

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS FLUTUANTES UTILIZADAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE AQUICULTURA¹

Chemical Composition of Floating Aquatic Macrophytes Used to Treat of Aquaculture Wastewater

HENRY-SILVA, G.G.² e CAMARGO, A.F.M.³

RESUMO - Os objetivos deste trabalho foram avaliar a composição química de duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*), utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura, e inferir as possibilidades de aproveitamento desses vegetais. *E. crassipes* apresentou os maiores conteúdos de cálcio (1,51%), magnésio (3.916,67 mg kg⁻¹), manganês (1.233,33 mg kg⁻¹), zinco (81,83 mg kg⁻¹), ferro (5.425,00 mg kg⁻¹) e cobre (25,83 mg kg⁻¹). Na biomassa de *P. stratiotes* foram obtidos os maiores valores de matéria mineral (18,95%), fósforo (0,38%), nitrogênio (2,40%), proteína bruta (15,02%) e aminoácidos, à exceção de ácido aspártico e triptofano.

Palavras-chave: valor nutritivo, *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes*, nutrientes, aminoácidos.

ABSTRACT - The purpose of this work was to evaluate the chemical composition of two floating aquatic macrophytes (***Eichhornia crassipes*** and ***Pistia stratiotes***) used in the treatment of aquaculture wastewater and to infer their potential use as biomass. ***E. crassipes*** showed the highest contents of calcium (1.51%), magnesium (3,916.67 mg kg⁻¹), manganese (1,233.33 mg kg⁻¹), zinc (81.83 mg kg⁻¹), iron (5,425.00 mg kg⁻¹) and copper (25.83 mg kg⁻¹). ***P. stratiotes*** showed the highest contents of ash (18.95%), phosphorus (0.38%), nitrogen (2.40%), crude protein (15.02%) and amino acids, except for aspartic acid and tryptophan.

Keywords: nutritive value, *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes*, nutrients, amino acids.

INTRODUÇÃO

As macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes* apresentam ampla distribuição geográfica, sendo consideradas daninhas por proliferarem de forma indesejada em diversos ecossistemas aquáticos. Esses vegetais podem acarretar problemas aos usos múltiplos de rios, lagos e represas, dificultando a navegação e a captação de água, prejudicando a geração de energia elétrica e comprometendo as atividades de lazer (Camargo et al., 2003; Martins et al., 2003). Por sua vez, a ampla distribuição e a capacidade de colonizar novos ambientes,

associadas às altas taxas de crescimento e à elevada capacidade de estocarem nutrientes, tornam esses vegetais potencialmente atrativos do ponto de vista econômico.

As macrófitas aquáticas flutuantes vêm sendo utilizadas com êxito no tratamento de efluentes urbanos e de aquicultura (Henry-Silva, 2001). No entanto, ainda existe um reduzido aproveitamento da biomassa vegetal produzida nesses sistemas de tratamento, onde as plantas necessitam ser retiradas periodicamente para otimizar a remoção de nutrientes. Nesse contexto, alternativas de aproveitamento dessa biomassa excedente

¹ Recebido para publicação em 8.3.2005 e na forma revisada em 24.2.2006.

² Prof. Dr. Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Av. 24-A, 1515, 13506-900 Rio Claro-SP, <ghgs@rc.unesp.br>; ³ Prof. Dr., Dep. de Ecologia – UNESP, Rio Claro.



podem ser implementadas, como na produção de papel e biogás, na alimentação de animais e na fertilização de solos (Pieterse & Murphy, 1990; El-Sayed, 1999). Em piscicultura, as macrófitas aquáticas podem ser aproveitadas como fertilizantes da água, ou mesmo como fonte alternativa de proteína, como foi observado por Santiago et al. (1998), os quais constataram que uma dieta contendo valores de 42% de macrófita aquática flutuante *Azolla pinnata* proporcionou maiores taxas de crescimento para alevinos de tilápia do Nilo do que a dieta controle com farinha de peixe.

De acordo com a Declaração de Banguécoque (NACA/FAO, 2000), investigações sobre a utilização de plantas aquáticas como suplemento alimentar em atividades de aqüicultura devem ser intensificadas mundialmente. Um dos principais aspectos que devem ser abordados nesses estudos refere-se à determinação da composição química da biomassa desses vegetais, visto que os teores de proteínas, aminoácidos, matéria mineral, lipídios, polifenóis, fração de parede celular e carboidratos solúveis, quando analisados conjuntamente, podem indicar o valor nutricional das macrófitas aquáticas (Henry-Silva & Camargo, 2002).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivos analisar, por meio da análise da composição química, o valor nutritivo das macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*, utilizadas em sistemas de tratamento de efluentes de carcinicultura, e inferir sobre o potencial de aproveitamento da biomassa dessas espécies.

