

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA**

**Eficiência da *Lemna* sp no tratamento de efluentes  
líquidos de suinocultura e sua utilização como fonte  
alternativa de alimento para tilápias**

Dissertação apresentada ao  
Departamento de Pós-graduação em  
Aqüicultura do Centro de Ciências  
Agrárias da Universidade Federal de  
Santa Catarina, como pré-requisito para  
a obtenção do título de Mestre em  
Aqüicultura.

**Orientador: João Bosco Rozas Rodrigues**

**FLÁVIA DE ALMEIDA TAVARES**

**Florianópolis- SC/2004**

Tavares, Flávia de Almeida

Eficiência da *Lemna* sp no tratamento de efluentes de suinocultura e sua utilização como fonte alternativa de alimento para tilápias.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.  
Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura, Florianópolis, 2004  
Orientador: Prof. Dr. João Bosco Rozas Rodrigues

1- *Lemna* sp; 2- Duckweeds; 3- Tratamento de efluentes 4- tilápia  
5- biomassa

**Eficiência da *Lemna sp* no tratamento de efluentes líquidos de suinocultura e sua utilização como fonte alternativa de alimento para tilápias.**

POR

FLÁVIA DE ALMEIDA TAVARES

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

**MESTRE EM AQUICULTURA**

e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em  
Aqüicultura

---

Prof<sup>a</sup>. Débora Machado Fracalossi, Dra.  
Coordenadora do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. João Bosco Rozas Rodrigues, Dr. – *Orientador*

---

Prof<sup>a</sup>. Débora Machado Fracalossi, Dr<sup>a</sup>. – *Co-orientadora*

---

Prof. Paulo Belli Filho, Dr.

*Dedico esta dissertação à minha querida  
família pelo amor e compreensão.*

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, professor João Bosco, pela orientação, amizade e conhecimento adquirido durante o curso.

A professora Débora por todo apoio e dicas importantes durante todo o curso.

A minha família pela colaboração, compreensão e por todo o apoio em todos os momentos.

Ao meu eterno amigo e namorado Julio Cesar por seu grande amor e compreensão.

Ao professor Paulo Belli Filho pela oportunidade de participar de um projeto de tamanha importância.

Ao Juan e Betina e todo o pessoal da Piscicultura Panamá pela força e pela oportunidade de realizar meu experimento em um lugar tão fascinante.

Ao Carlito e Jeff pela ajuda, paciência e solução dos problemas.

Ao Rodrigo Mohedano por sua amizade e sua dissertação que me ajudou muito.

Ao Clóvis Matheus pelo coleguismo e por todo o conhecimento adquirido.

Ao pessoal do laboratório LIMA pela ajuda nas análises.

Ao pessoal do LAPAD pelas análises bromatológicas e grande aprendizado.

Ao Léo e todo o pessoal da Alfakit pela ajuda nas análises.

Ao pessoal do LAMEX e Ana Lúcia pela amizade, companheirismo e ajuda.

Aos companheiros de minha turma, pelos momentos bons e pelos conhecimentos adquiridos em sala de aula.

Aos meus amigos que sempre torceram por mim. Sem o pessoal da zootecnia eu não estaria aqui!

Ao CNPQ/FINEP e coordenadoria do curso de Aqüicultura pela bolsa adquirida, fazendo possível que o mestrado se realizasse com êxito.

## SUMÁRIO

Lista de abreviaturas e símbolos.....	ix
Lista de tabelas .....	x
Lista de figuras.....	xi
Resumo.....	xii
Abstract.....	xiii
1. Introdução.....	1
1.1 A suinocultura em Santa Catarina.....	1
1.2 A utilização de macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes.....	4
1.2.1 Remoção de Nitrogênio e Fósforo.....	8
1.2.2 Redução da Demanda química de Oxigênio (DQO).....	11
1.3 Descrição das lemnáceas.....	13
1.4 Produção de biomassa e valor nutricional das lemnáceas.....	16
1.5 As tilápias e seu cultivo no Brasil.....	17
1.6 Utilização das lemnáceas como alimento em cultivo de peixes.....	18
1.7 Plano de trabalho.....	21
Artigo científico 1 – “ Tratamento de efluentes líquidos de suinocultura com a macrófita <i>Lemna</i> sp.” .....	23
Resumo.....	23
Abstract.....	24
1. Introdução.....	25
2. Material e métodos.....	28
2.1 Delineamento experimental.....	28
2.2 Análise dos parâmetros.....	29
2.2.1 Produção de biomassa.....	29
2.2.2 Remoção da carga poluidora.....	30
2.2.3 Valor nutricional das plantas.....	31
3. Resultados e Discussão.....	31
3.1 Produção de biomassa.....	31
3.2 Comportamento das variáveis analisadas.....	33

3.2.1 DQO.....	36
3.2.2 Sólidos suspensos.....	37
3.2.3 Sólidos totais.....	38
3.2.4 Amônia.....	39
3.2.5 Ortofosfato.....	40
3.2.6 Nitrito, Nitrato e Turbidez.....	41
3.3. Teor protéico das plantas.....	42
4. Conclusões.....	43
5. Referências bibliográficas.....	44
Artigo 2 – “Utilização da <i>Lemna</i> sp. Como fonte alternativa de alimento para tilápias”.....	52
Resumo.....	52
Abstract.....	53
1 Introdução.....	54
2 Material e métodos.....	55
2.1 Produção da lemna.....	55
2.2 Delineamento experimental, unidades experimentais e peixes.....	56
2.3 Dietas experimentais e análise da composição corporal.....	57
2.4 Ganho em peso, Conversão alimentar e Taxa de crescimento específico.....	58
2.5 Fito e zooplâncton.....	58
2.6 Análise estatística.....	59
3. Resultados.....	60
3.1 Ganho em peso, Conversão alimentar e Taxa de crescimento específico.....	60
3.2 Composição corporal dos peixes.....	62
3.3 Fito e zooplâncton.....	63
3 Discussão.....	64
4 Conclusões.....	69
5 Referências bibliográficas.....	69
Referências bibliográficas da introdução.....	72

Anexos..... 87



## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

DBO – Demanda Bioquímica de oxigênio

DQO - Demanda química de oxigênio

Kg – quilogramas

h – hora

ha – hectare

L – litro

mm - milímetro

m – metro

m<sup>2</sup> – metro quadrado

NH<sub>3</sub> – amônia não ionizada

NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - amônia ionizada

NH<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - amônia total

NO<sub>2</sub><sup>-</sup> - nitrito

NO<sub>3</sub><sup>2-</sup> - nitrato

P - Fósforo

PB – Proteína bruta

t - tonelada

SS – Sólidos suspensos

ST – Sólidos totais

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

Tabela 1. Eficiência de remoção e massa total eliminada de DQO, Sólidos suspensos, Sólidos totais, Amônia e Ortofosfato nos diferentes tempos de retenção (7,14 e 21 dias).....	33
Tabela 2. Variação das concentrações de Nitrito, Nitrato e Turbidez nos diferentes tempos de retenção (7,14 e 21 dias).....	34
Tabela 3. Teor protéico das plantas nos diferentes tempos de retenção (7, 14 e 21 dias).....	42

### ARTIGO 2

Tabela 1. Composição das dietas experimentais na matéria seca.....	57
Tabela 2. Composição corporal dos peixes após 50 dias de alimentação com as diferentes dietas experimentais.....	63

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO 1

Figura 1. Variação da biomassa produzida por cada tratamento (DQO – mg/L) nos diferentes tempos de retenção..... 31

Figura 2. Comportamento das variáveis analisadas em função do tempo (7, 14,21 dias) nas concentrações de 400, 550, 700, 850 e 1000 mg/L de DQO..... 35

### ARTIGO 2

Figura 1. Temperatura média (°C) e concentração de oxigênio dissolvido durante o período experimental..... 59

Figura 2. Peso médio de alevinos de tilápia nas diferentes biometrias, quando alimentadas com ração comercial, lemna seca e 50%ração/50% lemna seca e Ganho em peso nos períodos compreendidos entre as três biometrias..... 60

Figura 3. Conversão alimentar de alevinos de tilápia alimentados com ração, lemna seca e 50% ração/50% lemna nos períodos compreendidos entre as biometrias realizadas..... 62

Figura 4. Grandes grupos de zooplâncton encontrados ao longo período experimental..... 63

## RESUMO

Este trabalho teve por objetivo contribuir com a sustentabilidade da suinocultura de Santa Catarina, utilizando macrófitas aquáticas do gênero *Lemna* sp. no tratamento de efluentes e como fonte de alimento no cultivo de tilápias nilóticas (*Oreochromis niloticus*). Para atingir tal objetivo, o experimento foi dividido em duas fases. Na primeira fase, cinco concentrações de dejetos foram testadas: 400, 550, 700, 850 e 1000 mg /L de DQO. O experimento teve duração de 21 dias e os parâmetros avaliados foram: eficiência de remoção da carga poluente, produção de biomassa e teor protéico das plantas em tempos de retenção de 7, 14 e 21 dias. Os resultados mostram que a eficiência de remoção da DQO, Sólidos suspensos e Sólidos totais e de Ortofosfato foi maior em concentrações menores (400 e 550 mg/L de DQO), sendo que a massa eliminada foi maior na concentração de 1000 mg/L para os três parâmetros. A melhor eficiência de remoção e a maior quantidade de massa eliminada para os parâmetros amônia e ortofosfato ocorreu na concentração de 700 mg/L de DQO. A maior produção de biomassa aos 21 dias de retenção ocorreu na concentração de 700 mg/L de DQO. O teor protéico das plantas variou conforme o tempo de retenção e concentração do efluente. A concentração de 700 mg/L de DQO em um tempo de retenção de 14 dias apresentou os melhores resultados quando objetiva-se tratar o efluente e produzir biomassa. Na segunda fase, relativa à inclusão da *Lemna* sp. na dieta de tilápias foram utilizados três tratamentos (ração comercial; lemna seca; 50% ração+50% lemna seca) em triplicata, fornecidos a 9 grupos de 20 alevinos de tilápia ( $3,2 \pm 0,94g$ ) durante 50 dias. Cada grupo foi alocado em um tanque-rede de  $1m^3$  e alimentados duas vezes ao dia. Os resultados mostraram que os alevinos alimentados com ração e os alimentados com 50% lemna + 50% ração, não apresentaram diferença estatística no peso médio final ( $p < 0,05$ ), sendo 22,42 e 19,53, respectivamente. À medida em que a temperatura diminuiu, houve um aumento da conversão alimentar e diminuição do ganho em peso em todos os tratamentos, principalmente dos alevinos alimentados apenas com lemna seca. Considerando a composição corporal, os alevinos referentes aos três tratamentos apresentaram teores de matéria seca, cinzas e proteína similares, com exceção da gordura corporal. Os alevinos alimentados com lemna seca e 50% lemna + 50% ração não apresentaram diferença estatística para taxa de crescimento específico, sendo 3,02 e 3,30, respectivamente. Pode-se concluir através dos resultados obtidos que as macrófitas do gênero *Lemna* sp. proporcionaram resultados satisfatórios de ganho em peso e podem ser utilizadas na dieta de tilápias, em um nível de inclusão de até 50%, com a redução dos custos de produção em até 35%.

**Palavras-chave:** lemna, dejetos suíno, biomassa, produção de tilápias

## ABSTRACT

The present study aimed to contribute with the sustainability of the swine production in Santa Catarina (Brasil), using the duckweed *Lemna* sp. in the wastewater treatment and as an alternative dietary source for tilapia (*Oreochromis niloticus*) production. Therefore, two trials were carried out. In the first one, related to the wastewater treatment, the plants performance was evaluated regarding three aspects: Nutrients removal, biomass production and plant protein content. Five concentrations of pig waste were tested: 400, 550, 700, 850 e 1000 mg COD /L. The trial lasted for 21 days and the parameters evaluated were: removal of pollutants, biomass production and the plants protein content in different retention times: 7, 14 and 21 days. According to the results obtained, the best removal efficiency of COD, Suspended solids and Total Solids occurred in lower concentrations (400 and 550 mg COD/L). However the total eliminated mass for these three parameters was higher in the concentration of 1000 mg COD/L. The best removal efficiency and the highest eliminated mass occurred in a concentration of 700 mg COD/L. Considering the biomass, the maximum biomass production was obtained in a concentration of 700 mg COD/L ( $p < 0,05$ ). When the aim is to treat the effluent and produce biomass, the concentration of 700 mg COD/L in a retention time of 14 days presented the best results. In the second part of the experiment, relative to the inclusion of *Lemna* sp in tilapia culture, three diets were tested: ration; dried lemna and 50%ration + 50% dried lemna, with three repetitions. A group of 20 tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*) with average weigh of  $3,2 \pm 0,94g$  were stocked 9 net-cages ( $1 m^3$ ) and fed twice a day for 50 days. The results showed that the fingerlings final average weight fed with ration and 50% ration + 50% dried lemna did not presented statistical difference ( $p < 0,05$ ), being 22,42 e 19,53, respectively. As the temperature started to decrease, it was observed an increase in the feed conversion rates and and the gain weight was lower, mainly for the fingerlings fed with only dried lemna. The fingerlings fed with 50% ration + 50% dried lemna did not presented statistical difference ( $p < 0,05$ ), being 3,30 and 3,02, respectively. The body composition analysis showed similar results of dry matter, ash and protein content of the fingerlings from all treatments, except for the body lipid content. Considering the results obtaines in the present study, it can be concluded that the macrophyte *Lemna* sp. showed favorable results, and can be included up to 50% in tilapia diets, reducing the production costs up to 35%.

**Key words:** lemna, swine waste treatment, biomass, tilapia production

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. A suinocultura em Santa Catarina

O crescimento da suinocultura no Brasil e no mundo tem despertado grande preocupação no que diz respeito à poluição ambiental gerada por esta atividade. O controle ambiental na produção de carne suína, inserido no contexto atual da valorização da sustentabilidade, tem ligação com o ônus que o setor produtivo apresenta, em virtude do severo risco de degradação ambiental derivado do não tratamento dos dejetos suínos e de seu manejo inadequado (TAKITANE, 2001).

O Brasil possui o quarto plantel de suínos do mundo, com um efetivo de 34 milhões de cabeças (BELLI F<sup>o</sup> *et al.*, 2001). Segundo ROPPA (1999), a maior concentração de animais está localizada na região Sul (33%), seguido das regiões Nordeste (28%), Sudeste (18%), Norte (11%) e Centro-Oeste (10%). O Estado de Santa Catarina, maior produtor regional da América Latina, possui um plantel de 4,5 milhões de cabeças, gerando 10<sup>7</sup> m<sup>3</sup> de dejetos ao ano (BELLI F<sup>o</sup> *et al.*, 2001) e a produção diária do plantel de suínos da região Oeste catarinense corresponde a 30 mil toneladas de esterco que contém cerca de 10 kg de NPK (GUIVANT, 1998).

