



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA**  
**PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

---

---

**ABSORÇÃO DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO PELA *Lemna  
aequinoctialis***

---

Bolsista: Hely Rubem de Paiva Neto, CNPq

Manaus  
2010



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA**  
**PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

---

---

**ABSORÇÃO DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO PELA *Lemna*  
*aequinocialis***

---

**RELATÓRIO PARCIAL**

PIB-E/0007/2008

Bolsista: Hely Rubem de Paiva Neto,  
Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Genilson Pereira Santana.

Manaus  
2010

## Resumo

Macrófitas aquáticas têm se tornado uma grande alternativa para o tratamento de efluentes de origem doméstica, devido a sua grande maioria ser de fácil manuseio. Por necessitarem de altas concentrações de nutrientes para o seu desenvolvimento, macrófitas aquáticas são utilizadas com sucesso na recuperação de rios e lagos poluídos, pois suas raízes podem absorver grandes quantidades de substâncias tóxicas, além de formarem uma densa rede capaz de reterem as mais finas partículas em suspensão. Pesquisas com macrófitas emersas e submersas comprovam sua funcionalidade e eficácia tanto no tratamento de águas residuais em grande ou em pequena escala, quanto na redução de poluentes de origem industrial. Uma macrófita aquática flutuante ainda pouco estudada é a *Lemna aequinoctialis*, pertencente à família *Lemnaceae*, que possui crescimento exagerado em um igarapé na região do Pólo Industrial de Manaus (PIM). Este trabalho visou estudar a capacidade de retirada de N, P e K, através de testes controlados a fim de verificar a real capacidade extratora desses elementos pela macrófita aquática. Durante o experimento verificou-se que o tempo de sobrevivência da macrofita e também absorção foi diferente para cada elemento aplicado aos tanques, onde a planta teve maior vida com potássio e uma maior absorção de fósforo.

## Sumário

1. Introdução .....	5
2. Objetivos .....	7
2.1. Geral .....	7
2.2. <i>Específicos</i> .....	7
3. Revisão Bibliográfica.....	8
3.1. Família <i>Lemnaceae</i> .....	8
3.1.1. Utilização da biomassa para outros fins .....	10
3.2. Nitrogênio, fósforo e potássio nas plantas .....	11
4. Materiais e Métodos .....	12
4.1. Coleta e preparo do tanque de macrófitas .....	12
4.2. Análise de N, P e K.....	12
5. Resultados .....	14
6. Considerações finais .....	16
7. Referência Bibliográfica .....	17

## 1. Introdução

A água é essencial à vida, e todos os organismos vivos, inclusive o homem, dependem da água para sobreviver. A água é uma das substâncias mais abundantes no nosso planeta, cobrindo aproximadamente 71% do globo. Estima-se que 97% do total estão nos oceanos, e apenas 3% seja água doce. Do total de água doce,  $\frac{3}{4}$  está congelado nas calotas polares, e  $\frac{1}{4}$  está distribuído entre rios, lagos e subsolo. O aumento e a diversificação dos usos múltiplos da água resultaram em uma elevada carga de contaminantes de diversas características, que exigem diferentes tipos avaliação qualitativa e quantitativa, e monitoramento adequado e de longo prazo (TUNDISI, 2003). Entre os vários tipos de contaminantes aquáticos, destacam-se os compostos derivados de nitrogênio, fósforo e potássio que causam vários problemas, não somente à saúde humana, mas também a vida aquática (PIO, 2004).

A literatura registra um número razoável de tecnologias para a remoção de compostos contendo nitrogênio, fósforo e potássio. Mesmo assim, diversas técnicas com a finalidade de se obter sistemas mais adequados têm sido investigadas, das quais várias são conhecidas e aplicadas no Brasil, por exemplo, utilização de plantas aquáticas ou sistemas chamados *wetlands*. As *wetlands* são sistemas compostos de tanques de águas contaminadas com macrófitas capazes de absorver principalmente nitrogênio, fósforo e potássio (APHA, 1995).

As macrófitas aquáticas flutuantes da família *Lemnaceae* sp se tornaram ótima alternativa para se reduzir as concentrações de N, P e K, principalmente de efluentes de origem doméstica e industrial. (PIO, 2004).