MATERIAL E MÉTODOS

As macrófitas aquáticas flutuantes *E. crassipes* e *P. stratiotes* foram coletadas em sistemas de tratamento de efluentes de carcinicultura, localizados no Centro de Aqüicultura da UNESP, no setor de Carcinicultura – Jaboticabal. Os efluentes foram gerados em um viveiro povoado por reprodutores de camarão de água doce (*Macrobrachium amazonicum*).

O material vegetal coletado foi limpo por meio de sucessivas lavagens, para remoção de perifiton, detritos orgânicos e partículas inorgânicas associadas. Posteriormente, as plantas foram secas em estufa a 60 °C, até

atingirem peso constante, e trituradas em moinho para determinação da composição química da biomassa total (massa seca - MS) de ambas as espécies.

Os teores de aminoácidos foram determinados segundo o método proposto por Moore & Stein (1963). O método analítico de determinação de nitrogênio total utilizado foi o de Kjeldahl, segundo 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 matéria mineral (cinzas) foram obtidos por incineração da amostra a 550 °C durante quatro horas, em mufla. Os teores de cálcio, magnésio, manganês, zinco, ferro e cobre foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, após digestão ácida da biomassa, e os teores de fósforo total foram determinados segundo metodologia utilizada por Esteves (1980).

A porcentagem de fração de parede celular (FPC) foi determinada segundo o método descrito em Van Soest & Wine (1967), que consiste na retirada do protoplasma celular com solução neutra, restando apenas a parte estrutural. A determinação das concentrações de carboidratos solúveis foi feita utilizando-se método proposto por Dubois et al. (1956), e os teores de lipídios, obtidos pelo método de Folch et al. (1957). Para determinar as concentrações de polifenóis, utilizou-se o método descrito por King & Heat (1967), a partir da extração por solução de metanol.

Além das coletas de material vegetal, foram realizadas amostragens do efluente de carcinicultura que abastecia os sistemas de tratamento compostos por *E. crassipes* e *P. stratiotes*, no intuito de determinar as concentrações de nitrogênio e fósforo disponíveis para esses vegetais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações de nutrientes do efluente do viveiro com camarões de água doce foram: 0,47±0,15 mg L⁻¹ de N-total; 229,3±69,7 µg L⁻¹ de P-total; 33,1±7,1 µg L⁻¹ de P-dissolvido; 17,0±1,4 µg L⁻¹ de N-amoniaco; 14,8±2,2 µg L⁻¹ de N-nitrito; e 158,3±23,4 µg L⁻¹ de N-nitrato.

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados referentes aos teores de aminoácidos na

biomassa total de *E. crassipes* e *P. stratiotes*. Na Tabela 2 encontram-se os resultados dos teores de matéria mineral, proteína bruta, macro e micronutrientes (fósforo, nitrogênio, cálcio, magnésio, manganês, zinco, ferro e cobre), fração de parede celular, polifenóis, carboidratos solúveis e lipídeos na biomassa total (massa seca) de *E. crassipes* e *P. stratiotes*.

Os maiores teores de aminoácidos foram encontrados na biomassa de *P. stratiotes*, à exceção dos teores de ácido aspártico e triptofano. A soma de todos os aminoácidos em relação ao total de proteínas foi de 89,8% para *E. crassipes* e de 97,2% para *P. stratiotes* (Tabela 1). A comparação da composição dos aminoácidos na biomassa total de *E. crassipes* e *P. stratiotes* com o padrão de referência da FAO revela que essas macrófitas apresentam considerável fonte de aminoácidos, especialmente de lisina, treonina, isoleucina, leucina, valina, fenilalanina e tirosina (Tabela 3). De modo geral, os valores de aminoácidos encontrados na biomassa de ambas as espécies foram semelhantes aos obtidos por Wolverton & McDonalds (1978) em sementes de algodão e de soja. Já os valores de aminoácidos em *E. crassipes* e *P. stratiotes*, à exceção de metionina e tirosina, foram superiores aos constatados por Moozhiyil & Pallauf (1986) em espécies de feno (Tabela 4).