Recentemente, a atividade suinícola está sendo desenvolvida em maior intensidade, com tecnologia moderna e em caráter intensivo de produção (PEETZ *et al.*, 1996). A crescente adoção de sistemas confinados de produção e a inadequação no manejo e tratamento dos dejetos vêm gerando sérios problemas

relacionados à poluição dos sistemas aquáticos, rios e lagos. Em Santa Catarina, os produtores familiares são responsáveis por 90% da produção de suínos e estão situados geograficamente na região Oeste que ocupa  $\frac{1}{4}$  do território nacional, sendo responsável por 45,2% do abate inspecionado de suínos do Brasil (TESTA *et al.*, 1996). Em termos ambientais, a suinocultura é um setor com baixa qualidade ambiental, pois apenas 15 % das propriedades dispõem de alguma forma de manejo dos dejetos (BELLI F<sup>o</sup> *et al.*, 2001). Os principais impactos causados no ambiente são decorrentes do manejo impróprio dos dejetos que são gerados em altas quantidades, devido à alta concentração de granjas no local. Estes dejetos são normalmente lançados diretamente nos mananciais e distribuídos de forma incorreta no solo, como fertilizante, sendo que a escala máxima de produção deveria estar relacionada à capacidade de tratamento e aproveitamento de dejetos na própria unidade de produção (TAKITANE, 2001).

O lançamento de grandes quantidades de dejetos em rios e lagos pode levar a sérios desequilíbrios ecológicos e poluição em função da redução do teor de oxigênio dissolvido na água, devido à alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e carga orgânica interante (OLIVEIRA, 1993). Tradicionalmente, os dejetos são utilizados na agricultura como fertilizante, mas geralmente a área disponível não é suficiente para empregar o volume produzido pelas propriedades suinícolas (REYSSAC, 1998). SEGANFREDO (1999), alerta para a possibilidade de haver excesso de nutrientes no solo, trazendo prejuízos para o ambiente, quando se usa o solo para reciclar dejetos.

Sob o enfoque do atendimento à Legislação Ambiental vigente no Brasil e no Estado de Santa Catarina, há dois aspectos importantes que devem ser respeitados, com reflexos quanto à preservação e correção de problemas ambientais decorrentes da atividade de criação de suínos confinados. Quanto aos padrões de lançamento dos dejetos, de acordo com a Legislação Estadual, Decreto nº14.250, de 05.06.81- emissão de efluentes líquidos, devem ser atendidas algumas condições como: lançar o efluente com DBO de no máximo 60 mg/litro; Reduzir a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) em 80% (neste caso o valor de 60mg/litro pode ser ultrapassado); obedecer aos critérios e padrões de qualidade de água (EPAGRI, 1995).

Para BELLI F<sup>o</sup> *et al.* (2001), a sustentabilidade da suinocultura no Brasil passa pelo estabelecimento de estratégias que integrem os componentes: humano (formação de recursos humanos); técnico (desenvolvimento de metodologias e tecnologias) e de sensibilização (educação ambiental). Atualmente, pesquisas estão sendo elaboradas entre o Centro Nacional de Pesquisas de Suínos e Aves da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPQA/ EMBRAPA) e o Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) direcionadas à valorização e ao tratamento dos dejetos suínos, como: produção de suínos sobre camas biológicas para animais confinados, tratamento de dejetos de suínos em lagoas, tratamento de dejetos de suínos com reator anaeróbico de fluxo ascendente com manta de lodo (reator UASB) e sistema de armazenamento de dejetos.



## **1.2. A utilização de macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes**

Basicamente, as tecnologias que são empregadas no tratamento de dejetos de suínos, caracterizam-se por armazenamento temporário (esterqueiras e bioesterqueiras) seguido de aplicações no solo, ou por seqüência de lagoas que tendem a estabilizar o material carbonáceo e reduzir a colimetria (SEZERINO, 2002).

As lagoas de estabilização, tecnologia consolidada para o tratamento de efluentes (domésticos, industriais e agrícolas), quando aplicadas aos dejetos de suínos, geralmente necessitam de unidades preliminares capazes de reter e remover sólidos grosseiros, bem como equalizar o fluxo de dejetos afluente (SEZERINO, 2002). As lagoas podem ser classificadas em três categorias, de acordo com a atividade metabólica predominante na degradação da matéria orgânica: anaeróbias, facultativas e de maturação, com variantes segundo a intensificação do processo, como por exemplo, lagoas com macrófitas, lagoas aeradas, lagoas de alta taxa de degradação, etc. A utilização de lagoas no tratamento de dejetos é extremamente simples e o custo operacional é baixo. Além disso, são indicadas para condições brasileiras, devido ao clima favorável e disponibilidade de área (BAVARESCO, 1998).

Apesar da boa qualidade microbiológica do efluente das lagoas de estabilização, estas não são tão efetivas na remoção de nutrientes como N, P e sólidos suspensos. O lançamento de grandes quantidades de nutrientes no ambiente, notadamente N e P, pode causar sérios desequilíbrios ecológicos, como a eutrofização dos corpos d'água receptores.

O pós-tratamento de efluentes de lagoas de estabilização visa melhorar a qualidade do efluente, reduzindo a quantidade de sólidos em suspensão (algas) presente no mesmo. Os processos mais utilizados no pós-tratamento são: filtros de areia intermitentes, filtros de pedra, micropeneiras, processos de coagulação e clarificação, flotação (EPA, 1983) e processos mais modernos, como biofiltros aerados (OLIVEIRA e GONÇALVES, 1995). RODRIGUES (2000) utilizou a microalga *Chlorella minutíssima* no tratamento de dejetos suínos, obtendo uma significativa redução dos agentes poluidores. A inclusão de qualquer um destes processos implica na elevação dos custos e na complexidade do tratamento.

Uma possível solução para a redução dessas despesas seria a utilização de subprodutos originários do próprio tratamento como fonte de renda. Tais subprodutos como o gás metano e a fração sólida do efluente podem ser utilizados para a produção de energia e adubação, possuindo valor econômico que pode tornar o processo rentável (WOLVERTON e MCDONALD, 1980).

Uma alternativa viável e capaz de gerar uma fonte de renda adicional para os suinocultores, seria a utilização de macrófitas aquáticas no tratamento dos efluentes. O uso de macrófitas aquáticas na remoção de nutrientes de esgotos domésticos, efluentes de suinocultura e industriais tem sido proposto por BOYD (1990), BAVARESCO (1998), FRANKEMBACH e MEYER (1999), SOTO (1999), DECAMP e WARREN (2000), AYAZ e AKCA (2001), COLEMAN (2001) e MOHEDANO (2004).

O tratamento de efluentes baseado na utilização de macrófitas aquáticas pode ser classificado em: submerso, enraizado, flutuante e integrado. As

diferenças entre os grupos baseiam-se na localização das plantas no corpo d' água. As macrófitas flutuantes pertencem a um grupo de plantas que não são fixas ao substrato, possuem folhas aéreas e flutuantes. As espécies mais promissoras para o tratamento de efluentes são: *Eichornia crassipes*, “o aguapé”, (TRIPATHI e SHUKLA, 1991, BAVARESCO, 1998); *Azolla filiculoides* “samabaia d' água” (FORNI, 2001) e algumas espécies do gênero *Lemna* spp ou “duckweeds” (DEBUSK e REEDY, 1987; AGENDIA *et al.*, 1998; KORNER e VERMAAT, 1998)

As espécies como o aguapé e as plantas da família *Lemnaceae* ou “duckweeds” têm atraído atenção global nos últimos anos (REED *et al.*, 1995; GIJZEN e KHONDKER, 1997; VAN DER STEEN *et al.*, 1999; VERMATT e HANIF, 1998). Estas plantas podem ser utilizadas no pós-tratamento de efluentes de lagoas de estabilização, sendo capazes de retirar nutrientes da água com grande eficiência e reduzir a quantidade de sólidos em suspensão (CAICEDO *et al.*, 2000).

A utilização de lagoas com aguapés tem sido objeto de grande polêmica. Estas macrófitas demonstram grande habilidade na diminuição da DBO, material em suspensão e nitrogênio (ORTH e SAPKOTA, 1988). Entretanto, a remoção do fósforo é proporcional à necessidade das plantas que geralmente não excede 65% da quantidade presente no efluente (HAUSSER, 1984). A remoção dos nutrientes diminui em temperaturas baixas, as plantas produzem grande quantidade de biomassa (30g/m<sup>2</sup> de matéria seca ao dia), apresentam baixo valor nutricional, baixa digestibilidade, alto custo na coleta e alto grau de evaporação (BENTON *et al.*, 1978).

Em comparação com o aguapé, as plantas da família *Lemnaceae* desempenham um papel indireto no tratamento de efluentes, por não possuírem um extenso sistema de absorção, o que proporciona menor superfície de contato para a fixação e crescimento de bactérias. Por esta razão, as lemnáceas são mais utilizadas para o tratamento terciário de efluentes, podendo também ser utilizadas no tratamento secundário (NGO, 1987).

Os vegetais da família *Lemnaceae* apresentam as maiores taxas de crescimento entre as plantas vasculares (JOURNEY *et al.*, 1993), sendo que freqüentemente dobram sua biomassa em dois ou três dias (REJMÁNKOVÁ, 1971; SAID *et al.*, 1979), dependendo da disponibilidade de nutrientes, temperatura e luminosidade. As taxas de crescimento são levemente diminuídas no inverno (Junho a Agosto) e no verão (Dezembro a Fevereiro), mas geralmente são altas, atingindo 0,10 a 0,35 g/dia (PORATH e POLLOCK, 1982).

A biomassa produzida possui alto valor protéico (30-49%-MS) (ORON *et al.*, 1984) e baixa quantidade de fibras (MBAGWU e ADENIJI, 1988; HAMMOUDA *et al.*, 1995). Pode ser utilizada como rica fonte de alimento para peixes e outros animais (SKILICORN *et al.*, 1993), na produção de biogás e fertilizantes (TRIPATHI e SHUKLA, 1991). Além disso, o efluente gerado é adequado para irrigação (ORON *et al.*, 1987; SO, 1987).

Em climas temperados, a utilização de lemnáceas no tratamento secundário de efluentes demonstrou altas taxas de remoção de DBO e sólidos suspensos (BONOMO *et al.*, 1997). A densa manta de lemnas inibe a atividade fotossintética realizadas por organismos fitoplanctônicos devido à baixa penetração de luz, o

que impede o crescimento e proliferação de algas (HAMMOUDA *et al.*, 1995; VAN DER STEEN *et al.*, 1999).

As macrófitas da família *Lemnaceae* possuem uma grande habilidade na assimilação de nutrientes e na disponibilização de condições favoráveis para a decomposição biológica da matéria orgânica (BRIX e SHIERUP, 1989). Os poluentes são removidos por uma complexa variedade de processos físicos, químicos e biológicos, onde as macrófitas ocupam papel de extrema importância. Entretanto, a remoção dos nutrientes somente pelas plantas não pode ser considerada isoladamente. Existem outros mecanismos envolvidos neste processo como atividade bacteriana e processos físico-químicos que incluem sedimentação, absorção e precipitação. As macrófitas fornecem superfície e substrato para crescimento bacteriano e alteram o ambiente físico-químico da água e da rizosfera. Além disso, têm apresentado excelentes resultados na redução dos níveis de poluentes ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^-$ , DBO, DQO, SS, coliformes e metais pesados) em corpos d'água (GODFREY *et al.*, 1985).

### **1.2.1. Remoção de N e P**

COSTA (1997), salienta que na maioria das instalações de suinocultura da região Oeste catarinense onde há tratamento de dejetos, ocorre uma boa redução da carga orgânica (DBO), mas a remoção de N e P não é eficiente.

O lançamento de grandes quantidades de nitrogênio no ambiente causa sérios problemas relacionados à poluição dos corpos d'água adjacentes, sendo que o nitrogênio e o fósforo são os maiores responsáveis pela eutrofização dos

mesmos (ELSER *et al.*, 1990; HORNE e GOLDMAN, 1994). Além disso, a amônia é tóxica para organismos aquáticos, especialmente para peixes, em concentrações acima de 0,5 mg/l (BARNES e BLISS, 1983). O nitrogênio de águas residuais deveria ser considerado como uma fonte de nutrientes ao invés de uma fonte poluidora. Portanto, o tratamento de águas residuais deve ser feito com base na efetiva reutilização de nutrientes (GIJZEN e MULDER, 2001).

Lagoas de estabilização são considerados sistemas de baixo custo, demonstrando boa remoção de patógenos e poluentes orgânicos. Entretanto, lagoas de estabilização convencionais não otimizam a utilização (reutilização) de nutrientes. Sistemas de tratamento com plantas da família *Lemnaceae* podem ser uma alternativa no tratamento secundário de efluentes, pois levam em conta a remoção e reutilização de nutrientes (ALAERTS *et al.*, 1996)

Os principais mecanismos de remoção de nitrogênio em lagoas de estabilização convencionais são: volatilização da amônia, assimilação da amônia pelas algas, assimilação dos nitratos pelas algas, nitrificação-desnitrificação e sedimentação do nitrogênio orgânico particulado (ARCEIVALA, 1981; EPA, 1983; SOARES *et al.*, 1995). Em sistemas de tratamento com lemnáceas, a remoção do nitrogênio ocorre pela absorção direta da planta (até 50%), pela ação de microrganismos fixados nas raízes e pela volatilização da amônia (KÖRNER e VERMAAT, 1998).

O nitrogênio presente no efluente em condições anaeróbicas encontra-se principalmente na forma de amônia ( $\text{NH}_4^+$ ). Esta é uma vantagem, pois as

lemnáceas têm preferência pela absorção de amônia, mesmo na presença de outras formas de nitrogênio (PORATH e POLLOCK, 1982). Entretanto, os íons amônio em altas concentrações podem inibir o crescimento destas macrófitas (ORON, 1984). A inibição do crescimento pela amônia total ( $\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$ ) tem sido mais atribuída à forma  $\text{NH}_3$  do que  $\text{NH}_4^+$  (VINES e HANIF, 1960; WARREN, 1962). O pH do meio determina a proporção entre as duas formas de amônia e, conseqüentemente, a concentração de  $\text{NH}_3$ . A forma não ionizada da amônia  $\text{NH}_3$  é lipossolúvel e penetra facilmente nas células das plantas através das membranas, prejudicando drasticamente seu metabolismo. Estudos realizados por CAICEDO *et al.* (2000), demonstraram que valores de pH devem permanecer abaixo de 8 e a concentração total de amônia não deve exceder 50 mg/l para que não haja uma inibição do crescimento da lemnáceas.