Apesar desse potencial existem poucos estudos sobre a *Lemna aequinoctialis*, que é encontrada na região de Manaus principalmente com crescimento desordenado nos igarapés poluídos que cortam a cidade. Em estudo anterior, Pio (2004) demonstrou que essa macrofita é capaz de absorver altas quantidades de metais potencialmente tóxicos, como Fe, Ni, Cd, Cu,

Pb e Zn. Embora, com alto potencial de absorção de metais a literatura ainda não registra nada sobre a capacidade da *Lemna aequinocialis* em absorver N, P, e K. Portanto, neste trabalho foram desenvolvidos experimentos controlados de forma a verificar qual a capacidade da planta em absorver esses elementos.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Geral**

Verificar a capacidade de absorção dos nutrientes N, P e K pela *Lemna aequinoctialis*.

### **2.2. Específicos**

- Estudar a taxa de absorção da planta na retirada de N, P e K de uma solução pré-concentrada com os referidos elementos.
- Estabelecer um estudo comparativo a fim de verificar qual dos elementos é melhor de ser absorvido pela planta
- Apresentar dados convincentes da sua eficiência e relação custo/benefício.

### 3. Revisão Bibliográfica

#### 3.1. Família *Lemnaceae*

De acordo com a classificação morfo-taxonômica, a família *Lemnaceae* pertence á divisão angiosperma, classe monocotiledônea, ordem espatiflora, sendo encontradas praticamente em todas as partes da Terra. São plantas que freqüentemente crescem sobre águas tranqüilas, frescas, ricas em nutrientes, salubres e principalmente água doce. Todas se adaptam a uma ampla variedade de zonas climáticas e geográficas, porém, a maioria é encontrada em zonas temperadas, subtropicais e tropicais (SKILLICORN, 1994; POTT, 1996).

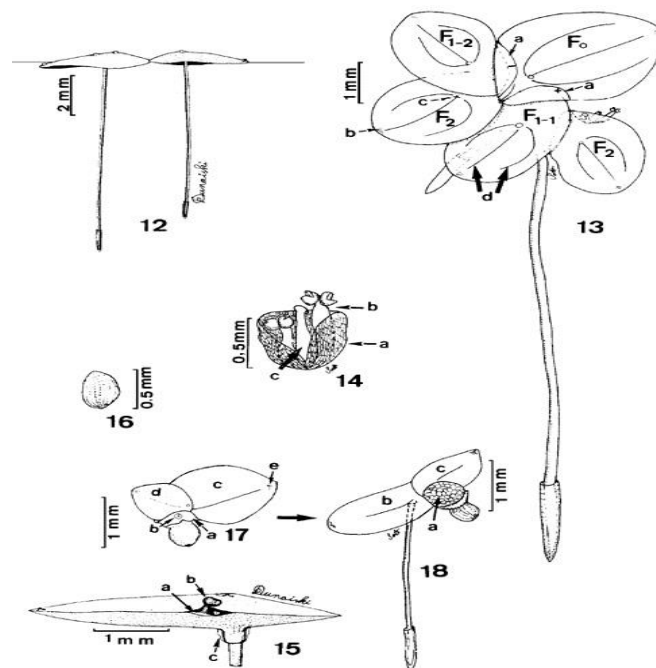
Comparando-se os vários tipos de famílias de plantas aquáticas, a família *Lemnaceae* é uma das menores, sendo composta por apenas quatro gêneros (*Lemna*, *Spirodela*, *Wolffia* e *Wolffiella*) e 36 espécies, todas flutuantes e extremamente reduzidas, a descrição de suas partes esta mostrada na Figura 1.

São as menores plantas com flor do mundo, e as vezes são confundidas com algas ou lodo. Na maioria das vezes se propagam vegetativamente. Seu cultivo requer condições mais próximas às naturais, em local protegido do vento, com suprimento de água com nutrientes, por meio de fertilizantes orgânicos (esgoto) ou minerais (N, P e K) (SKILLICORN, 1993).

A distribuição da planta é pantropical, e tem dispersão através da cultura de arroz irrigado e como planta de aquários. A identidade da espécie já foi muito confusa, pelo que possui vários sinônimos (*Lemna paucicostata* Hegelm. e *L. perpusilla* var. *paucicostata* Hegelm.). Na ausência das papilas, ou em material exsiccado, recorre-se à clarificação da fronde em hipoclorito de sódio (4%), para observar a presença de 3 nervuras que a



diferenciam de *L. valdiviana* e *L. minuta*. Ocorrem em populações quase puras, às vezes em associação com *Wolffia brasiliensis* e *W. columbiana* (submersa); ocorre principalmente em áreas com influência antrópica, em lagoas rasas, próximas às sedes de fazendas e porteiros onde há trânsito, pisoteio e esterco de gado. O banco de sementes, deixado na seca, germina na enchente seguinte, numa explosão de plântulas que cobrem grande parte do corpo d'água e, em pouco tempo (cerca 3 meses), por propagação vegetativa, o cobrem totalmente (POTT e CERVI, 1999).



