salientar que *E. crassipes*, *P. stratiotes* e *S. molesta* apresentam valores superiores a 90% de água em seus tecidos, o que condiciona um reduzido aproveitamento desses vegetais após a secagem.

Além disso, o uso isolado de qualquer uma das espécies estudadas, provavelmente não irá suprir as necessidades de proteínas das criações, sendo indicadas, portanto, como um suplemento alimentar, ou como um item a ser acrescentado em rações, e não como única fonte de alimento. Segundo Esteves (1998), experimentos feitos com búfalos, em diferentes partes do mundo, mostraram que a administração isolada de biomassa de macrófitas aquáticas proporcionou uma queda de peso desses animais.

De acordo com os resultados de composição química das espécies estudadas, pode-se sugerir a remoção de raízes e rizomas de *E. crassipes* e *S. molesta*, visando apenas ao aproveitamento de suas lâminas foliares, como, por exemplo, na formulação de rações ou como forragem para gado. Já a parte submersa dessas espécies pode ser aproveitada na produção de biogás ou na adubação de solos. Strano (1987) também enfatiza a separação e o descarte das raízes de *E. crassipes* para viabilizar a produção de concentrado protéico. Para *P. stratiotes*, essa separação provavelmente não seja necessária e a sua biomassa total pode ser utilizada como um suplemento na alimentação de ruminantes, ou como um item a ser acrescentado às rações animais. Cabe enfatizar que a análise da composição química indica os possíveis usos da biomassa das macrófitas aquáticas, sendo, portanto, necessários outros experimentos que visem avaliar a aceitabilidade desses vegetais pelos organismos que irão consumi-los.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fapesp pelo suporte financeiro (Processos: 98/16375-1e 99/09768-0), ao Dr. Osmar Cantelmo, pesquisador do Cepta/Ibama, pelo apoio logístico para o desenvolvimento dos experimentos, e ao técnico Carlos Fernando Sanches pelo auxílio no trabalho de campo.

Referências

- ALLEN, S. E. *et al.* *Chemical analysis of ecological materials*. Oxford: Blackwell, 1974.
- AOI, T.; HAYASHI, T. Nutrient removal by water lettuce (*Pistia stratiotes*). *Water Sci. Technol.*, Oxford, v. 34, n. 7, p. 407-412, 1996.
- APPLER, H. N. Evaluation of *Hydrodictyon reticulatum* as a protein source in feeds for *Oreochromis (Tilapia) niloticus* and *Tilapia zillii*. *J. Fish Biol.*, London, v. 27, p. 327-334, 1985.
- BARBIERI, R. *Estudos da composição química de algumas espécies de macrófitas aquáticas e suas implicações no metabolismo da represa do Lobo (Broa)*. 1984. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1984.