Em um experimento realizado por ALAERTS *et al.* (1996), utilizando lemnáceas no tratamento de efluente doméstico, constatou-se uma redução de 60-80% no nitrogênio total do efluente em um período de 20 dias. KÖRNER *et al.* (1998), afirmam que as taxas de remoção de N total variaram entre 73 e 97% em 3 dias, dependendo da concentração inicial do efluente. KÖRNER e VERMAAT (1998), em experimentos com efluente doméstico demonstraram que as mesmas plantas foram responsáveis por 76 a 82% da remoção do nitrogênio total presente no efluente.

Em sistemas de tratamento com as plantas da família *Lemnaceae*, o fósforo é normalmente removido pelos seguintes mecanismos: assimilação pelas plantas, absorção de partículas de argila e matéria orgânica, precipitação química com

$\text{Ca}^{2-}$ ,  $\text{Fe}^{3-}$  e  $\text{Al}^{3-}$  e assimilação pelas bactérias. Com exceção da assimilação pelas plantas, os últimos três mecanismos causam um acúmulo de P no sistema devido à ausência de componentes voláteis como o  $\text{N}_2$  ou  $\text{NH}_3$  no caso do nitrogênio. A remoção do fósforo do sistema somente é possível através da coleta das plantas da superfície ou dragagem do solo (IQBAL, 1999).

A capacidade de absorção de P pelas plantas depende da taxa de crescimento, frequência de coleta e disponibilidade de ortofosfato na água (forma assimilável de P pelas plantas). Quando a temperatura é mais alta, a taxa de crescimento e a remoção de P são maiores. Um adequado pré-tratamento do efluente para a disponibilização do ortofosfato aumenta a assimilação pelas plantas.

KÖRNER e VERMAAT (1998) em experimento com efluente doméstico, afirmam que as lemnáceas foram responsáveis por 63-83% da remoção do fósforo total e o restante foi absorvido pelas bactérias presentes na coluna d'água e no sedimento.

### **1.2.2. Redução da DQO (Demanda Química de Oxigênio) e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio)**

A remoção da DBO por processos aeróbicos depende do suprimento de  $\text{O}_2$  e superfície disponível para a fixação de bactérias. As plantas da família *Lemnaceae* possuem pequena superfície para tal fixação quando comparadas a outras macrófitas com maior sistema radicular e estrutura foliar (ZIRSCHKY e



REED, 1988). De acordo com ZIRSCHKY e REED (1988) a remoção da DBO diminui em lagoas cobertas por lemnas devido a baixa quantidade de oxigênio transferida para a água. Alguns autores como ALAERTS *et al.* (1996) desenvolveram experimentos em lagoas dominadas por estas macrófitas e constataram que a coluna d'água permaneceu aeróbia durante todo o período experimental. Este fato sugere que condições aeróbias ocorrem na camada superior dessas lagoas (rizosfera) devido à atividade fotossintética e aeração superficial.

De acordo com REED *et al.*(1988) dependendo da carga orgânica, profundidade, tempo de detenção e potencial redox, uma lagoa coberta por lemnas pode tornar-se anóxica ou anaeróbica. Neste caso, os principais fatores responsáveis pela remoção da DBO são similares aqueles que ocorrem em zonas anaeróbicas de lagoas facultativas. AWUAH (2001) em experimentos com efluente doméstico, demonstrou a redução de DBO de 130 mg/l para 7,5 mg/l em 29 dias, apenas com o uso de *Lemna paucicostata*. Segundo NGO (1987), o tempo de detenção (que a água permanece no sistema) em sistemas de tratamento com lemnáceas está diretamente relacionado com a qualidade e concentração do efluente, taxa de coleta e clima, girando em torno de 30 dias

Considerando a DQO, ORON *et al.*(1988) observaram que a remoção deste parâmetro aumenta com a diminuição da profundidade de 30 para 20cm. Entretanto, VROON e WELLER (1995) não relataram diferença na redução na DQO em profundidades de 15 a 60 cm. Segundo KORNER *et al.*(1998), em um tempo de retenção de três dias, a remoção da DQO com as lemnas foi de 74 a

78% e de 52 a 60% no tratamento controle, demonstrando que a degradação da matéria orgânica foi melhor na presença das mesmas. Outro trabalho realizado por ORON *et al.*(1987), utilizando *Lemna gibba* no tratamento de esgoto bruto (DQO de 500 a 750mg/l) em tanques de 20 cm de profundidade, demonstrou uma taxa de remoção de 66,5% em 5 dias e de 73,4% em 10 dias. MANDI (1994) encontrou valores de remoção de 72,1% em 7 dias em esgoto doméstico (DQO de 444 mg/L). ALAERTS *et al.* (1996) obtiveram valores superiores na remoção de DQO (89 a 90%) em um maior tempo de retenção (20,4 dias).

### **1.3. Descrição das Lemnáceas**

As plantas da família *Lemnaceae* são consideradas as menores plantas vasculares do mundo. São conhecidas como “duckweeds” (erva-de-pato), “lentilhas d’água” ou somente “lemnas”. Possuem hábito aquático, são cosmopolitas e geralmente encontradas na superfície de águas paradas e ricas em nutrientes. Suportam salinidade de até 4 g/l e são encontradas em lugares protegidos de ventos fortes e turbulência. São monocotiledôneas classificadas como plantas superiores, ou macrófitas, sendo freqüentemente confundidas com algas (JOURNEY *et al.*, 1993). A família *Lemnaceae* constitui-se de cinco gêneros: *Lemna*, *Wolffia*, *Landoltia*, *Spirodela* e *Wolffiella* (LANDOLT e KANDELER, 1987). Em comparação com a maioria das plantas, as lemnáceas possuem pouca fibra, pois não necessitam de um tecido estrutural para suportar folhas e galhos, tornando-as atrativas fontes de alimento quando comparadas a outras culturas

como a soja, o arroz e o milho, onde a maior parte da biomassa é desprezada no beneficiamento. Adaptam-se às mais variadas condições climáticas e podem ser encontradas mundialmente, menos em regiões desérticas e polares. Geralmente, são encontradas em climas moderados em regiões tropicais e temperadas. Muitas espécies sobrevivem a temperaturas extremas, mas crescem com mais rapidez em climas amenos e ensolarados. São espalhadas por enchentes e pássaros aquáticos.

Nestas macrófitas, os nutrientes são diretamente absorvidos do efluente por cada fronde e não “via central” como outras em plantas superiores. Elas são capazes de assimilar diretamente moléculas orgânicas como carboidratos e aminoácidos (PORATH e POLLOCK, 1982) e demonstram preferência pela absorção de amônia, mesmo na presença de nitrato. Este fator é de grande importância para a formação de aminoácidos e proteínas, reduzindo assim a energia utilizada no processo de assimilação. As plantas absorvem o nitrogênio e o convertem em biomassa rica em proteína.

A reprodução das lemnáceas é basicamente vegetativa. Uma planta dá origem a outra, sendo que este processo pode ocorrer cerca de vinte vezes em um período que varia de 10 dias a algumas semanas, resultando em um crescimento exponencial. Após este período, as plantas entram no período de senescência. Entretanto, a falta de manejo pode reduzir o crescimento das plantas devido a alguns fatores como a alta densidade, falta de nutrientes, extremos valores de pH e competição com outras plantas por luz e nutrientes. A remoção periódica da biomassa excedente e o manejo adequado dos nutrientes presentes na água garantem a otimização das taxas de reprodução (CULLEY *et al.*, 1980).



Figura 1. Imagens de lemnáceas

#### 1.4. Produção de Biomassa e Valor Nutricional das Lemnáceas

Dentro da família *Lemnaceae*, as espécies que podem se desenvolver em águas residuais e apresentam maiores níveis de proteína são: *Lemna*, *Spirodella* e *Landoltia* (SKILICORN *et al.*, 1993).

A quantidade de proteína presente nas lemnáceas é diretamente relacionada às condições de cultivo. Quando cultivadas em meios ricos em nutriente, podem apresentar níveis de proteína variando de 30 a 40% e de fibra 5 a 15% (GIJZEN e KHONDKER, 1997). Segundo JOURNEY *et al.*(1993), lemnáceas cultivadas em águas pobres em nutrientes podem apresentar níveis de proteína que variam de 15 a 25% e níveis de fibra que variam de 15 a 30%.

Dentre os aminoácidos essenciais, leucina, arginina e valina são os mais abundantes nas plantas da família *Lemnaceae*, enquanto que metionina, cistina e triptofano encontram-se em menores quantidades. Considerando que são compostos de origem vegetal, as lemnáceas apresentam altas concentrações de lisina e metionina, assemelhando-se a compostos de origem animal. Segundo MBAGWU e ADENIJI (1988), o balanço de aminoácidos dessas plantas pode ser comparado com o da soja e da farinha de amendoim. De acordo com a literatura, a concentração de lipídeos varia de 1,8 a 9,2%, dependendo das condições de cultivo (LANDESMAN *et al.*, 2002). Com relação a minerais e pigmentos, as duckweeds apresentam altas concentrações de beta caroteno e xantofila, tornando-as muito atrativas na nutrição de aves e outros animais. Outros componentes importantes como minerais e vitaminas são encontrados nas plantas da família *Lemnaceae*. LANDOLT e KANDELER (1987) relataram que as duckweeds possuem 40 diferentes minerais e 6 vitaminas. KHAN *et al.* (2002)

relataram quantidades elevadas de Ca, P, Na, K, Fe, Mn, Mg, Cu e Zn nos tecidos dessas plantas.

A produtividade das lemnáceas pode variar de 10 a 30 ton /ha/ano na matéria seca. Essas grandes variações devem-se a alguns fatores como a espécie, condições climáticas, dimensão da superfície de cultivo, disponibilidade de nutrientes e manejo. Assumindo uma produtividade anual média de 17,6 ton/ha/ano com um nível protéico de 37% na matéria seca, a produção de proteína por hectare das duckweeds é mais alta do que a maioria dos vegetais cultiváveis e cerca de 10 vezes a da soja (IQBAL, 1999).

### **1.5. As tilápias e seu cultivo no Brasil**

De acordo com LOVSHIN (1997), a distribuição de tilápias pelo mundo começou com o intuito da criação de peixes para subsistência em países em desenvolvimento. No final dos anos 70, a espécie *Oreochromis niloticus* demonstrou alto potencial para a aquicultura em vários sistemas de criação. Originária da Costa do Marfim no Oeste africano, a espécie *O. niloticus* foi introduzida no nordeste do Brasil em 1971 e, então distribuída pelo país. O interesse pelo cultivo desta espécie no Sul e Sudoeste do país cresceu rapidamente nos últimos anos devido à introdução da tecnologia de reversão sexual e à pesca-esportiva, representada pelos pesque-pagues. A tilápia é criada em diversos sistemas de produção, desde a cultura semi-intensiva em tanques adubados até sistemas intensivos como “raceways” e tanques-rede.

A tilápia do Nilo (*O. niloticus*) destaca-se como peixe potencial para a aquicultura, visto a sua rusticidade, crescimento rápido e adaptação ao

confinamento (HAYASHI, 1995). Possui hábito onívoro, alimentando-se de plânctons e detritos, e adapta-se facilmente a rações comerciais. De acordo com KUBITZA (2000) a tilápia do Nilo aproveita de forma eficiente o fito e o zooplâncton resultante da adubação dos viveiros com fertilizantes orgânicos e inorgânicos. Além disso, o sabor e a coloração clara de sua carne, conferem à tilápia grande apreciação no mercado consumidor (LOVSHIN, 1997).

Atualmente, o Brasil produz mais de 100.000 toneladas de pescado cultivado, sendo que 50% desta produção é representada pelo cultivo de tilápias (KUBITZA, 2003). Um grande problema que os produtores de tilápia enfrentam atualmente relaciona-se ao alto custo de sua produção. Segundo KUBITZA (2000) os alimentos podem compor 40 a 70% do custo de produção de tilápias, dependendo do sistema de cultivo empregado, da escala de produção, da produtividade alcançada, dos preços dos outros insumos de produção, dentre outros fatores. EL-SAYED (1999) relata que na aquicultura, a fonte de proteína tradicionalmente utilizada é a farinha de peixe, por apresentar bom balanceamento de aminoácidos e alto nível protéico. TACON (1993) afirma que a farinha de peixe é o ingrediente utilizado nas rações que apresenta maior custo, comprometendo o preço das rações. Dessa maneira, faz-se necessária a busca por fontes alternativas de proteína na alimentação de peixes, para a redução dos custos de produção, garantindo maiores lucros para os produtores. Neste contexto, estudos relacionados à utilização de plantas aquáticas na dieta de tilápias estão sendo realizados.

### **1.6. Utilização de lemnáceas como alimento em cultivo de peixes.**

De acordo com IQBAL (1999), a utilização de lemnáceas na alimentação de peixes é a forma mais comum e difundida de aplicação da biomassa produzida. Podem ser fornecidas em sua forma fresca, como único alimento, ou em combinação com outras fontes de alimento em policultivos de carpas e tilápias. Especialmente peixes herbívoros e onívoros como carpas (*Ctenopharyngodon idella* e *Puntius gonionotus*) e tilápias (*Oreochromis sp.*) podem ser cultivados com lemnáceas. Entretanto, alguns fatores como a densidade de cultivo, alimento utilizado, adubação do viveiro e níveis de oxigênio dissolvido devem ser mantidos para a obtenção de índices satisfatórios de produção. A adubação, em particular, é um fator de extrema importância quando os peixes são alimentados apenas com lemnas, pois estes utilizam o alimento natural (zooplâncton e fitoplâncton) presente no viveiro para suprir suas exigências nutricionais. Neste aspecto, em um experimento realizado por HASAN e EDWARDS (1992) foi observada uma diminuição na concentração de lipídeos na carcaça de tilápias alimentadas apenas com lemnáceas, atribuída à baixa concentração deste nutriente na composição das plantas (3 a 5% na matéria seca).

As lemnáceas de menor tamanho como *Wolffia*, *Wolffiella* e *Lemna* podem ser utilizadas na alimentação de alevinos e larvas de peixes. Na China, por exemplo, *Wolffia* e *Lemna* cultivadas em águas residuais são principalmente utilizadas na alimentação de alevinos de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) (EDWARDS, 1990). Em Bangladesh, lemnáceas vêm sendo utilizadas como fonte única de alimento em policultivo de carpas chinesas e indianas (SKILICORN *et al.*, 1993). Por esta razão, têm grande importância em países onde as fontes



protéicas, como o farelo de soja, são escassos e caros. Além disso, podem contribuir com a sustentabilidade do sistema, tratando o efluente e servindo como fonte de alimento.