**Figura 1.** Numeração 12-18. *Lemna aequinoctialis* Welwitsch. 12. Hábito em relação à superfície da água; 13. Vista superior, colônia de frondes (diafanizada): (a) cavidade vegetativa (+) e (-), (b) papila apical, (c) papila basal, (d) nervuras; 14. Flor: (a) perfil aberto lateralmente, (b) estame, (c) ovário; 15. Fronde em vista lateral: (a) cavidade reprodutiva, (b) estame, (c) ala da bainha da raiz; 16. Semente; 17. Semente em germinação: (a) cotilédone, (b) opérculo, (c) fronde-mãe, (d) fronde-filha, (e) papila apical; 18. Plântula: (a) cotilédone, (b) fronde  $F_0$ , (c) fronde  $F_1$ . (12-17: V.J. Pott 1978; 18: A. Pott 6164.

A *Lemna aequinoctialis* é uma planta que em condições favoráveis (águas enriquecidas por contaminantes) possui um crescimento desordenado, o que explica a

cobertura do corpo d'água em tão pouco tempo. As *Lemnaceae*, além de despoluir, podem reduzir e até prevenir a proliferação de algas, de patógenos para a saúde humana (SKILLICORN, 1993).

As plantas começam a competir entre si por superpopulação, por isto devem ser removidas em parte, garantindo a propagação das plantas remanescentes. A remoção também é uma das soluções em caso de excesso de população em represas, mas muito dispendiosa (PEDRALLI, 1999). Além disto, causa grande impacto à medida que revolve o sedimento, aumenta a turbidez da água e a coleta direta de muitos organismos aquáticos, como peixes, crustáceos e tartarugas (PITELLI, 2002). No caso das lemnáceas, a colheita é mais simples, porque são pouco volumosas e ideais para tanques.

### **3.1.1. Utilização da biomassa para outros fins**

A biomassa produzida pela macrófita pode ter vários fins, como forragem para animais (peixe, suínos, aves, etc.) e alimento humano, rico em proteína, adubo orgânico, adubo, etc., (LAKSHMAN, 1987; Joyce, 1990; SKILLINCORN, 1993) e obtenção de biogás (PEDRALLI, 1999).

As “lentilhas d’água” removidas podem ter várias utilidades, principalmente na criação de peixes e aves, em estado fresco ou como ração, ou em forma peletizada. Van Dyke e Sutton (1997) usaram-nas para alimentar carpas. Patos e Gansos também se alimentaram de Lemnáceas (JACOBS, 1947), por isso seu nome em inglês é duckweed (erva de pato). O teor de proteína em *Spirodela* é equivalente ao da soja, o conteúdo de lisina e arginina é maior do que da proteína da alfafa (BOYD, 1968; SUTTON & ORNES, 1975; LORENZI, 1991). Mccann (1942) relata que na Índia são usadas *Lemna* e *Spirodela* como medicinais. Muzafanoy (1968), Abdulayef (1969), Truax (1972), Culley Junior e Epps (1973), Culley Junior (1981), Oron (1984) e Haustein (1990) utilizaram espécies de *Lemnaceae* em

tratamento de água, usando-as na alimentação de galinhas, e observaram que os ovos apresentaram a gema de cor amarela mais forte, sugerindo que as *Lemnaceae* sejam usadas como substituto da soja e como alimento para peixes.

### **3.2. Nitrogênio, fósforo e potássio nas plantas**

Nitrogênio, fósforo e potássio são chamados de macro nutrientes primários, os quais as plantas precisam em maior quantidade, sendo estes essências para as plantas de modo geral. São eles que irão desenvolver a planta, estando ligados ao seu metabolismo e proteção.

O nitrogênio é considerado elemento essencial para as plantas, pois está presente na composição das mais importantes biomoléculas, tais como ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas e inúmeras enzimas. Em muitos sistemas de produção, a disponibilidade de nitrogênio é quase sempre um fator limitante, influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente.