- BOUROCHE, J. M.; SAPORTA, G. *Análise de Dados*. Rio de Janeiro: Ed. Zahar, 1982.
- BOYD, C. E. Aminoacids protein and caloric content of aquatic macrophytes. *Ecology*, Durham, v. 51, p. 902-906, 1970.
- BRIX, H.; SCHIERUP, H. H. The use of aquatic macrophytes in water - pollution control. *Ambio*, Stockholm, v. 15, p. 100-107, 1989.
- CASABIANCA, M. L. Large-scale production of *Eichhornia crassipes* on paper industry effluent. *Bioresour. Technol.*, Essex, v. 54, p. 35-38, 1995.
- CHIFAMBA, P. C. Preference of *Tilapia rendalli* (Boulenger) for some species of aquatic plants. *J. Fish Biol.*, London, v. 36, p. 701-705, 1990.
- DA SILVA, C. J. *Influência da variação do nível de água sobre a estrutura e funcionamento de uma área alagável do Pantanal matogrossense (Pantanal de Barão de Melgaço, município de Santo Antônio de Leverger e Barão do Melgaço-MT)*. 1990. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1990.
- DA SILVA, C. J. *et al.* Composição química das principais espécies de macrófitas aquáticas do Lago Recreio Pantanal Matogrossense (MT). *Rev. Bras. Biol.*, São Carlos, v. 54, n. 4, p. 617-622, 1994.
- DUBOIS, M. *et al.* Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, Washington, v. 28, p. 350-356, 1956.
- EL-SAYED, A. F. M. Effects of substituting fish meal with *Azolla pinnata* in practical diets for fingerling and adult Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. *Aquacult. Fish Manag.*, Oxford, v. 23, p. 167-173, 1992.
- EL-SAYED, A. F. M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 179, p. 149-168, 1999.
- ENNABILI, A. *et al.* Biomass production and NPK retention in macrophytes from wetlands of the Tingitan Peninsula. *Aquat. Bot.*, Amsterdam, v. 62, p. 45-56, 1998.
- ESSA, M. A. Utilisation of some aquatic plants in diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fingerlings. *Egypt J. Aquat. Biol. Fish*, Cairo, v. 1, n. 2, p. 19-34, 1997.
- ESTEVES, F. A. Die bedeutung der aquatischen makrophyten für den stoffhaushalt des schöhsees. III. Die anorganischen hauptbestandteile der aquatischen makrophyten. *Gewässer und Abwässer*, Plön, v. 66/67, p. 29-94, 1980.
- ESTEVES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro (RJ): Interciência/FINEP, 1998.
- ESTEVES, F. A.; CAMARGO, A. F. M. Sobre o papel de macrófitas aquáticas na estocagem e ciclagem de nutrientes. *Acta Limnológica Brasiliensis*, São Carlos, v. 1, p. 273-298, 1986.
- ESTEVES, F. A.; NOGUEIRA, F. Principais componentes químicos e conteúdo energético da macrófita aquática *Nymphaea ampla* D.C., em função de seu estágio fenológico. *Cienc. Cult.*, São Paulo, v. 42, n. 12, p. 1187-1191, 1991.
- FARAHBAKSHAZAD, N. *et al.* Nutrient removal in a vertical upflow wetland in Piracicaba, Brazil. *Ambio*, Stockholm, v. 29, p. 74-77, 2000.
- FOLCH, J. *et al.* A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Bioch.*, New York, v. 26, p. 497-509, 1957.
- GOLTERMAN, H. L. *et al. Methods for chemical analysis of fresh water*. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 1978.
- GOPAL, B.; SHARMA, K. P. Aquatic weed control versus utilisation. *Econ. Bot.*, New York, v. 33, n. 3, p. 340-346, 1979.
- GREENWAY, M. Nutrient content of wetland plants in constructed wetlands receiving municipal effluent in tropical Australia. *Water Sci. Technol.*, Oxford, v. 35, n. 5, p. 135-142, 1997.
- HENRY-SILVA, G. G. *Utilização de macrófitas aquáticas flutuantes (Eichhornia crassipes, Pistia stratiotes e Salvinia molesta) no tratamento de efluentes de piscicultura e possibilidades de aproveitamento da biomassa vegetal*. 2001. Dissertação (Mestrado) - Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Jaboticabal, 2001.
- HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Composição química de quatro espécies de macrófitas aquáticas e possibilidade de uso de suas biomassas. *Naturalia*, São Paulo, v. 25, p. 111-125, 2000.
- JUNK, W. J. *Macrófitas aquáticas nas várzeas da Amazônia e possibilidades do seu uso na agropecuária*. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas, 1979.
- KARPISKAK, M. M. *et al.* Multi - species plant systems for wastewater quality improvements and habitat enhancement. *Water Sci. Technol.*, Oxford, v. 33, p. 231-236, 1996.
- KING, H. C.; HEAT, G. W. The chemical analysis of small sample of leaf material and the relationship between the disappearance and composition of leaves. *Pedobiologia*, Jena, v. 7, p. 192-197, 1967.
- KOROLEFF, F. Determination of ammonia. In: GRASSHOFF, E.; KREMLING, E. (Ed.). *Methods of seawater analysis*. New York: Verlag Chemie Weinheim, 1976. p. 117-181.
- LOPES-FERREIRA, C. M. Redução das concentrações de nitrogênio e fósforo dos efluentes domésticos lançados na lagoa de Imboassica, através de uma região colonizada por macrófitas aquáticas. In: ESTEVES, F. A. *Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do município de Macaé (RJ)*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Nupem, 1998. p. 82-84.
- LOPES-FERREIRA, C. M. *Estudo de uma área alagada do Rio Atibaia visando à elaboração de proposta de manejo para melhoria da qualidade da água no reservatório de Salto Grande (Americana, SP)*. 2000. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.
- LORENZI, H. *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas*. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000.