Tabela 1 - Valores de aminoácidos na biomassa total de *E. crassipes* e *P. stratiotes*

Aminoácido	<i>E. crassipes</i>	<i>P. stratiotes</i>
	(% massa seca)	
Alamina	0,85	1,10
Arginina	0,57	0,97
Ácido aspártico	1,54	1,46
Glicina	0,75	0,97
Isoleucina	0,57	0,78
Leucina	1,03	1,40
Ácido glutâmico	1,38	1,79
Lisina	0,55	0,85
Cistina	0,04	0,09
Metionina	0,07	0,08
Fenilalanina	0,66	0,91
Tirosina	0,27	0,44
Treonina	0,69	0,75
Triptofano	0,14	0,13
Prolina	0,49	0,75
Valina	0,78	1,07
Histidina	0,22	0,30
Serina	0,59	0,75



Tabela 2 - Valores de matéria mineral, proteína bruta, macro e micronutrientes (fósforo, nitrogênio, cálcio, magnésio, manganês, zinco, ferro e cobre), fração de parede celular, polifenóis, carboidratos solúveis e lipídeos na biomassa total (massa seca) de *E. crassipes* e *P. stratiotes*

Composição	<i>Eichhornia crassipes</i>	<i>Pistia stratiotes</i>
Matéria mineral (%)	17,09	18,95
Proteína bruta (%)	12,45	15,02
Fósforo total (%)	0,26	0,38
Nitrogênio total (%)	2,00	2,40
Cálcio (%)	1,51	1,09
Magnésio (mg kg ⁻¹)	3.916,67	2.145,83
Manganês (mg kg ⁻¹)	1.233,33	2.145,83
Zinco (mg kg ⁻¹)	81,83	29,83
Ferro (mg kg ⁻¹)	5.425,00	1.391,67
Cobre (mg kg ⁻¹)	25,83	9,17
Fração de parede celular (%)	53,45	56,90
Polifenóis (UDO g ⁻¹)	0,44	0,42
Carboidratos solúveis (mg L ⁻¹)	14,47	12,39
Lipídeos (%)	4,73	4,44

Tabela 3 - Valores comparativos de aminoácidos na biomassa total das macrófitas aquáticas e os teores de referência da FAO

Aminoácido	FAO ^{1/}	<i>E. crassipes</i>	<i>P. stratiotes</i>
	(gramas/100 g ⁻¹ de Proteína Bruta)		
Lisina	4,20	4,42	5,66
Metionina + cistina	2,20	0,88	1,13
Treonina	2,80	5,54	5,00
Isoleucina	4,20	4,58	5,19
Leucina	4,80	8,27	9,32
Valina	4,20	6,26	7,13
Fenilalanina + tirosina	5,60	7,47	8,99
Triptofano	1,40	1,12	0,87

^{1/} Burton (1976).

Na biomassa das espécies estudadas, os valores de proteína bruta ficaram acima de 12% MS, valor mínimo abaixo do qual Boyd (1970) considera os tecidos vegetais pobres em proteínas. Os valores de proteína obtidos em *E. crassipes* (12,45% MS) e *P. stratiotes* (15,02% MS) foram superiores aos encontrados no capim-gordura (*Melinis minutiflora*), que possui em sua matéria seca 9,0% de proteína bruta, sendo utilizado como forrageiro em razão de seu valor nutritivo (Lorenzi, 2000). Thomaz & Esteves (1984) também encontraram valores de proteína inferiores em diferentes tipos de forragens (3,10 a 7,90% MS), enquanto Cândido et al. (2002) constataram teores de proteína variando de 5,90 a 8,70% MS em silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*).