A farinha das lemnáceas tem sido utilizada na alimentação de gado, frangos, suínos, peixes e lagostim com resultados favoráveis (SKILICORN *et al.*, 1993). Quando seca, não é necessário nenhum outro tipo de tratamento ou processamento, podendo ser peletizada sem a necessidade de agentes aglutinantes.

FASAKIN *et al.* (1999) testaram cinco níveis de substituição (5%, 10%, 20%, 30% e 100%) de farinha de peixe pela farinha de *Spirodela polirhisa* em dietas para alevinos de tilápia do Nilo, concluindo que o nível de 30% de substituição demonstrou o melhor custo-benefício, em termos de ganho em peso dos peixes. HASAN e EDWARDS (1992) compararam o valor nutricional das lemnáceas *Lemna perpusilla* e *Spirodella polyrriza* na sua forma fresca para tilápias e constataram que a *Lemna perpusilla* proporcionou melhor ganho em peso e eficiência alimentar, sendo que a melhor taxa de alimentação foi de 3 a 5% na matéria seca da biomassa corporal. MOHEDANO (2004) não constatou diferença significativa entre o peso médio de alevinos de tilápia alimentados com uma ração com 100% de substituição de farinha de peixe por farinha de lemna, obtendo 30% de redução nos custos com alimentação.

Além de possuírem alto valor nutricional, as plantas da família *Lemnaceae* apresentam bons índices de digestibilidade. HOSSAIN (2004) estudaram a digestibilidade aparente de proteínas da lemna para o bagre africano (*Clarias gariepinus*) e para a carpa indiana (*Labeo rohita*), entre outros ingredientes. Os resultados foram de 64% e 67%, respectivamente, demonstrando que a lemna

pode ser considerada uma fonte alternativa de alimento para ser utilizada na dieta de ambas as espécies. GAIGHER *et al.* (1984) compararam o ganho de peso e conversão alimentar de tilápias híbridas (*O. niloticus* x *O. aureus*), cultivadas em sistema intensivo, quando alimentadas com 50% lemna fresca e 50% dieta comercial e somente lemna fresca. Os peixes apresentaram maior ganho em peso quando alimentados com a combinação de lemna e dieta comercial.

### **1.7. Plano de trabalho**

O presente trabalho foi dividido em duas etapas: Tratamento de efluentes de suinocultura e utilização de lemnáceas como fonte de alimento para tilápias. A primeira etapa teve como objetivo avaliar a eficiência da *Lemna* sp. no tratamento de efluentes de suinocultura, com relação à biomassa produzida, remoção de agentes poluidores e teor protéico das plantas em diferentes concentrações de dejetos e tempo de detenção;

O trabalho fez parte do projeto “Validação de tecnologias para o manejo, tratamento e valorização dos dejetos suínos em Santa Catarina – pequenas e médias produções”, realizado pelo departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina em parceria com a EMBRAPA/CNPQ e UNOESC. O projeto foi financiado pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia).

A segunda etapa objetivou avaliar o desempenho de alevinos de tilápia nilótica, em termos de ganho em peso e conversão alimentar, alimentados com lemnáceas na sua forma seca em tanques-rede.

Os dois capítulos seguintes constituem-se em dois artigos científicos, redigidos segundo às normas das revistas científicas Revista Brasileira de

Engenharia Agrícola e Ambiental e Journal of Applied Aquaculture, para os quais serão submetidos à publicação.

## TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE SUINOCULTURA COM A MACRÓFITA *Lemna* sp.

Flávia de Almeida Tavares<sup>1</sup>, João Bosco Rozas Rodrigues<sup>1</sup>, Paulo Belli Filho<sup>2</sup>

- 1- Departamento de Aqüicultura – Universidade Federal de Santa Catarina, Rodovia SC 404 – Km 3 – Itacorubi – Florianópolis, SC - CEP 88040-900 CX POSTAL 476 – UFSC- CCA
- 2- Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina Campus Universitário – Trindade – Florianópolis, SC – 88010-970 CX POSTAL 476

### RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo contribuir com a sustentabilidade da suinocultura, utilizando macrófitas aquáticas do gênero *Lemna* sp no tratamento de efluentes. Cinco concentrações de dejetos foram testadas: 400, 550, 700, 850 e 1000 mg /L de DQO. O experimento teve duração de 21 dias e os parâmetros avaliados foram: eficiência de remoção da carga poluente, produção de biomassa e teor protéico das plantas em tempos de retenção de 7, 14 e 21 dias. Os resultados mostram que a eficiência de remoção da DQO, Sólidos suspensos e Sólidos totais e de Ortofosfato foi maior em concentrações menores (400 e 550 mg/L de DQO), sendo que a massa eliminada foi maior na concentração de 1000 mg/L para os três parâmetros. A melhor eficiência de remoção e a maior quantidade de massa eliminada para os parâmetros amônia e ortofosfato ocorreu na concentração de 700 mg/L de DQO. A maior produção de biomassa aos 21 dias de retenção ocorreu na concentração de 700 mg/L de DQO. O teor protéico das plantas variou conforme o tempo de retenção e concentração do efluente. A concentração de 700 mg/L de DQO em um tempo de retenção de 14 dias apresentou os melhores resultados quando objetiva-se tratar o efluente e produzir biomassa.

**Palavras chave:** Lemna, tratamento de efluentes, dejetos suínos, biomassa

## ABSTRACT

### SWINE WASTE TREATMENT USING THE MACROPHYTE *Lemna* sp.

The present study aimed to contribute with the sustainability of the swine production, using the macrophyte *Lemna* sp. in the wastewater treatment. Five concentrations of pig waste were tested: 400, 550, 700, 850 e 1000 mg COD /L. The trial lasted for 21 days and the parameters evaluated were: removal of pollutants, biomass production and the plants protein content in different retention times: 7, 14 and 21 days. According to the results obtained, the best removal efficiency of COD, Suspended solids and Total Solids occurred in lower concentrations (400 and 550 mg COD/L). However the total eliminated mass for these three parameters was higher in the concentration of 1000 mg COD/L. The best removal efficiency and the highest eliminated mass occurred in a concentration of 700 mg COD/L. Considering the biomass, the maximum biomass production was obtained in a concentration of 700 mg COD/L ( $p < 0,05$ ). When the aim is to treat the effluent and produce biomass, the concentration of 700 mg COD/L in a retention time of 14 days presented the best results.

**Key words:** lemna, swine waste treatment, biomass, effluent

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento da suinocultura no Brasil e no mundo tem despertado grande preocupação no que diz respeito à poluição ambiental gerada por esta atividade. O Brasil possui o quarto plantel de suínos do mundo, com um efetivo de 34 milhões de cabeças, sendo que 4,5 milhões estão localizadas no Estado de Santa Catarina, maior produtor regional da América Latina. A produção no Estado é distribuída basicamente em pequenas e médias propriedades, gerando  $10^7$  m<sup>3</sup> de dejetos ao ano. Em termos ambientais, a suinocultura é um setor com baixa qualidade ambiental, pois apenas 15 % das propriedades dispõem de alguma forma de manejo dos dejetos (BELLI F<sup>o</sup> *et al.*, 2001).

Tradicionalmente, os dejetos são utilizados na agricultura como fertilizante, no entanto, a área disponível para a sua aplicação no solo para fins de fertilização agrícola não é suficiente.(REYSSAC, 1998). Além disso, SEGANFREDO (1999), alerta para a possibilidade de haver excesso de nutrientes no solo, trazendo prejuízos para o ambiente, quando o dejetos é aplicado em cargas superiores à capacidade de suporte.

Basicamente, as tecnologias que são empregadas no tratamento de dejetos de suínos, caracterizam-se por armazenamento temporário (esterqueiras e bioesterqueiras) seguido de aplicações no solo, ou por sequência de lagoas que tendem a estabilizar o material carbonáceo e reduzir a colimetria (SEZERINO, 2002).

A utilização de lagoas no tratamento de dejetos é extremamente simples e o custo operacional é baixo. Além disso, são indicadas para condições brasileiras, devido ao clima favorável e disponibilidade de área (BAVARESCO, 1998).

Apesar da boa qualidade microbiológica do efluente das lagoas de estabilização, estas não são efetivas na remoção de nutrientes como N, P e sólidos suspensos. O lançamento de grandes quantidades de nutrientes no ambiente, notadamente N e P, pode causar sérios desequilíbrios ecológicos, como a eutrofização dos corpos d'água receptores.

O pós-tratamento de efluentes de lagoas de estabilização visa melhorar a qualidade do efluente, reduzindo a quantidade de sólidos em suspensão (algas) e nutrientes presentes no mesmo, implicando na elevação dos custos e na complexidade do tratamento. Uma possível solução para a redução dessas despesas seria a utilização de subprodutos originários do próprio tratamento como fonte de renda.

Uma alternativa viável e capaz de gerar uma fonte de renda adicional para os suinocultores, seria a utilização de macrófitas aquáticas no tratamento dos efluentes. O uso de macrófitas aquáticas na remoção de nutrientes de esgoto sanitário, efluentes líquidos de suinocultura e industriais tem sido proposto por BOYD (1990), BAVARESCO (1998), FRANKEMBACH e MEYER (1999), SOTO (1999), DECAMP e WARREN (2000), AYZAZ e AKCA (2001), COLEMAN (2001) e MOHEDANO (2004).

As macrófitas aquáticas da família *Lemnaceae* apresentam as maiores taxas de crescimento entre as plantas vasculares (JOURNEY *et al.*, 1993), sendo

que freqüentemente dobram sua biomassa em dois ou três dias (REJMÁNKOVÁ, 1971; SAID *et al.*, 1979), dependendo da disponibilidade de nutrientes, temperatura e luminosidade.

A biomassa produzida possui alto valor protéico (30-49%-MS) (ORON *et al.*, 1984) e baixa quantidade de fibras (MBAGWU e ADENIJI, 1988; HAMMOUDA *et al.*, 1995). Pode ser utilizada como rica fonte de alimento para peixes e outros animais (SKILICORN *et al.*, 1993), na produção de biogás e fertilizantes (TRIPATHI e SHUKLA, 1990). Além disso, o efluente gerado é adequado para irrigação (ORON *et al.*, 1987; SO, 1987).

As lemnáceas podem ser utilizadas no polimento de efluentes de lagoas de estabilização, sendo geralmente empregadas no tratamento secundário e terciário. Segundo GODFREY *et al.*(1985), as plantas da família *Lemnaceae* apresentam excelentes resultados na redução dos níveis de poluentes ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^-$ , DBO, DQO, SS, coliformes e metais pesados) em corpos d'água .

As lemnáceas também atuam na remoção de sólidos suspensos, impedindo o crescimento e proliferação de algas, formando uma manta na superfície da água que impede a entrada de luz no sistema (HAMMOUDA *et al.*, 1995; VAN DER STEEN *et al.*, 1999). Além disso, disponibilizam condições favoráveis para a decomposição biológica da matéria orgânica, fornecendo superfície e substrato para o crescimento bacteriano (BRIX e SHIERUP, 1989).



Atualmente, pesquisas estão sendo elaboradas entre o Centro Nacional de Pesquisas de Suínos e Aves da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPQA/ EMBRAPA) e o Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) direcionadas à valorização e ao tratamento dos dejetos suínos, como: produção de suínos sobre camas biológicas para animais confinados, tratamento de dejetos de suínos em lagoas, tratamento de dejetos de suínos com reator anaeróbico de fluxo ascendente com manta de lodo (reator UASB) e sistema de armazenamento de dejetos.

O presente trabalho fez parte do projeto “Validação de tecnologias para o manejo, tratamento e valorização dos dejetos suínos em Santa Catarina – pequenas e médias produções”, realizado pelo departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina em parceria com a EMBRAPA/CNPQA e UNOESC. O projeto foi financiado pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia). O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência das plantas da família *Lemnaceae* na remoção da carga poluente, produção de biomassa e teor protéico das plantas em diferentes concentrações de dejetos suínos e tempos de detenção.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Delineamento experimental**

Com o intuito de se observar o desempenho da *Lemna* sp na remoção da carga poluidora, produção de biomassa e seu teor protéico sob diferentes concentrações de dejetos suínos, foram utilizados cinco tratamentos: 400; 550; 700; 850

e 1000 mg DQO/L, com cargas aplicadas de 20; 27,5; 35; 42,5 e 50 g de DQO. O experimento constou de três repetições, em um delineamento inteiramente casualizado. Devido à ausência de dados na literatura, tais concentrações foram estabelecidas com objetivo de se determinar a faixa ótima para as lemnas, aliando o tratamento do efluente à produção de alimento rico em proteína.

As unidades experimentais constaram de 15 caixas plásticas de cor branca com capacidade para 50 L, que foram distribuídas aleatoriamente uma ao lado da outra. Os meios foram obtidos realizando-se diluições de dejetos e água, com as respectivas análises de DQO.

O experimento foi realizado no Departamento de Aqüicultura da Universidade Federal de Santa Catarina, com início dia 20 de Janeiro de 2004 e teve duração de 21 dias.

## 2.2. Análise dos parâmetros

### 2.2.1. Produção de biomassa

A quantidade de biomassa produzida foi avaliada da seguinte maneira: uma pequena quantidade de lemna, necessária para cobrir a superfície de cada caixa, foi pesada e colocada nas caixas no início do período experimental. Sendo assim, estipulou-se uma rotina de coleta da biomassa excedente a cada dois dias. Com o auxílio de uma placa de isopor previamente cortada, a superfície das caixas preenchida pela planta correspondente a 130g (biomassa inicial) foi estimada e

identificada, determinando-se facilmente a quantidade de lenha excedente. Este material foi coletado com o auxílio de uma peneira plástica, pesado, registrado, seco ao sol e armazenado. No final do experimento, foi possível a determinação da quantidade total produzida por cada tratamento e a variação do crescimento das plantas ao longo do período experimental. Os dados referentes à produção de biomassa nos tempos de retenção de 7, 14 e 21 dias e os dados da biomassa total produzida por tratamento foram submetidos à Análise de Variância.