O fósforo é importante para a formação e fecundação das flores, tendo também importância na fotossíntese e transferência de energia. Na planta ele apresenta grande mobilidade. Em casos de deficiência, o fósforo tem a propriedade de se mover dos tecidos velhos para os mais novos. Em plantas jovens, o fósforo é absorvido mais rapidamente, o que permite um crescimento rápido e intenso das raízes em ambientes com níveis adequados de nutrientes.

Finalmente, o potássio é um elemento muito móvel nas plantas, tanto dentro da célula individual, como em tecidos. Nas plantas não é constituinte de nenhuma molécula orgânica, mas, contribui em várias atividades bioquímicas, sendo ativador de alto número de enzimas, regulador da pressão osmótica, abertura e fechamento dos estômatos. Ele é importante na fotossíntese, na formação de frutos, resistência ao frio e às doenças das plantas.

## 4. Materiais e Métodos

### 4.1. Coleta e preparo do tanque de macrófitas

Fez-se uma coleta de cerca de 3 Kg de biomassa de *Lemna aequinoctialis*, coleta feita no igarapé que corta o Prosamim do bairro do Educandos, e cultivadas em 3 tanques com capacidade de 300 L cada, tanques estes de polietileno contendo água, devidamente limpos com água deionizada, e nomeando os tanques com os devidos elementos que serão analisados em cada. Nos tanques contendo N, P e K foram adicionados soluções de  $50 \text{ mg L}^{-1}$ , simulando poluentes a base de N, P e K, e cerca de 1 kg de *Lemna aequinoctialis* foi colocada em cada tanque, para assim depois analisar a quantidade de elementos que a macrófita absorveu.

Para os tanques que continham os devidos elementos a serem analisados, foram feitas várias coletas, estas feitas em um intervalo de tempo de 12 h. Em cada coleta era retirado cerca de 200 mg de biomassa viva da macrófita que eram postas para a secagem; feita a secagem, começou o processo de abertura e análise das amostras.

### 4.2. Análise de N, P e K

Cerca de 5 kg de macrófitas foi coletado na bacia do Educandos, nas proximidades do rio Negro, em julho de 2010. No laboratório toda a biomassa de *Lemna aequinoctialis* foi devidamente lavada com água de torneira, detergente e destilada. Em seguida, cerca de 1 kg foram colocados em três tanques contendo 50 L de água destilada. Respectivamente em cada tanque foi adicionada massa correspondente a 50 ppm dos seguintes sais: KCl,  $\text{H}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  e  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , sendo agitados até completa dissolução.

A partir de então a cada a cada 12 horas foi realizada uma coleta geralmente nos horários de 6:00 e 18:00 horas. Após o experimento, as amostras coletadas foram secas a temperatura ambiente por aproximadamente uma semana. Neste ponto, cerca de 0,10 g de amostra seca foi digerida com por  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado e  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Na amostra digerida foram determinados o nitrogênio por FIA (**modelo do aparelho**), potássio por fotometria de chama (fotômetro da Tecnow - Pegassvs II) e fósforo por UV (espectrômetro da Shimadzu UV-1650 PC).

## 5. Resultados

Durante o experimento verificou-se que o tempo de sobrevivência das macrofitas foi diferente para cada elemento aplicado aos tanques (Tabela 1). Com o nitrogênio as macrofitas permaneceram vivas por dois dias e meio, o fósforo dois dias e o potássio por quatro dias. Neste contexto, nota-se que dentre os nutrientes analisados o potássio foi o elemento que proporcionou um período de vida maior.

Tabela 1 – Quantidade de potássio, fósforo e nitrogênio ( $\text{mg kg}^{-1}$ )

Intervalo de hora de coleta	K	P	N
0	8,19	32,67	3,43
12	9,86	32,21	3,60
24	8,19	33,02	4,12
36	9,03	33,02	4,09
48	9,31	32,79	3,42
60	6,81		3,37
72	7,08		
84	8,47		
96	6,53		

Além disso, após 96 horas de experimento os resultados revelam que o potássio foi o único elemento que teve sua concentração final reduzida. Isso indica que a taxa de absorção de potássio da *Lemna aequinoctialis* está diretamente relacionado à quantidade de potássio dissolvida na água. Ao contrário dos outros dois elementos cujas concentrações permaneceram praticamente constantes em todo o experimento.