Tabela 4 - Valores comparativos de aminoácidos na biomassa total de *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e espécies forrageiras

Aminoácido	Algodão ^{1/}	Soja ^{1/}	Feno ^{2/}	<i>E. crassipes</i> ^{3/}	<i>P. stratiotes</i> ^{3/}
	(semente)	(semente)	(biomassa total)		
	(gramas/100 g ¹ de Proteína Bruta)				
Lisina	5,40	6,49	4,00	4,42	5,66
Histidina	2,16	2,63	1,80	1,80	2,00
Arginina	5,17	6,98	4,50	4,58	6,46
Ácido aspártico	19,22	12,18	8,00	12,36	9,72
Treonina	4,86	4,26	4,10	5,54	5,00
Serina	4,94	5,51	9,90	11,08	11,92
Ácido glutâmico	13,66	19,36	9,90	11,08	11,92
Prolina	5,02	5,29	4,90	3,93	4,99
Glicina	5,56	4,48	4,70	6,02	6,46
Alanina	6,33	4,58	5,50	6,82	7,33
Valina	5,48	4,80	5,40	6,26	7,13
Metionina	1,31	1,37	1,50	0,56	0,53
Isoleucina	4,40	4,90	4,00	4,58	5,19
Leucina	7,80	7,98	7,00	8,27	9,32
Tirosina	3,55	3,94	3,00	2,17	2,93
Fenilalanina	5,10	5,37	4,30	5,30	6,06
Triptofano	-	-	-	1,12	0,87
Cistina	-	-	-	0,32	0,60
Proteína Bruta (%)	39,1	44,5	12,0	12,4	15,0

^{1/} Wolwerton & McDonald (1978), ^{2/} Moozhiyil & Pallauf (1986) e ^{3/} Neste estudo.

Apesar de o maior teor de fósforo ter sido encontrado na biomassa total de *P. stratiotes* (0,38%), valor superior a este foi obtido por Aoi & Hayashi (1996) (1,03% MS), ao estudarem a mesma espécie. Essas variações intra-específicas nos teores de fósforo estão associadas às diferentes condições tróficas dos ambientes aquáticos, que influenciam as taxas de crescimento e os conteúdos de nutrientes dos tecidos vegetais. Cabe ressaltar que, no presente trabalho, as concentrações de fósforo no efluente de carcinicultura tratado por ambas as espécies de macrófitas aquáticas foram inferiores às constatadas no trabalho mencionado.

O elevado teor de material mineral encontrado na biomassa das macrófitas aquáticas, principalmente devido às incrustações de CaCO₃, é um dos principais fatores limitantes ao seu uso como forragem. Esses altos teores de matéria mineral tendem a diminuir a porcentagem de matéria orgânica, reduzindo o valor nutritivo desses vegetais. Dessa forma, quanto menor o conteúdo mineral de uma espécie, maior será a sua contribuição em termos de matéria orgânica. Já espécies que

armazenam maior quantidade de minerais tendem a contribuir mais diretamente para a ciclagem de nutrientes (Henry-Silva et al., 2001). Os resultados obtidos revelam que os conteúdos minerais de *E. crassipes* e *P. stratiotes* foram semelhantes (17,09 e 18,95%, respectivamente), sendo superiores aos encontrados por Thomaz & Esteves (1984) para forragens utilizadas na alimentação de gado (3,80 a 7,40% MS); entretanto, foram inferiores aos 19,60% MS encontrados pelos mesmos autores em ração comercial utilizada em piscicultura.

Em comparação com outras macrófitas aquáticas, *E. crassipes* e *P. stratiotes* apresentaram valores intermediários de conteúdo mineral. Linn et al. (1975), pesquisando o valor nutritivo de 17 macrófitas aquáticas, obtiveram valores inferiores a 5,60% de conteúdo mineral na biomassa de todas as espécies analisadas. Boyd (1968) reportou valores de até 40% em *Myriophyllum spicatum* e superiores a 50% em *Chara* sp. Essas diferenças nos conteúdos minerais provavelmente se devem não somente às particularidades entre as espécies

vegetais, mas também à disponibilidade de nutrientes dos ambientes aquáticos. De acordo com Larcher (2000), plantas que se desenvolvem em locais pobres em nutrientes apresentam reduzidos teores de minerais em sua biomassa (1 a 3% MS). Por outro lado, plantas que crescem em ambiente salino possuem conteúdo de matéria mineral que pode alcançar até 55% MS.

Analisando os conteúdos dos macronutrientes e micronutrientes na biomassa das macrófitas aquáticas, pode-se constatar que *E. crassipes* apresentou valores mais elevados de cálcio, magnésio, manganês, zinco, ferro e cobre, quando comparados com os valores encontrados na biomassa de *P. stratiotes*. Esses valores podem ser considerados relativamente altos, especialmente para a biomassa de *E. crassipes*, quando comparados com os teores obtidos na biomassa de espécies forrageiras (Tabela 5), sugerindo a possibilidade de aproveitamento dessas macrófitas aquáticas como fertilizantes de solo. Parra & Hortenstein (1974) constataram que a incorporação de *E. crassipes* em diferentes tipos de solo proporcionou produção de milho semelhante ou até mesmo superior à obtida em solos adubados com fertilizantes comerciais. No entanto, é importante ressaltar que concentrações elevadas de minerais, especialmente manganês, podem causar problemas na alimentação animal.