### 2.2.2. Remoção da carga poluidora

A remoção foi avaliada em função do tempo de retenção. Sendo assim, foram realizadas 4 coletas do efluente presente em cada caixa. A primeira coleta foi realizada no início do experimento e as outras foram feitas aos 7, 14 e 21 dias de retenção. Antes de cada coleta, o efluente foi previamente homogenizado, e armazenado em garrafas plásticas identificadas. As garrafas foram armazenadas no freezer até a análise. As variáveis analisadas foram:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ , DQO, sólidos suspensos, sólidos totais, ortofosfato e turbidez. Para a análise de turbidez, foi utilizado um turbidímetro (ALFAKIT). Para as demais análises utilizou-se o método colorimétrico, segundo as normas do Standard Methods (APHA, 1992). Os resultados obtidos para os diferentes tempos de retenção (7, 14 e 21 dias) foram submetidos à Análise de Variância. O teste de Tukey foi aplicado para comparação de médias, quando necessário. O nível de significância adotado foi de 5%.

### 2.2.3. Valor nutricional das lemnas

Para a avaliação do valor nutricional das lemnas, foram realizadas 3 coletas em diferentes tempos de retenção (7, 14 e 21 dias). O material foi coletado da superfície de cada unidade experimental com o auxílio de uma peneira plástica, previamente seco ao sol e seco em estufa a 50°C por 4 horas. As amostras foram submetidas à análise de proteína pelo método Kjeldhal no LAPAD – Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce da Universidade Federal de Santa Catarina e (UFSC). Os resultados foram expressos em porcentagem de prote, e determinados através da fórmula:  $N \times 6,25$ .

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Produção de biomassa

Os dados apresentados na Figura 1 referem-se à biomassa produzida por cada tratamento aos 7, 14 e 21 dias de retenção.

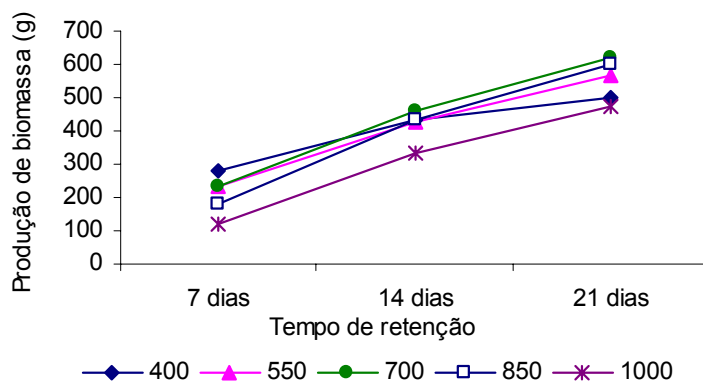


Figura 1. Variação da produção de biomassa por cada tratamento (DQO – mg/L) nos diferentes tempos de retenção.

Através da análise de variância aplicada no tempo de retenção de 7 dias, a concentração de DQO de 400 mg/L proporcionou maior produção de biomassa:  $278 \pm 30,21\text{g}$  ( $p < 0,05$ ). No tempo de retenção de 14 dias, a maior produção de biomassa foi atingida na concentração de 700 mg/L de DQO  $458,7\text{g}$  ( $p < 0,05$ ). Aos 21 dias, a concentração de 700 mg/L de DQO novamente apresentou a maior produção de biomassa:  $622,3\text{g}$ .

A maior produção de biomassa aos 7 dias de retenção na concentrações 400 mg/L de DQO pode ser explicada pela menor quantidade de matéria orgânica no meio, proporcionando condições adequadas para o maior crescimento das lemnas. Em concentrações mais altas, as plantas ficam estressadas e não crescem, mas nota-se que sob tais condições, as plantas passam por um período de adaptação, atingindo altas taxas de produção de biomassa após este período. Os resultados obtidos aos 14 e 21 dias de retenção comprovam esta afirmação: a concentração de 700 mg/L proporcionou maior produção de biomassa que nas concentrações de 400 e 500 mg/L de DQO.

Levando em conta a produção total de biomassa no final do período experimental, as concentrações de 700 e 850 mg/L de DQO apresentaram as maiores produções de biomassa. Entretanto, levando em conta o tempo de retenção, observa-se que a produção de biomassa declinou entre o 14º e 21º dia. Portanto, para efeito de produção de biomassa e otimização do espaço, a faixa entre 700 e 850 mg/L de DQO, com um tempo de retenção de 14 dias, seria o resultado mais recomendável.

Segundo JOURNEY et al. (1993), as lemnaças podem dobrar sua biomassa em dois dias, o que ocorre quando o meio de cultivo é rico em

nutrientes. A diminuição das taxas de crescimento pode ocorrer devido à escassez de nutrientes, valores extremos de pH e temperatura e falta de manejo adequado na coleta.

### 3.2. Comportamento das variáveis analisadas

As eficiências de remoção das unidades piloto, bem como os valores das variáveis analisadas estão descritos em função do tempo na Tabela 1 e 2 e Figura 1.

Tabela 1. Eficiência de remoção e massa total eliminada de DQO, sólidos suspensos, sólidos totais, amônia e ortofosfato nos diferentes tempos de retenção (7, 14 e 21 dias)

Tratamento s DQO (mg/L)	Concentração inicial		7 dias		14 dias		21 dias	
	Massa total (g)	Eficiência de remoção (%)	Massa total (g)	Eficiência de remoção (%)	Massa total (g)	Eficiência de remoção (%)	Massa total eliminada (g)	Eficiência de remoção (%)
<b>DQO</b>								
400	20	-	7,9	60,1 ± 0,56 <sup>a</sup>	5,32	73,3 ± 0,31 <sup>a</sup>	18,98	94,8 ± 0,28 <sup>A</sup>
550	27,5	-	21,5	21,6 ± 0,21 <sup>b</sup>	7,56	72,4 ± 0,17 <sup>a</sup>	25,52	92,7 ± 0,18 <sup>B</sup>
700	35	-	31,5	9,9 ± 0,39 <sup>c</sup>	12,8	63,3 ± 0,52 <sup>b</sup>	25,42	72,6 ± 0,23 <sup>C</sup>
850	42,5	-	36,5	13,9 ± 0,31 <sup>d</sup>	15,8	62, ± 0,15 <sup>b</sup>	32,08	75,6 ± 1,36 <sup>D</sup>
1000	50	-	47,2	5,5 ± 0,61 <sup>e</sup>	24,6	50,6 ± 0,48 <sup>c</sup>	34,93	69,8 ± 0,11 <sup>E</sup>
<b>Sólidos suspensos</b>								
400	6,1	-	5,07	23,9 ± 0,71 <sup>a</sup>	3,85	42,2 ± 0,27 <sup>a</sup>	5,06	75,2 ± 0,54 <sup>A</sup>
550	14,9	-	14,13	5,6 ± 0,34 <sup>b</sup>	9,07	39,4 ± 0,36 <sup>b</sup>	9,8	66,6 ± 0,08 <sup>B</sup>
700	23,2	-	22,09	5,1 ± 0,24 <sup>b</sup>	17,5	24,4 ± 1,93 <sup>c</sup>	14,3	61,4 ± 0,70 <sup>C</sup>
850	31,5	-	28,6	9,3 ± 0,15 <sup>c</sup>	21,6	20,9 ± 0,11 <sup>d</sup>	16,6	52,8 ± 1,11 <sup>D</sup>
1000	51,6	-	39,9	22,6 ± 0,17 <sup>a</sup>	32,1	29,2 ± 0,19 <sup>e</sup>	22,9	38,8 ± 0,12 <sup>E</sup>
<b>Sólidos totais</b>								
400	14,5	-	5,58	61,4 ± 1,30 <sup>c</sup>	3,82	73,6 ± 0,20 <sup>a</sup>	11,18	77,0 ± 0,45 <sup>C</sup>
550	32,5	-	16,5	49,2 ± 0,15 <sup>a</sup>	14,9	53,9 ± 0,10 <sup>b</sup>	19,4	59,7 ± 0,61 <sup>B</sup>
700	50	-	25,16	49,6 ± 0,35 <sup>a</sup>	24,3	51,2 ± 1,16 <sup>c</sup>	31,7	63,3 ± 0,81 <sup>A</sup>
850	60	-	33,1	44,8 ± 0,31 <sup>b</sup>	24,9	63,9 ± 0,52 <sup>d</sup>	37,2	61,8 ± 0,75 <sup>AB</sup>
1000	79,5	-	43,0	45,8 ± 0,27 <sup>b</sup>	36,5	59,6 ± 0,12 <sup>e</sup>	50	62,7 ± 0,76 <sup>A</sup>
<b>Amônia NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>								
400	0,38	-	0,18	52,9 ± 0,31 <sup>b</sup>	0,008	77,6 ± 0,23 <sup>a</sup>	0,32	86,0 ± 0,12 <sup>A</sup>
550	0,59	-	0,46	21,4 ± 0,84 <sup>c</sup>	0,17	69,6 ± 0,38 <sup>b</sup>	0,5	89,1 ± 0,13 <sup>B</sup>
700	0,74	-	0,61	17,8 ± 1,36 <sup>d</sup>	0,44	40,6 ± 1,20 <sup>c</sup>	0,53	71,8 ± 0,64 <sup>C</sup>
850	0,83	-	0,82	1,8 ± 0,48 <sup>a</sup>	0,54	34,9 ± 0,49 <sup>d</sup>	0,39	46,6 ± 0,46 <sup>D</sup>
1000	0,86	-	0,84	1,5 ± 1,26 <sup>a</sup>	0,68	20,8 ± 2,74 <sup>e</sup>	0,29	33,2 ± 1,21 <sup>E</sup>
<b>Ortofosfato</b>								
400	0,54	-	0,49	8,1 ± 1,12 <sup>b</sup>	0,44	16,8 ± 7,05 <sup>d</sup>	0,27	50,2 ± 4,94 <sup>AB</sup>
550	0,66	-	0,56	14,7 ± 3,43 <sup>c</sup>	0,46	1,4 ± 2,80 <sup>c</sup>	0,44	66,5 ± 1,25 <sup>A</sup>
700	0,81	-	0,61	25,0 ± 1,35 <sup>d</sup>	0,47	41,9 ± 1,48 <sup>ab</sup>	0,53	65,4 ± 0,49 <sup>C</sup>
850	0,85	-	0,83	2,9 ± 0,74 <sup>a</sup>	0,57	32,9 ± 1,08 <sup>b</sup>	0,46	54,0 ± 0,24 <sup>D</sup>
1000	0,88	-	0,84	5,9 ± 2,03 <sup>a</sup>	0,47	46,4 ± 3,95 <sup>a</sup>	0,46	51,9 ± 1,70 <sup>B</sup>

Tabela 2. Variação da concentração das variáveis nitrito, nitrato e turbidez nos diferentes tempos de retenção (7, 14 e 21 dias)

<b>Tratamento</b>	<b>Concentração inicial</b>	<b>7 dias</b>	<b>14 dias</b>	<b>21 dias</b>
<b>Nitrito (mg/L)</b>				
400	0,21	0,31	0,04	0,03
550	0,33	0,18	0,06	0,05
700	0,47	0,08	0,08	0,17
850	0,59	0,06	0,14	0,16
1000	0,73	0,54	0,14	0,15
<b>Nitrato (mg/L)</b>				
400	0,38	2,67	2,42	0,003
550	0,73	4,22	3,27	3,63
700	1,25	3,5	7,46	2,30
850	1,26	6,43	8,83	4,61
1000	2,69	5,92	8,11	7,17
<b>Turbidez (NTU)</b>				
400	247	86,3	35,13	4,77
550	367	182,86	42,24	18,51
700	407	265,23	63,37	22,36
850	436	348,73	71,4	25,46
1000	450	397,63	103,25	30,37

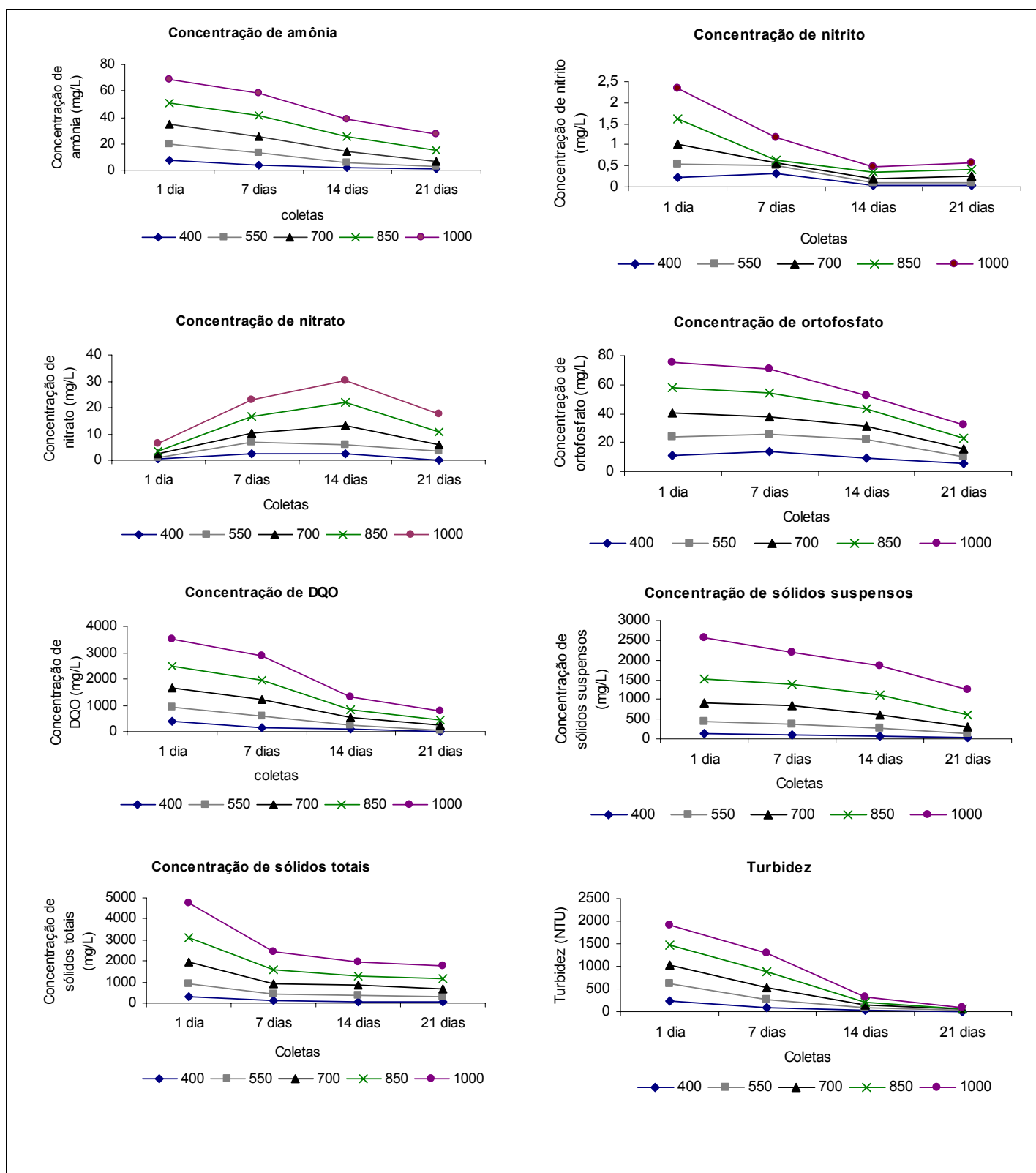


Figura 2. Comportamento das variáveis analisadas em função do tempo (7, 14 e 21 dias) nas concentrações de 400, 550, 700, 850 e 1000 mg/L de DQO.