- MACKERETH, F. I. F. *et al.* *Water analysis: some revised methods for limnologist*. London: Freshwater Biological Association (Scientific Publications, 36), 1978.
- MCLEOD, M. N. Plants tannins - Their role in forage quality. *Nutr. Abst. Rev.*, Farnham Royal, v. 44, n. 11, p. 803-812, 1974.
- MICHA, J.C. *et al.* Growth, ingestion capacity, comparative appetency and biochemical composition of *Oreochromis niloticus* and *Tilapia rendalli* fed with *Azolla*. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE, 2., 1988, Philippines. Proceedings... Philippines: 1988, p.347-355.
- MITCHELL, D. S.; TUR, N. M. The rate of growth of *Salvinia molesta* (*S. auriculata* Auct.) in laboratory and Natural Conditions. *J. Appl. Ecol.*, Oxford, v. 12, p. 213-225, 1975.
- MOOZHYYL, M.; PALLAUF, J. Chemical composition of the water fern, *Salvinia molesta*, and it's potential as feed source for ruminants. *Econ. Bot.*, New York, v. 40, n. 3, p. 375-383, 1986.
- MORRIS, J. T. A model of growth responses by *Spartina alterniflora* to nitrogen limitation. *J. Ecol.*, Oxford, v. 70, p. 25-42, 1982.
- MORTON, J. F. Cattails (*Typha spp.*). Weed problem or potential crop? *Econ. Bot.*, New York, v. 29, p. 7-29, 1975.
- NACA/FAO. Desenvolvimento da Aquacultura para Além de 2000: A Declaração de Bangucoque e Estratégia. Conferência sobre aquacultura no Terceiro Milênio, 20-25 de fevereiro de 2000, Bangucoque Tailândia. NACA, Bangucoque e FAO, Roma, 2000.
- NAEGEL, L. C. A. *Azolla* meal as a supplemental feed ingredient for tilapias. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE, 4., 1997, Orlando. Proceedings...Orlando: 1997. p. 20-30.
- OLIVEIRA, M. A. *et al.* Utilisation of aquatic biomass to energy production. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WETLAND SYSTEM FOR WATER POLLUTION CONTROL, 6., 1998, Águas de São Pedro. Proceedings... Águas de São Pedro: 1998. p. 609-618.
- REDDY, K. R.; DEBUSK, W. F. Nutrient storage capabilities of aquatic and wetland plants. In: REDDY, K. R.; SMITH, W. H. (Ed.). *Aquatic plants for water treatment and resource recovery*. Florida, Magnolia Publishing Inc., 1987, p. 337-357.
- RODRIGUES, N. S.; RODRIGUES, M. M. Fito-depuração de água de lavagem de cana pelo aguapé. *Stab: Açúcar, Álcool e Subprodutos*, Piracicaba, 1989, p. 49-51.
- STRANO, H. C. V. G. *Obtenção e caracterização do concentrado protéico de aguapé (Eichhornia crassipes)*. 1987. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.
- THOMAZ, S. M.; ESTEVES, F. A. Estudos da biomassa de algumas espécies de macrófitas aquáticas quanto ao seu valor nutritivo. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, 4., 1984, São Carlos. Anais... São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 1984. p. 439-467.
- TUCKER, C. S. The effect of ionic form and level of nitrogen on the growth and composition of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v. 83, p. 517-522, 1981.
- VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds, IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J. Asso. Anal. Chem.*, v. 50, n. 1, p. 50-51, 1967.
- WEBER, A. S.; TCHOBANOGLOUS, M. Nitrification in water hyacinth treatment systems. *J. Environ. Eng.*, New York, v. 11, n. 5, p. 699-713, 1985.
- WESTLAKE, D. F. Comparison of plant productivity. *Biol. Rev.*, Cambridge, v. 38, p. 385-425, 1963.
- WOLVERTON, B. C. McDONALD, R. C. Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) productivity and harvesting studies. *Econ. Bot.*, New York, v. 33, n. 1, p. 1-10, 1979.
- WOOTEN, W. J.; DODD, J. D. Growth of water hyacinths in treated sewage effluent. *Econ. Bot.*, New York, v. 30, p. 29-37, 1976.
- ZAR, J. H. *Biostatistical Analysis* 4. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999.

Received on January 29, 2002.

Accepted on March 14, 2002.