A análise dos teores de FPC é de extrema importância quando se pretende avaliar os vegetais de forma qualitativa. Os materiais que compõem a FPC, como celulose, hemicelulose, lignina e substâncias nitrogenadas lignificadas de difícil degradação, são aproveitados preferencialmente por animais que possuem enzimas capazes de digeri-los. Dessa forma, vegetais com altos valores de FPC geralmente apresentam menores valores nutritivos para animais ruminantes e não-ruminantes; uma queda na ingestão destes ocorre quando os valores de FPC são superiores a 60% de matéria seca (Van Soest & Wine, 1967). Pode-se constatar que *P. stratiotes* e *E. crassipes* apresentaram teores de FPC de 56,90 e 53,45%, respectivamente. Esses valores provavelmente estão associados à contribuição proporcionada pela biomassa submersa dessas duas espécies (Henry-Silva & Camargo, 2002). Vale ressaltar que os

valores de FPC na biomassa de ambas as macrófitas aquáticas foram inferiores ao valor de 79,4% MS, encontrado em folhas de cana-de-açúcar utilizadas como forragem (Thomaz & Esteves, 1984).

Na biomassa de *E. crassipes* e *P. stratiotes*, os teores de lipídios (4,73 e 4,44%, respectivamente), que são compostos orgânicos com características de reserva energética, e os de carboidratos solúveis (14,47 e 12,39 mg L⁻¹, respectivamente), que são formados principalmente por açúcares, foram inferiores aos encontrados em espécies de outros grupos ecológicos. Barbieri (1984), analisando a composição química de algumas macrófitas aquáticas na Represa do Lobo (Broa), obteve valores médios de 17,3% MS de lipídios e de 137 mg g⁻¹ MS de carboidratos solúveis, nas lâminas foliares de *Nymphoides indica*. Da Silva et al. (1994), trabalhando em uma área alagável do Pantanal Mato-Grossense, registraram 19,4% MS de lipídios

Tabela 5 - Valores comparativos de micronutrientes na biomassa total de *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e espécies forrageiras

Espécie	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco
	(mg kg ⁻¹)			
<i>Panicum maximum</i> ^{1/} (Capim-colonião)	7,3	124,0	90,0	20,7
<i>Panicum maximum</i> ^{1/} (Capim-colonião)	4,3	154,0	174,0	31,0
<i>Hyparrhenia rufa</i> ^{1/} (Capim-jaraguá)	2,8	166,0	273,0	26,6
<i>Hyparrhenia rufa</i> ^{2/, 3/} (Capim-jaraguá)	2,2	281,0	106,0	23,0
<i>Melinis minutiflora</i> ^{1/} (Capim-gordura)	5,8	161,0	123,0	42,0
<i>Melinis minutiflora</i> ^{2/, 3/} (Capim-gordura)	4,5	487,0	126,0	21,0
<i>Pennisetum purpureum</i> ^{1/} (Capim-elefante)	10,2	178,0	179,9	40,1
<i>Digitaria decumbens</i> ^{1/} (Capim-pangola)	6,1	137,0	197,0	30,4
<i>Brachiaria decumbens</i> ^{1/} (Capim-braquiária)	6,3	187,0	108,0	27,3
<i>Paspalum notatum</i> ^{1/} (Gramma-batatais)	7,0	142,0	116,0	19,7
<i>Eichhornia crassipes</i> ^{4/} (Aguapé)	25,8	5.425,0	1.233,3	81,8
<i>Pistia stratiotes</i> ^{4/} (Alface-d'água)	9,2	1.391,7	430,0	29,8

^{1/} Gallo et al. (1974); ^{2/} Sousa et al. (1980); ^{3/} Sousa et al. (1981);

^{4/} Neste estudo.



na lâmina foliar de *Eichhornia azurea*. Contudo, no presente trabalho, a concentração de lipídios na biomassa de *E. crassipes* foi semelhante à constatada por Da Silva et al. (1994) para a mesma espécie em um lago do Pantanal Mato-Grossense. Os teores de carboidratos solúveis e lipídios na biomassa de *E. crassipes* e *P. stratiotes* também foram semelhantes aos obtidos por Thomaz e Esteves (1984) em forragens, tais como folhas de cana-de-açúcar e silagem.