### 3.2.1. DQO

No tempo de retenção de 7 dias, a concentração de 400 mg/l de DQO apresentou a maior eficiência de remoção: 60,17% ( $p < 0,05$ ) No tempo de retenção de 14 dias, as concentrações de 400 e 550 mg/L apresentaram eficiências de remoção mais altas que as demais concentrações: 73,38 e 72,48%, respectivamente ( $p < 0,05$ ). Aos 21 dias, a concentração de 400 mg/L de DQO apresentou a maior eficiência de remoção (94,89%), sendo diferente estatisticamente das demais ( $p < 0,05$ ).

Observa-se para esta variável que para um tempo de retenção de 7 dias, apenas a concentração mais baixa (400 mg/L de DQO) apresentou boa eficiência de remoção (60,17%). Este fato reforça a hipótese de que as lemnáceas passam por um período de adaptação quando são submetidas a uma grande concentração de matéria orgânica. Esta mesma tendência repetiu-se nos tempos de retenção de 14 e 21 dias, onde as concentrações mais baixas apresentaram as melhores eficiências.

ORON (1987) obteve uma eficiência de remoção de 66,5% em 5 dias e 73,4% em 10 dias, utilizando *Lemna gibba* no tratamento de esgoto doméstico (DQO de 500 a 750 mg/L). No presente trabalho, utilizando uma concentração semelhante (DQO de 700 mg/L) e tempo de retenção de 14 dias, obteve-se 63,3% de remoção. Considerando que durante o experimento a biomassa foi

retirada a cada dois dias, os resultados obtidos no presente estudo assemelham-se aos deste autor.

Segundo ALAERTS *et al.*(1996), a coleta das plantas da superfície pode involuntariamente remover as bactérias fixadas nas plantas. O mesmo autor também obteve valores superiores na remoção de DQO (de 89-90%) em um maior tempo de retenção (20 dias). MANDI (1994) encontrou valores de remoção de 72,1% em 7 dias em esgoto doméstico (DQO de 444 mg/L), sendo que no presente estudo, obteve-se uma eficiência de remoção de 60,17% em efluente de suinocultura (DQO de 400 mg/L) no mesmo tempo de retenção.

Considerando a massa de DQO removida, nota-se que a concentração de 1000 mg/L de DQO apresentou a maior remoção ao final de 21 dias(34,93g – Tabela 1)

### 3.2.2. Sólidos suspensos

As concentrações de 400 mg/L e 1000 mg/L de DQO apresentaram as maiores eficiências de remoção de sólidos suspensos aos 7 dias de retenção: 23,93% e 22,60%, respectivamente ( $p < 0,05$ ). No tempo de retenção de 14 dias, a concentração de 400 mg/L de DQO apresentou a maior eficiência (42,23%), sendo diferente estatisticamente das demais ( $p < 0,05$ ). Aos 21 dias de retenção, a concentração de 400 mg/L novamente apresentou a maior eficiência: 75,29% ( $p < 0,05$ ). As demais concentrações variaram entre 38,85% e 66,61%.

No presente estudo, a maior eficiência de remoção encontrada ao final de 21 dias foi de 75,29% na concentração de 400 mg/L e a menor de 38,83% na

concentração de 1000 mg/L). Quanto maior a concentração do efluente, mais lenta foi a remoção de sólidos suspensos, o que pode ser explicado pelo período de adaptação que as plantas passam quando são submetidas à altas concentrações de matéria orgânica. Neste período, as bactérias começam a fixar-se nas raízes das plantas, aumentando a eficiência de remoção.

A remoção de sólidos suspensos poderia também ter sido mais rápida se não fosse a coleta periódica da biomassa, onde eventualmente a luz entrava no sistema, favorecendo a ploriferação de algas. Segundo IQBAL (1999) a densa manta de lemnas que recobre a superfície da água impede a penetração de luz na coluna d'água, impedindo o crescimento de algas. RAN *et al.* (2004) obtiveram uma eficiência de remoção de sólidos suspensos de 79,8% em 4 dias, com uma concentração inicial de 298,2 mg/L de DQO.

De acordo com os resultados obtidos, com exceção da concentração de 400 mg/L de DQO no tempo de retenção de 7 dias, os demais tratamentos apresentaram pouca eficiência. Considerando o que já foi mencionado para outras variáveis, o período de adaptação, a quantidade de bactérias presentes nas raízes e a retirada constante do excedente de plantas, possivelmente foram as principais causas do baixo rendimento no tempo de retenção de 7 dias.

Considerando a massa de sólidos suspensos removida, a concentração de 1000 mg/L de DQO apresentou a maior remoção: 22,9 g.

### 3.2.3.Sólidos totais

A concentração de 400 mg/L de DQO apresentou maior eficiência de remoção de sólidos totais aos 7, 14 e 21 dias de retenção, sendo 61,49, 73,64 e 77,04%, respectivamente, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (p

<0,05), os quais variaram entre 44,86% e 63,91% nos diferentes tempos de retenção.

RAN *et al.*(2004), utilizando sistemas de wetland com *Lemna gibba* obteve uma eficiência de remoção de sólidos totais de 79,8%, sendo que a concentração inicial do efluente em termos de DQO era de 298,2 mg/L.

A baixa eficiência de remoção em concentrações mais altas, como já foi mencionado para outras variáveis, possivelmente está relacionada ao período de adaptação da planta.

Ao final de 21 dias, a concentração de 1000 mg/L de DQO apresentou a maior quantidade de carga de sólidos totais removida: 50g

#### 3.2.4. Amônia

No tempo de retenção de 7 dias, a maior eficiência de remoção (52,94%) de amônia ocorreu na concentração de 400 mg/L de DQO ( $p < 0,05$ ). Neste período, as concentrações de 850 e 1000 mg/L de DQO não apresentaram diferença estatística ( $p > 0,05$ ), apresentando as menores eficiências de remoção (1,82 e 1,55%). Aos 14 dias de retenção, a concentração de 400 mg/L apresentou maior eficiência de remoção novamente: 77,64% ( $p < 0,05$ ). No tempo de retenção de 21 dias, a maior eficiência de remoção encontrada foi na concentração de 550 mg/L de DQO (89,17% ) ( $p < 0,05$ ).

A utilização de lemnáceas na remoção de amônia de efluentes é considerada uma boa alternativa pois o nutriente não é perdido e a biomassa gerada é rica em proteína (ORON *et al.*, 1988). Porém, deve-se ressaltar que além da absorção direta pela planta, também ocorre a volatilização e a nitrificação -

processo que consiste na transformação da amônia em nitrato, pela ação das bactérias nitrificantes (BRANCO, 1978).

ORON *et al.*, 1988 obtiveram uma eficiência de remoção de amônia de 90% em um tempo de retenção de 10 dias, com uma concentração inicial de 520 mg/L de DQO. Além da absorção de amônia pelas plantas, ocorre também o processo de volatilização quando esta se encontra na sua forma não ionizada e o pH encontra-se elevado. Talvez esta tenha sido a causa do presente resultado ter sido inferior ao encontrado por este autor para a mesma concentração e mesmo tempo de retenção.

De acordo com a legislação vigente em Santa Catarina (CONAMA Resolução nº 20 de 18/06/1986) relacionada ao lançamento de efluentes nos corpos d'água, a concentração máxima de amônia no efluente deve ser de 5,0 mg/L. Com base neste dado, pode-se afirmar que as concentrações de 400, 550 e 700 mg/L de DQO avaliadas no presente estudo, apresentaram concentrações de amônia de acordo com a legislação em um tempo de retenção de 21 dias (Tabela 2).

Ao final de 21 dias, a concentração de 700 mg/L de DQO apresentou a maior quantidade de massa removida ao final de 21 dias: 0,53g

### 3.2.5. Ortofosfato

No tempo de retenção de 7 dias, as eficiências de remoção foram baixas para todos os tratamentos, sendo que as concentrações de 850 e 1000 mg/L apresentaram menor remoção (2,97 e 5,93%). Aos 14 dias de retenção, as concentrações de 700 e 1000 mg/L não diferiram estatisticamente ( $p > 0,05$ ), apresentando as maiores eficiências de remoção (41,95 e 46,47%). Aos 21 dias

de retenção, as concentrações de 550 e 700 mg/L de DQO apresentaram as maiores eficiências de remoção (66,58 e 65,44%), não diferindo estatisticamente entre si ( $p > 0,05$ ).

No presente estudo, nota-se que as concentrações de 550 e 700 mg/L apresentaram as maiores eficiências de remoção, sugerindo que em concentrações maiores, o ortofosfato ainda não se encontrava disponível para as plantas. Segundo IQBAL (1999) a capacidade de absorção de fósforo pelas plantas depende da frequência de coleta, taxa de crescimento e disponibilidade do fósforo na forma de ortofosfato, que é a forma mais assimilável pelas plantas. Em experimento realizado por RAN *et al.* (2004), em um tempo de retenção de 4 dias, um efluente com concentração de 298,2 mg/L DQO, apresentou uma eficiência de remoção negativa, onde o ortofosfato foi incorporado em 1,98%.

Ao final de 21 dias, a concentração de 700 mg/L de DQO apresentou a maior quantidade de massa removida: 0,46g

### 3.2.6. Nitrito, Nitrato e Turbidez

Devido a processo de nitrificação - oxidação do amônio ( $\text{NH}_4$ ) para nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), houve um incremento de nitrato no sistema, sendo que a maior remoção ocorreu na concentração de 400 mg/L de DQO no tempo de retenção de 21 dias. Este fato pode ser explicado pela menor quantidade de matéria orgânica neste tratamento.

Devido à conversão de nitrito para nitrato, a remoção de nitrito do sistema foi relativamente alta. Em um tempo de retenção de 21 dias, os tratamentos de 400 e 550 mg/L de DQO apresentaram as menores concentrações, sendo 0,03 e 0,05mg/L, respectivamente.

De acordo com os resultados obtidos, a turbidez mais baixa foi encontrada aos 21 dias de retenção nos tratamentos de 400 mg/L e 500 mg/L de DQO, sendo 4,77 e 18,51 NTU, respectivamente.. A menor concentração de matéria orgânica em tais tratamentos pode ter influenciado nos resultados.

Os resultados são similares aos encontrados por RAN *et al.* (2004), que obtiveram uma eficiência de remoção da turbidez de 51% em 4 dias, porém, o efluente apresentava uma concentração de DQO inicial de 298,2 mg/L de DQO. No presente estudo, obteve-se uma redução da turbidez em 65,06% em 7 dias, na concentração inicial de 400 mg/L.

### 3.3. Teor protéico das lemnas

O teor protéico das plantas nos diferentes tempos de retenção está indicado na Tabela 3.

Tabela 3. Teor protéico das plantas nos diferentes tempos de retenção (7, 14 e 21 dias).

Tratamentos DQO (mg/L)	Teor protéico das plantas		
	7 dias	14 dias	21 dias
400	36,47	29,13	18,65
550	37,35	34,26	24,97
700	37,78	36,81	29,47
850	39,55	36,81	32,7
1000	37,89	37,18	32,8

Considerando o valor protéico das lemnas, pode-se notar que a quantidade de nutrientes presentes no meio é proporcional à quantidade de proteína das plantas. Segundo REJMANKOVA (1982), a absorção de nutrientes é mais alta em meios com altas quantidades de nutrientes. Este fato ficou bem

evidente, pois à medida que se aumentava o tempo de retenção, a quantidade de nutrientes e o teor protéico das plantas diminuía.

Devido à preferência das lemnas em absorver amônia mesmo na presença de outras formas de nitrogênio, o processo para a formação de proteína é mais rápido do que em outras plantas, pois a proteína é produzida diretamente através da amônia (ORON *et al.*, 1988).

#### **4. CONCLUSÕES**

Com relação à biomassa produzida, pode-se concluir que as concentrações mais baixas produziram maior biomassa em tempo menor e as concentrações mais altas promovem uma maior produção de biomassa em um maior tempo de retenção (14 dias).

O melhor rendimento de biomassa foi atingido em uma concentração de 700 a 850 mg/L com um tempo de retenção de 14 dias.

Considerando a remoção da carga poluente, o tempo de retenção de 7 dias se demonstrou ineficiente, apresentando baixa eficiência de remoção. De maneira geral, as melhores eficiências de remoção foram obtidas no tempo de retenção de 21 dias, em concentrações variando de 400 a 700 mg/L de DQO.

A concentração de 700mg/L de DQO em um tempo de retenção de 14 dias apresentou os melhores resultados, quando objetiva-se aliar o tratamento do efluente e a produção de biomassa. O teor protéico de 36,81%, obtido nestas condições (700 mg/L de DQO em 14 dias de retenção), demonstrou ser



relativamente alto quando comparado com a média geral obtida nos outros tratamentos.

A utilização de lemnáceas no tratamento de efluentes de suinocultura se mostra como uma alternativa viável no tratamento secundário e terciário de efluentes, realizando o polimento dos mesmos. Dessa maneira, a concentração de nutrientes presente no efluente é diminuída, reduzindo o impacto ambiental no momento do lançamento dos efluentes no ambiente.

Levando em conta o teor protéico das lemnas, estas possuem grande potencial para serem utilizadas na alimentação animal, agregando valor ao sistema de tratamento e tornando a atividade mais sustentável.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALAERTS, G. ; MAHBUBAR, R.; KELDERMAN, P.1996. Performance analysis of a full-scale duckweed-covered sewage lagoon. *Water Research* 30 (4), 843-852.

APHA, 1992. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 18<sup>th</sup> Edition. Am. Publ. Hlth. Assoc., Washington, DC, USA.

AYAZ, S. C. & AKCA, L. 2001 Treatment of wastewater by natural systems. *Environment International*. 26: (3) 189 –195.

BAVARESCO, A.S.L. Lagoas de aguapés no tratamento terciário de dejetos de suínos. Florianópolis. 1998. 78p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina.