Ao se referir à literatura mostra o nitrogênio como considerado o limite para o crescimento de macrófita em sistemas hídricos contaminados por esgotos domésticos (MIFLIN & LEA, 1976; HARPER, 1994). Porém, a *Lemna aequinotialis* na presença desse elemento apresentou um tempo de sobrevivência não tão esperado comparado aos outros dois elementos estudados.

## 6. Considerações finais

Os resultados mostraram que o potássio exerce papel importante para o crescimento da *Lemna aequinoctialis*. Portanto, em se tratando de tecnologia de tratamento de água poluída e de efluentes domésticos por meio de plantas aquáticas com *Lemna aequinoctialis* a quantidade de potássio é primordial para aumentar sua eficiência.



## 7. Referência Bibliográfica

- ABDULAYEF, D. A. The use of common duckweed as green feed for chickens. (In Russian, English summary). **Uzbekskii Biologicheskii Zhurnal**, Tashkent, v. 13, n. 2, p. 42, 1969. (Abstract).
- APHA - American Public Health Association, 1985. Water Work Association and Water Pollution Control Federation. Standard methods for the examination of wastewater. 16<sup>a</sup> ed., New York.
- BOYD, C. E. Fresh-water plants: a potencial source of protein. **Economic Botany**, New York, v. 22, p. 359-368, 1968.
- CASTRO, R.F. Composição inorgânica de duas gramíneas do Distrito Industrial de Manaus-AM. 2000. 73p. Dissertação de Mestrado (Grupo de Química Ambiental)- Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- CULLEY JUNIOR, D. D.; EPPS, E. A. Use of duckweed for waste treatment and animal feed. **Water Pollution Control Federation Journal**, Washington, v. 45, n. 2, p. 337-347, 1973.
- CULLEY JUNIOR, D. D.; REJMANCOVA, E.; KVET, J.; FRYE, J. B. Production, chemical quality and use of duckweeds (Lemnaceae) in aquaculture, waste management, and animal feed. **Journal of the World Mariculture Society**, v. 12, n. 2, p. 27-49, 1981.
- DIAS, C. M.. 2001. **Estudo Físico-Químico da Água de três Igarapés na Região do Distrito Industrial de Manaus – Am. Manaus**. Universidade do Amazonas, 114p. (Dissertação de Mestrado em Química de Produtos Naturais), 2001.
- ELIAS, E.P. Absorção de alguns metais pesados por *Homolepis aturensis* (H.B.K)Chase. 2003. 71p. Dissertação de Mestrado (Grupo de Química Ambiental) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- ESTEVES, F de A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro. INTERCIÊNCIA/FINEP, 1998.
- GUEDES, N.C.C. **Poluição Aquática na microbacia do Igarapé do Quarenta, Manaus-Am**. Manaus:UFAM, 2003. Dissertação (Mestrado em Química de Produtos Naturais), Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal do Amazonas, 2003.
- HARPER, J.E. Nitrogen metabolism. In: BOOTE, K.J., BENNET. J.M., SINCLAIR, T.R., et al. **Physiology and determination of crop yield**. Madison: ASA/CSSA/ SSSA, 1994. Chapt. 11<sup>a</sup>. p.285-302
- HAUSTEIN, A. T.; GILMAN, P. W.; SKILLICORN, P. W.; VERGARA, V.; GASTANADUY, A. Duckweed, a useful strategy for feeding chickens: Performance of layers

fed with sewage-grown Lemnaceae species. **Poultry Science**, College Station, TX, v. 69, n. 11, p. 1835-1844, 1990.

HILLMAN, W.S. The *Lemnaceae*, or duckweeds. **Bot. Rev.** n..27, p.227-87, 1961.

JACOBS, D. L. An ecological life-history of *Spirodela polyrrhiza* (greater duckweed) with emphasis on the turion phase. **Ecological Monographs**, Durham, v. 17, p. 437-469, 1947.

JOYCE, J. C. Practical uses of aquatic weeds. In: PIETERSE, A. H.; MURPHY, K. J. (Ed.). **Aquatic weeds: the ecology and management of nuisance aquatic vegetation**. Oxford: Oxford University Press, 1990. p. 274-291.

LAKSHMAN, C. Ecotechnological opportunities for aquatic plants - a survey of utilization options. In: REDDY, K. R.; SMITH, W. H. (Ed.). **Aquatic plants for water treatment and resource recovery**. Orlando: Magnolia. 1987. p. 49-68.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil : terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. 2. ed. Nova Odessa: Plantarum, 1991. 440 p.