Os vegetais que apresentam reduzidos teores de polifenóis são mais facilmente utilizados por animais herbívoros. De fato, McLeod (1974), avaliando o papel dos taninos na qualidade da forragem, constatou que ruminantes apresentaram dificuldade em digerir a proteína de forragens com elevados teores desses compostos. No que se refere às macrófitas aquáticas, Thomaz & Esteves (1984) consideram que esses vegetais devem apresentar um limite de 16 U.D.O. g⁻¹ MS de polifenóis para que possam ser aproveitados em rações animais. No presente trabalho, as concentrações de polifenóis observadas na biomassa de *E. crassipes* e de *P. stratiotes* foram de 0,44 e 0,42 U.D.O. g⁻¹, respectivamente, de modo que os teores de polifenóis, provavelmente, não são limitantes ao aproveitamento dessas macrófitas aquáticas.

Experimentos realizados com búfalos e gado, em diferentes partes do mundo, mostraram que a administração isolada de macrófitas aquáticas acarretou queda de peso desses animais, provavelmente devido a vários fatores antinutricionais e à elevada quantidade de água contida na biomassa desses vegetais (Esteves, 1998). No entanto, Rodrigues & Rodrigues (1989) obtiveram êxito ao utilizarem a biomassa de *E. crassipes* como suplemento na alimentação de gado confinado, e Appler (1985) constatou que cerca de 20% de farinha de peixe utilizada na dieta alimentar de *Oreochromis niloticus* e *Tilapia zillii* pôde ser substituída pela planta aquática *Hydrodictyon reticulatum*, sem efeitos adversos sobre o crescimento dos peixes. Nesse contexto, o uso isolado de macrófitas aquáticas pode não suprir as necessidades nutricionais da maioria das criações, sendo indicadas, portanto, como suplemento alimentar ou como item a ser acrescentado em rações.

Com os resultados obtidos, pode-se sugerir o aproveitamento de *P. stratiotes* e *E. crassipes* como fertilizantes de solo, em razão dos valores elevados da maioria dos macronutrientes e micronutrientes encontrados na biomassa desses vegetais. É importante ressaltar que, embora ambas as macrófitas aquáticas tenham apresentado valores nutritivos superiores aos de algumas plantas forrageiras, a utilização dessas espécies na alimentação animal necessita ser investigada de forma mais aprofundada, visando quantificar o grau de aceitabilidade e de digestibilidade desses vegetais pelos organismos que irão consumi-los, especialmente em relação a *E. crassipes*, que apresentou valores elevados de alguns minerais, como magnésio, manganês e ferro.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Wagner Cotroni Valenti, por ter gentilmente disponibilizado a infra-estrutura de setor de Carcinicultura (UNESP - Jaboticabal); aos técnicos Carlos Fernando Sanches, Valdecir Fernandes de Lima e José Roberto Polachini, pelo auxílio nos trabalhos de campo e de laboratório; e à FAPESP, pelo suporte financeiro (Processo: 02/04131-8).

LITERATURA CITADA

- ALLEN, S. E. et al. **Chemical analysis of ecological materials**. Oxford: Blackwell, 1974. 150 p.
- AOI, T.; HAYASHI, T. Nutrient removal by water lettuce (*Pistia stratiotes*). **Water Sci. Technol.**, 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.**, 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. 221 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1984.
- BOYD, C. E. Aminoacids protein and caloric content of aquatic macrophytes. **Ecology**, v. 51, p. 902-906, 1970.
- BOYD, C. E. Fresh water plants: a potential source of protein. **Econ. Bot.**, v. 22, p. 359-368, 1968.