BELLI FILHO, P., CASTILHOS JR., A.B., COSTA, R.H.R., SOARES, S.R. e PERDOMO, C.C. 2001. Tecnologias para o tratamento de dejetos suínos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, n.1, p 166-170.

BOYD, C. E. 1990. Water quality in ponds of aquaculture. Auburn University Alabama 482 pp.

BRIX, H. & SCHIERUP, H. 1989. The use of macrophytes in water-pollution control. *Ambio*, v 18, n.2.

COSTA, R.H.R. Lagoas de alta taxa de degradação e de aguapés no tratamento terciário de dejetos suínos. Florianópolis, 1997. Trabalho apresentado como parte dos requisitos de concurso público para Professor Titular. Universidade Federal de Santa Catarina.

DECAMP, O. & WARREN, A. 2000. Investigation of *Escherichia coli* removal in various designs of subsurface flow wetlands used for wastewater treatment. *Ecological Engineering*. 14 (3): 293-299 FEB.

EPA, Environmental Protection Agency. 1983. *Design manual. Municipal wastewater stabilization ponds*. United States Environmental Protection Agency. 327 p.

FRANKENBACH, R.I. & MEYER, J.S. 1999. Nitrogen removal in surface-flow wastewater treatment wetland. *Wetlands*. 19:(2) 403-412 JUN.

GIJZEN, H. & KHONDKER M. 1997. An overview of the ecology, physiology, cultivation and application of duckweed, literature review. Report of Duckweed research Project, Dhaka, Bangladesh.

GODFREY, P.J.; KAVNOR, F.R.; PELEZATSKII, S.; BENTORADO, J. (eds.) 1985. Ecological considerations in wetland treatment of municipal waste waters. Van Nostrand Reinhold Company, NY, 473 p.

HAMMOUDA, O., GABER, A.; ADBEL-HAMMED M.S. 1995. Assessment of the effectiveness of treatment of waste-water-contaminated aquatic systems with *Lemna gibba*. *Enz. Microb. Tech.* 17, 317-323.

IQBAL, S., 1999. *Duckweed aquaculture. Potentials, possibilities and limitations, for combined wastewater treatment and animal feed production in developing countries*. Switzerland. SANDEC report n.6 91pp. mar.

JOURNEY, W. K.; SKILLICORN, P.; SPIRA, W. 1993 *Duckweed aquaculture. A new aquatic farming system for developing countries*. World Bank Publication. 67pp. Washington, D.C.

KÖRNER, S. & VERMAAT, J.E. 1998. The relative importance of *Lemna gibba*, bacteria and algae for the nitrogen and phosphorus removal in duckweed – covered domestic wastewater. *Water Research*. 32: (12) 3651- 366.

LANDOLT, E. & KANDELER. 1987. The family of Lemnaceae – a monographic study: Phytochemistry, physiology, application and bibliography. In *Biosystematic Investigations in the Family of Duckweeds (Lemnaceae)*. *Veröffentlichungen des geobotanischen Institutes der ETH*. Zürich. Stiftung Ruebel, Vol 4, n.95: 638pp

MANDI, L. 1994. Marrakesh wastewater purification experiment using vascular aquatic plants *Eichornia crassipes* and *Lemna gibba*. *Wat. Sci. Technol.* 29, 283-287.

MBAGWU, L. & ADENIJI, H.A. 1988. Nutritional content of duckweed (*Lemna paucicostata*) in the Kainji lake area. Nigeria, *Aquat. Bot.* 29, 357-366.

OLIVEIRA, P.A.V. 1993. Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos. Concórdia: EMBRAPA – CNPSA. 188p.

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

ORON, G., PORATH D. & JANSEN, H. 1987. Performance of duckweed species *Lemna gibba* on municipal waste'water for effluent renovation and protein production. *Biotechnology & Bioengineering* 29 (2), 258-268.

ORON, G., DE VEGT A.; PORATH D. 1988. Nitrogen removal and conversion by duckweed grown on wastewater. *Wat Res.* 22(2), 179-184.

PEETZ, V.S.; CASTRO, F.G.; CAMARGO, J.C.; BERSANO, J.G.; BUENO, C.R.F.; ALMEIDA, J.E.; SILVA L.B. 1996. Cadeia Produtiva da carne suína no Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto de Economia Agrícola., Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, 57p.

REED, S. C.; CRITIES R W.; MIDDLEBROOKS, E. J. 1995 *Natural systems for Waste Management and Treatment*, 2<sup>nd</sup> ed. McGraw-Hill Inc, New York.

RAN, N.; AGAMI, M. ; ORON, G. 2004. A pilot study of constructed wetlands using duckweed (*Lemna gibba* L.) for treatment of domestic primary effluent in Israel. *Water Research* 2004; 38: 2241-2248.

REJMÁNKOVÁ, E. 1971. The influence of temperature and irradiance on the growth and production of duckweeds (*Lemna gibba*, *Lemna minor* and *Spirodela polyrrhiza*). Thesis, Charles University, Prague. 100pp (In Czechoslovakian).

ROPPA, L. 1999. Situação atual e tendências da suinocultura mundial. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA E QUALIDADE NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE SUÍNOS. NUPEA/ESALQ/USP.1, 1999, Piracicaba, p. 196-206

SAID, M..Z.; CULLEY, D.D.; STANDIFER, L.C.; EPPS, E.A.; MYERS, R.W; BONEY, S.A. 1979. Effect of harvest rate, waste loading and stocking density on the yield of duckweeds. *Proceedings World Mariculture Society* 10: 769-780.

SEGANFREDO, A.M. Os dejetos de suínos são um fertilizante ou um poluente no solo? *Caderno de Ciência e Tecnologia*, Brasília, v.16, n.3, p. 129-141, 1999.

SEZERINO, P.H. Utilização de biofiltros com macrófitas (Vertical Constructed Wetlands) como pós-tratamento de lagoas de estabilização aplicadas aos

dejetos de suínos. 2002. 122p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina.

SKILICORN, P. W.; SPIRA, W; JOURNEY, W., 1993. Duckweed aquaculture, a new aquatic farming system for developing countries. The World Bank, Washington, D.C.

TAKITANE, I. C. Produção de dejetos e caracterização de possibilidades de aproveitamento em sistemas de produção de suínos com alta tecnologia no estado de São Paulo. 2001. 137p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas do Campus de Botucatu – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

TRIPATHI, B. D. & SHUKLA S. C. 1991. Biological treatment of wastewater by selected aquatic plants. *Environmental Pollution*, 69: p.69-78.

VAN DER STEEN, P.; BRENNER A.; VAN BAUREN J; ORON G. 1999. Post-treatment of UASB reactor effluent in an integrated duckweed and stabilization pond system. *Water research* 33 (3), 615-620.

VERMATT, J. E. & HANIF, K.M. 1998. Performance of common duckweed species (*Lemnaceae*) and the water-fern *Azolla filiculoides* on different types of waste water. *Water Research* 32 (9), 2576.

VON SPERLING, M. *Lagoas de estabilização. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. 140p. 1996*

WOLVERTON, B.C.; MC DONALD, R.C. 1980. Energy from vascular plants in wastewater treatment systems, *Econ. Bot.*, 35: 224-232.



## UTILIZAÇÃO DA *Lemna* SP. COMO FONTE ALTERNATIVA DE ALIMENTO PARA TILÁPIAS

**Flávia de Almeida TAVARES<sup>1</sup>, João Bosco Rozas RODRIGUES<sup>1</sup>,  
Débora Machado FRACALOSSO<sup>1</sup>, Juan ESQUIVEL<sup>2</sup>**

**1-Departamento de Aqüicultura – Universidade Federal de Santa Catarina, Rodovia SC  
404 – Km 3 – Itacorubi 88040-900 Florianópolis - SC CX POSTAL 476 – UFSC- CCA**

**2-Departamento de Engenharia Ambiental – Universidade do Sul de Santa Catarina  
– UNISUL, Rua José Salvados Diniz, s/nº Ponte do Imaruim 88130-000 Palhoça, SC**

### RESUMO

Devido ao alto custo de produção de tilápias no Brasil, a busca por fontes alternativas de alimento é fundamental para o cultivo da espécie. O presente estudo avaliou a performance de alevinos de tilápias nilóticas (*O. niloticus*) alimentados com macrófitas do gênero *Lemna* sp. em tanques-rede. Três tratamentos (ração comercial; lemna seca; 50% ração+50% lemna seca) em triplicata, foram fornecidos a 9 grupos de 20 alevinos de tilápia ( $3,2 \pm 0,94g$ ) durante 50 dias. Cada grupo foi alocado em um tanque-rede de  $1m^3$  e alimentados duas vezes ao dia. Os resultados mostraram que os alevinos alimentados com ração e os alimentados com 50% lemna + 50% ração, não apresentaram diferença significativa no peso médio final ( $p < 0,05$ ), sendo 22,42 e 19,53, respectivamente. À medida que a temperatura diminuiu, houve um aumento da conversão alimentar e diminuição do ganho em peso em todos os tratamentos, principalmente dos alevinos alimentados apenas com lemna seca. Considerando a composição corporal, os alevinos referentes aos três tratamentos apresentaram teores de matéria seca, cinzas e proteína similares, com exceção da gordura corporal. Os alevinos alimentados com lemna seca e 50% lemna + 50% ração não apresentaram diferença significativa para taxa de crescimento específico, sendo 3,02 e 3,30, respectivamente. Pode-se concluir através dos resultados obtidos que as macrófitas do gênero *Lemna* sp. proporcionaram resultados satisfatórios de ganho em peso e podem ser utilizadas na dieta de tilápias, em um nível de inclusão de até 50%, com a redução dos custos de produção em até 35%.

**Palavras-chave:** fonte alternativa de alimento, tilápias, lemna

## ABSTRACT

Due the high production costs related to tilapia culture in Brasil, the search for alternative dietary sources is needed. The present study evaluated the performance of Nile tilapia fingerlings fed with macrophytes (*Lemna* sp.) in net cages. There were three treatments (ration; dried lemna and 50%ration + 50% dried lemna) with three repetitions. A group of 20 tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*) with average weigh of  $3,2 \pm 0,94\text{g}$  were stocked 9 net-cages ( $1 \text{ m}^3$ ) and fed twice a day for 50 days. The results showed that the fingerlings final average weight fed with ration and 50% ration + 50% dried lemna did not presented statistical difference ( $p < 0,05$ ), being 22,42 e 19,53, respectively. As the temperature started to decrease, it was observed an increase in the feed conversion rates and and the weight gain was lower, mainly for the fingerlings fed with only dried lemna. The fingerlings fed with 50% ration + 50% dried lemna did not presented statistical difference ( $p < 0,05$ ) for specific growth rate, being 3,30 and 3,02, respectively. The body composition analysis showed similar results of dry matter, ash and protein content of the fingerlings from all treatments, except for the body lipid content. Considering the results obtained in the present study, it can be concluded that the macrophyte *Lemna* sp. showed favorable results, and can be included up to 50% in tilapia diets, reducing the production costs up to 35%.

**Key words:** alternative dietary source, duckweed, lemna, tilapia

## 1. Introdução

Originária da Costa do Marfim no Oeste africano, a espécie *Oreochromis niloticus* foi introduzida no nordeste do Brasil em 1971 e então, distribuída pelo país. O interesse pelo cultivo desta espécie no Sul e Sudoeste do país cresceu rapidamente nos últimos anos devido à introdução da tecnologia de reversão sexual e à pesca-esportiva. No Brasil, a tilápia é criada em diversos sistemas de produção, desde a criação semi-intensiva em tanques adubados até sistemas intensivos como “raceways” e tanques-rede (LOVSHIN e CYRINO, 1998). A ração pode compor de 40 a 70% do custo de produção de tilápias, dependendo do sistema de cultivo empregado, da escala de produção, da produtividade alcançada, dos preços dos outros insumos de produção, dentre outros fatores (KUBITZA, 2000). Por apresentar hábito alimentar onívoro, tolera a inclusão de fontes vegetais de proteína na dieta, o que pode diminuir o custo com alimentação.

As plantas da família *Lemnaceae*, conhecidas como “duckweeds”, “lentilhas d’água” ou somente “lemnas”, são consideradas as menores plantas vasculares do mundo. A farinha de lemnas tem sido utilizada na alimentação de gado, frangos, suínos, peixes e lagostim com resultados favoráveis (SKILICORN *et al.*, 1993). Quando seca, não é necessário nenhum outro tipo de tratamento ou processamento, podendo ser peletizada sem a necessidade de agentes aglutinantes.

Sua produtividade pode variar de 10 a 30 toneladas de matéria seca/ha/ano, dependendo da espécie, condições climáticas, dimensão da superfície de cultivo, disponibilidade de nutrientes e manejo. Assumindo uma produtividade anual média

de 17,6 t/ha/ano, com um nível protéico de 37% na matéria seca, a produção de proteína por hectare das lemnáceas é mais alta do que a maioria dos vegetais cultiváveis e cerca de 10 vezes a da soja (GIJZEN e KHONDKER, 1997).

Alguns estudos testaram a inclusão de lemna na dieta de tilápias e concluíram que uma inclusão de 30% de lemna na dieta de peixes proporcionou melhor custo benefício em termos de custo-benefício ( FASAKIN *et al.*, 1999). Segundo HASAN e EDWARDS (1992), a taxa de alimentação que demonstrou melhor ganho em peso dos peixes é a de 3 a 5% na matéria seca da biomassa corporal. MOHEDANO (2004) obteve uma redução de 30% no custo na ração de tilápias com a utilização de farinha de lemnas na dieta.

SKILICORN *et al.* (1993) relataram que a produção de tilápias nilóticas, alimentadas com *Lemna* e *Wolffia* como única fonte de alimento em tanques de terra em Bangladesh, atingiu 7,5 m ton/ha/ano. Os autores deste trabalho afirmam que a produção pode chegar a 10 m ton/ha/ano, com um adequado manejo dos tanques.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de alevinos de tilápia nilótica, em termos de ganho em peso e conversão alimentar quando alimentados com *Lemna* sp. seca, em tanques-rede por 50 dias, nas condições climáticas do Sul do Brasil.

## **2. Material e Métodos**

### **2.1. Produção da lemna**

Uma pequena quantidade lemna foi obtida no Departamento de Botânica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e cultivada em duas caixas

plásticas com capacidade para 1000 litros para se atingir uma quantidade de biomassa suficiente para o início do experimento (2 kg de matéria seca). Semanalmente, foi adicionado 1 kg de esterco de suínos em cada tanque.