McCANN, C. Observations on Indian duckweeds, Lemnaceae. **Journal of the Bombay Natural History Society**, Bombay, v. 43, p. 148-162, 1942.

MIFLIN, B.J., LEA, P.J. The pathway of nitrogen assimilation in plants. **Phytochemistry**, New York, v.15, p.873-885, 1976.

MUZAFANOV, A. M.; TAUBAYEV, T.; ABDIYEV, M. The use of common duckweed for feeding domestic birds. **Uzbekskii Biologicheskii Zhurnal**, Tashkent, v. 12, n. 3, p. 42, 1968.

OLIVEIRA, T.C.S. **Distribuição de metais pesados em sedimentos na região do Distrito Industrial**. 2002. 90p. Dissertação de Mestrado (Grupo de Química Ambiental) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

ORON, G.; WILDSCHUT, L. R.; PORATH, D. Waste water recycling by duckweed for protein production, and effluent renovation. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 17, p. 803-817, 1984.

PEDRALLI, G. Plantas aquáticas: políticas, programas e projetos para sua conservação no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 50., 1999, Blumenau. **Resumos...** Blumenau: Sociedade Botânica do Brasil, 1999. p. 322-323.

PITELLI, R. A.; BORSARI, R.; MUSTAFÁ, A. L. Impacto ambiental das práticas de controle das macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Ed.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: Eduem. 2002.

PIO, M.C.S. **Capacidade de absorção de Cu, Fe, Ni, Zn, Pb, Mn, Co, Cr por *Lemna aequinoctialis***. 2004. Dissertação de Mestrado (Grupo de Química Ambiental) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

POTT, V.J. e CERVI, A.C. A família *Lemnaceae* Gray no Pantanal (Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), **Brasil. Revta Brasil. Bot.**, n.22. p.153-174, 1999.

POTT, V.J. Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo. In: Congresso Nacional de Botânica, São Paulo, Brasil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1996.

SAMPAIO, A. Q.. 2000. **Caracterização Física e Química dos Sedimentos na Área do Distrito Industrial de Manaus – AM**. Universidade do Amazonas. 81p. (Dissertação de Mestrado em química de Produtos Naturais), 2000

SILVA, C. P. D.. 1992. **Influência das Modificações Ambientais sobre a Comunidade de Peixes de um Igarapé da Cidade de Manaus/AM**. Manaus, PPG INPA/FUA. 112p. (Dissertação de Mestrado), 1992

SILVA, M. S. R. da. 1996. **Metais Pesados em Sedimentos de Fundo de Igarapés (Manaus-AM)**. Bélem, Universidade Federal do Pará. 119p. (Dissertação de Mestrado, em Geologia e Geoquímica), 1996

SKILLICORN, P.; SPIRA, W.; JOURNEY, W. **Duckweed aquaculture, a new aquatic farming system for developing countries**. Washington: The World Bank, 1993. 74 p.

SKILLICORN, P.; SPIRA, W. e JOURNEY, W. Duckweed Aquaculture: A new aquatic farming system for developing countries. Duckweed-based Wasterwater Treatment Systems. **Washington, USA: The World Bank. Enema Technical Department Agriculture Division**. P.5-6, 46-63, 1994.

SUTTON, D. L.; ORNES, W. H. Phosphorous removal from static sewage effluent using duckweed. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 4, n. 3, p. 367-370, 1975.  
TRUAX, R. E.; CULLEY, D. D.; GRIFFITH, M.; JOHNSON, W. A.; WOOD, J. P. Duckweed for chicken feed. **Louisiana Agriculture**, Baton Rouge, v. 16, p. 8-9, 1972.

TUNDISI, J.G. **Água do século XXI, enfrentando a escassez**. São Paulo: Rima Editora, 2003

VALLE, C. M.. 1998. **Impacto Ambiental Urbano: Avaliação Física e Química dos Solos da Bacia do Igarapé do Quarenta (Manaus – AM)**. Universidade do Amazonas .90p. 1998

VAN DYKE, J. M.; SUTTON, D. L. Digestion of duckweed (*Lemna* sp.) by the grass carp (*Ctenopharyngdon idella*). **Journal of Fish Biology**, London, v. 11, n. 3, p. 273- 78, 1977.