- BURTON, B. T. **Human nutrition**. New York: McGraw-Hill Book, 1976. 616 p.
- CAMARGO, A. F. M.; HENRY-SILVA, G. G.; PEZZATO, M. M. Crescimento e produção primária de macrófitas aquáticas em zonas litorâneas. In: HENRY, R. (Ed.) **Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos**. São Carlos: Fundibio/Rima, 2003. p. 213-232.
- CANDIDO, M. J. D. C. et al. Valor nutritivo de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob doses crescentes de adubação. **R. Bras. Zootec.**, v. 31, n. 1, p. 20-29, 2002.
- DA SILVA, C. J. et al. Composição química das principais espécies de macrófitas aquáticas do Lago Recreio Pantanal Matogrossense (MT). **R. Bras. Zootec.**, v. 54, n. 4, p. 617-622, 1994.
- DUBOIS, M. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Anal. Chem.**, v. 28, p. 350-356, 1956.
- EL-SAYED, A. F. M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. **Aquaculture**, v. 179, p. 149-168, 1999.
- ESTEVEZ, F. A. Die bedeutung der aquatischen makrophyten für den stoffhaushalt des schöhsees. III. Die anorganischen hauptbestandteile der aquatischen makrophyten. **Gewässer und Abwässer**, v. 66/67, p. 29-94, 1980.
- ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1998. 602 p.
- FOLCH, J. et al. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **J. Biochem.**, v. 26, p. 497-509, 1957.
- GALLO, J. R. et al. Composição inorgânica de forrageiras do Estado de São Paulo. **B. Ind. Animal**, v. 31, p. 115-137, 1974.
- 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. 79 f. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura em Águas Continentais) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.
- HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aqüicultura. **Acta Sci.**, v. 24, n. 2, p. 519-526, 2002.
- HENRY-SILVA, G. G. et al. Chemical composition of five species of aquatic macrophytes from lotic ecosystems of the southern coast of the state of São Paulo (Brazil). **Acta Limnol. Bras.**, v. 13, n. 1, p. 11-17, 2001.
- 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**, v. 7, p. 192-197, 1967.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.
- LINN. et al. Nutritive value of dried and ensilage aquatic plants. I. Chemical composition. **J. Animal Sci.**, v. 41, p. 601-609, 1975.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 608 p.
- MARTINS, D. et al. Caracterização química das plantas aquáticas coletadas no reservatório de Salto Grande (Americana-SP). **Planta Daninha**, v. 21, p. 21-25, 2003. Edição Especial.
- McLEOD, M. N. Plants tannins - Their role in forage quality. **Nutr. Abstr. Rev.**, v. 44, n. 11, p. 803-812, 1974.
- MOORE, I.; STEIN, W. H. Chromatographic determination of amino acids by use of automatic recording equipments. **Methods Enzymol.**, v. 6, p. 55-64, 1963.
- MOOZHYYIL, M.; PALLAUF, J. Chemical composition of the water fern, *Salvinia molesta*, and it's potential as feed source for ruminants. **Econ. Bot.**, v. 40, n. 3, p. 375-383, 1986
- NACA/FAO. **Desenvolvimento da aquacultura para além de 2000: a declaração de Banguecoque e estratégia**. Conferência sobre aquacultura no terceiro milênio. Roma: 2000. 22 p.
- PARRA, J. V.; HORTENSTEIN, C. C. Plant nutritional content of some Florida water hyacinths and response by pearl millet to incorporation of water hyacinths in three soil types. **Hyacinth Control.**, v. 12, p. 85-90, 1974.
- PIETERSE, A. H.; MURPHY, K. **Aquatic weeds and management of nuisance aquatic vegetation**. New York: Oxford University Press, 1990. 593 p.
- RODRIGUES, N. S.; RODRIGUES, M. M. Fito-depuração de água de lavagem de cana pelo aguapé. **Stab: Açúcar, Alcool e Subprod.**, v. 14, p. 49-51, 1989.



SANTIAGO, C. B. et al. Response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry to diets containing *Azolla* meal. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE, 2., 1998, Philippines. **Proceedings...** Philippines: 1998. p. 377-382.

SOUSA, J. C. et al. Inter-relações entre minerais do solo, forrageiras e tecido animal. 2. Cobre e molibdênio. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 15, p. 335-341, 1980.

SOUSA, J. C. et al. Inter-relações entre minerais no solo, plantas forrageiras e tecido animal. 3. Manganês, ferro e cobalto. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 16, p. 739-746, 1981.

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.

van SOEST, P. J.; WINE, R. H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds, IV. Determination of plant cell-wall constituents. **J. Assoc. Anal. Chem.**, v. 50, n. 1, p. 50-51, 1967.

WOLVERTON, B. C.; McDONALD, R. C. Nutritional composition of water hyacinths grown on domestic sewage. **Econ. Bot.**, v. 32, n. 4, p. 363-370, 1978.