Durante o período de cultivo, foram realizadas coletas de lemna da superfície dos tanques a cada dois dias com o auxílio de uma peneira plástica. Posteriormente, o material foi seco em estufa a 50°C por aproximadamente 4 horas, armazenado em bolsas plásticas e refrigerado a -4,0°C até a utilização.

## ***2.2. Delineamento experimental, unidades experimentais e peixes***

Com o intuito de testar a utilização da biomassa de lemna na alimentação de tilápias nilóticas, o estudo foi realizado, a campo, na Piscicultura Panamá (Paulo Lopes, Santa Catarina).

As unidades experimentais constaram de 9 tanques-rede de 1 m<sup>3</sup>, montados em um viveiro de terra de 100 m<sup>2</sup>, com renovação de água permanente (50L/minuto). Os tanques foram encaixados em estruturas de PVC e bambú e fixados em estruturas de madeira com amarração de arame. Com o objetivo de evitar a dispersão de alimento entre os tanques, foram confeccionados comedouros para cada tanque (anéis de alimentação com 50 cm de diâmetro) com mangueira de borracha transparente.

Alevinos de tilápia nilótica oriundos de desovas realizadas na Piscicultura Panamá foram coletados de tanques de alevinagem e colocados em tanques-rede de 4 m<sup>3</sup>, onde permaneceram por uma semana para adaptarem-se ao viveiro de cultivo, antes do período experimental. Deste grupo, foram utilizados 180 alevinos

de tilápia nilótica, com peso médio de  $3,2 \pm 0,94g$ , sendo estes distribuídos aleatoriamente, em grupos de 20, entre os 9 tanques-rede.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, sendo que três dietas foram fornecidas para três grupos de 20 alevinos.

### **2.3. Dietas experimentais e análise da composição corporal**

As dietas experimentais testadas foram: ração comercial, lemna seca e 50% ração+50% lemna seca. A quantidade de matéria seca fornecida foi calculada com base no peso corporal, sendo que os peixes receberam 10% da biomassa total de cada tanque nas duas primeiras semanas e 5% após este período.

As porcentagens de umidade, proteína bruta, gordura, fibra e matéria mineral das dietas experimentais foram determinadas. A matéria seca foi obtida através da secagem a  $105^{\circ}C$ , a matéria mineral por incineração a  $550^{\circ}C$ , a gordura por extração em éter (após hidrólise ácida), a fibra pela digestão em detergente ácido, a proteína bruta pelo método Kjeldahl ( $N \times 6,25$ ), após digestão ácida. Todas as metodologias seguiram as normas da AOAC (1999). A composição da ração comercial (Alevinos- Pélet 1 Nicoluzzi Rações Ltda, Penha) e da lemna utilizadas estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Composição das dietas experimentais na matéria seca.

Componente	Ração <sup>1</sup>	Lemna	50% Ração+50% Lemna
Umidade, %	12,50	3	7,75
Proteína bruta, %	40,00	38,86	39,43
Extrato etéreo, %	6,00	3,8	4,9
Fibra bruta, %	8,00	13,22	10,61
Cinzas, %	14,00	16,00	15,00
Ca, %	3,50	-	-
P, %	1,50	-	-
Energia (kcal/kg de ração)	3600	3257	3341

<sup>1</sup> A ração continha um premix vitamínico-mineral, com a seguinte composição/kg de produto: ácido fólico 250mg, ácido pantotênico 5000 mg, biotina 125 mg, cobre 2000 mg, colina 25000 mg, ferro 13820 mg, iodo 100 mg, manganês 3750 mg, niacina 5000 mg, selênio 75 mg, vitamina 1000000 UI, vitamina B<sub>1</sub> 1250 mg, vitamina B<sub>12</sub> 3750 mg, vitamina B<sub>2</sub> 2500 mg, vitamina B<sub>6</sub> 1875 mg, vitamina C 42000 mg, vitamina D<sub>3</sub> 500000 UI, vitamina E 20000 UI, vitamina K<sub>3</sub> 500mg, zinco 17500 mg.

A lemna seca armazenada e coletada ao longo de todo o período de cultivo foi então triturada no liquidificador para que o manejo alimentar fosse facilitado. A quantidade diária fornecida foi dividida em duas alimentações, uma pela manhã (9:00h) e uma à tarde (16:00 h), sendo que para a dieta que incluía lemna e ração, a lemna era fornecida pela manhã e a ração à tarde.

No final do período experimental, cinco peixes de cada unidade experimental foram amostrados para determinação da composição corporal. Os peixes foram homogenizados, e uma sub-amostra foi analisada.

#### ***2.4. Ganho em peso, conversão alimentar e taxa de crescimento específico***

Para a determinação do ganho em peso (peso final – peso inicial), conversão alimentar (alimento consumido/ganho em peso) e taxa de crescimento específico ( $100 \times \ln \text{ peso médio final} - \ln \text{ peso médio inicial} / \text{dias}$ ) das tilápias alimentadas com as diferentes dietas, foram realizadas 3 biometrias ao longo do período experimental (50dias).

#### ***2.5. Fito e zooplâncton***

A produtividade de plâncton do viveiro foi estimada através de coletas realizadas ao longo de todo o período experimental. Para a análise de zooplâncton, foram realizadas 4 coletas com o auxílio de um balde de 10 l e uma rede de plâncton de 200  $\mu$ . As coletas foram realizadas em 10 pontos do tanque pré-determinados, sendo que em cada ponto filtrava-se 10 l de água com a rede de plâncton, totalizando 100 l por coleta. As amostras (250 ml) foram acondicionadas em garrafas com formol a 4% e posteriormente analisadas. Para a análise de clorofila “a” (fitoplâncton), duas

amostras de 2,0 l cada foram coletadas ao longo do período experimental. O método de extração da clorofila “a” utilizado foi o descrito por Strickland e Parsons (1968) com acetona 90%.

### **Qualidade da água**

Diariamente, a temperatura e o oxigênio dissolvido na água foram monitorados com o auxílio de um oxímetro e semanalmente foram medidos o pH, turbidez (disco de Sechi), alcalinidade e amônia em pontos do tanque previamente determinados. O pH se manteve em torno de 6,0, a alcalinidade a 20mg/l e a amônia a 5,0 mg/l ao longo de todo o período experimental. A transparência variou de 20 a 40 cm. A Figura 1 sumariza os níveis médios de oxigênio e temperatura registrados duas vezes ao dia durante todo o período experimental.

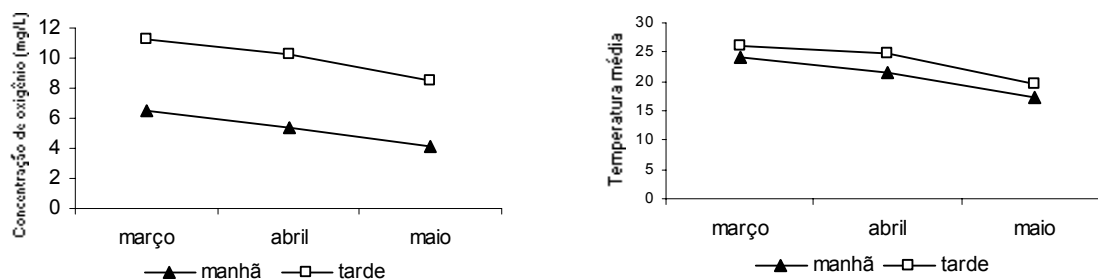


Figura 1. Temperatura média (°C) e concentração de oxigênio registrados durante o período experimental.

### **2.6. Análise estatística**

Os pesos médios referentes à biometria realizada no término do experimento foram submetidos à Análise de Variância, bem como os dados de composição corporal, ganho em peso, conversão alimentar e taxa de crescimento



específico. O teste de Tukey foi aplicado para comparação de médias, quando necessário. O nível de significância adotado foi de 5%.

### 3. Resultados

#### 3.1. Ganho em peso, Conversão alimentar e Taxa de crescimento específico

Os resultados referentes ao peso médio e ganho em peso dos peixes nas diferentes biometrias estão sumarizados na Figura 2.

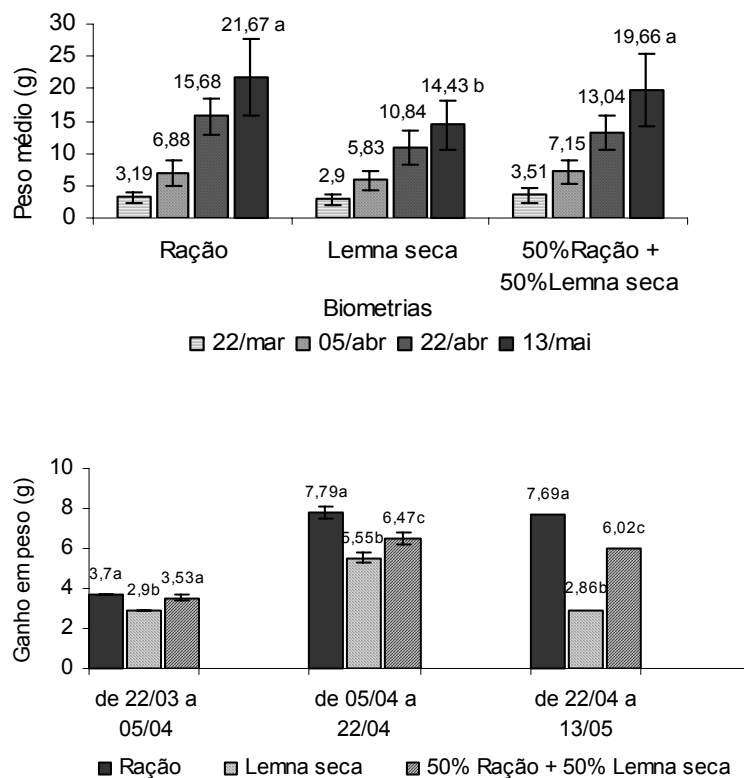


Figura 2. Peso médio de alevinos de tilápia nas diferentes biometrias, quando alimentadas com ração comercial, lemna seca e 50%ração+50% lemna seca, e ganho em peso nos períodos compreendidos entre as três biometrias.

a,b Médias da biometria final seguidas por mesma letra, não diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ )

O peso médio final dos alevinos alimentados com ração (21,67g) e dos alimentados com 50% ração +50%lemna (19,66g) não diferiram significativamente ( $p>0,05$ ), sendo superiores ( $p<0,05$ ) ao peso médio apresentado pelos alevinos alimentados somente com lemna seca (14,43g).

O ganho em peso dos alevinos alimentados com ração (3,7g) e com 50%ração+50%lemna (3,53g) não apresentaram diferença significativa ( $p>0,05$ ) para o primeiro período (22/03 a 05/04), mas nos outros dois períodos, os alevinos alimentados com ração apresentaram ganho em peso (7,79g e 7,69g) superior ( $p<0,05$ ) aos alevinos alimentados com as outras dietas. O ganho em peso dos alevinos alimentados com 50%ração + 50%lemna (6,47 g e 6,02 g) foi superior ao ganho em peso dos alevinos alimentados apenas com lemna (5,55g e 2,86g) nos três períodos avaliados ( $p <0,05$ ).

As taxas de crescimento específico dos alevinos alimentados com 50% ração+50%lemna e dos alevinos alimentados apenas com lemna não diferiram significativamente ( $p>0,05$ ), sendo 3,30 e 3,02, respectivamente. Entretanto, a taxa de crescimento específico dos alevinos alimentados com ração ( 3,72) foi superior à dos alevinos alimentados com 50% lemna+50% ração e somente lemna seca ( $p<0,05$ ).

Os resultados referentes à conversão alimentar dos peixes nas diferentes biometrias estão sumarizados na Figura 3.

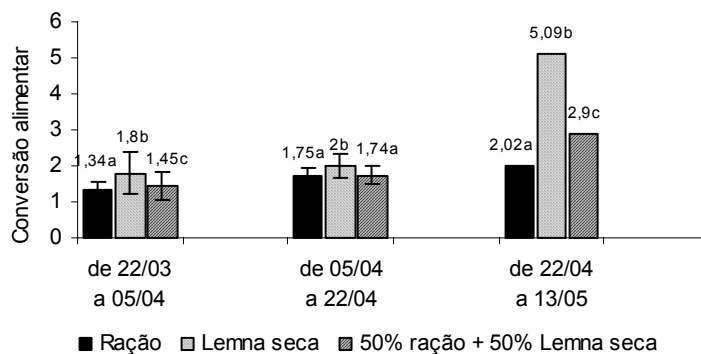


Figura 3. Conversão alimentar de alevinos de tilápia nos períodos compreendidos entre as três biometrias.

a,b Médias da biometria final seguidas por mesma letra, não diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ )

No segundo período avaliado (de 05/04 a 22/04), a conversão alimentar média dos alevinos alimentados com ração e 50% ração+50%lemna não apresentou diferença significativa ( $p > 0,05$ ), mas nos outros dois períodos, os alevinos alimentados com ração apresentaram melhor conversão alimentar ( $p < 0,05$ ). A conversão alimentar dos alevinos alimentados com lemna sempre foi pior que aquela apresentada por alevinos alimentados somente com ração e 50% ração+50% lemna, nos três períodos avaliados.

### 3.2. Composição corporal dos peixes

As análises de composição corporal dos alevinos de tilápia alimentados com ração, lemna seca e 50% ração+50% lemna estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Composição corporal dos peixes após 50 dias de alimentação com as diferentes dietas experimentais.

Dietas	Matéria seca	Gordura	Proteína Bruta (%)	Cinzas
Ração comercial	24,40 <sup>a</sup>	14,64 <sup>a</sup>	16,10 <sup>a</sup>	15,59 <sup>a</sup>
Lemna Seca	22,00 <sup>a</sup>	13,92 <sup>a</sup>	15,30 <sup>a</sup>	19,46 <sup>a</sup>
50% Ração comercial+ 50% Lemna seca	22,64 <sup>a</sup>	20,35 <sup>b</sup>	15,53 <sup>a</sup>	18,96 <sup>a</sup>

a,b Médias seguidas por mesma letra, não diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ )

Os alevinos submetidos às três dietas não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) em relação a sua composição em matéria seca, cinzas e proteína bruta. Entretanto, a gordura corporal dos alevinos alimentados com 50% ração+50% lemna foi superior a dos alevinos alimentados com apenas lemna ou ração ( $p < 0,05$ ).

### 3.3. Fitoplâncton e zooplâncton

A Figura 3 mostra a quantidade e qualidade do zooplâncton encontrado durante o período experimental. A concentração de clorofila “a” aumentou de 9,10  $\mu\text{g/l}$  na primeira coleta (05/04) para 17,97  $\mu\text{g/l}$  na segunda coleta (03/05).

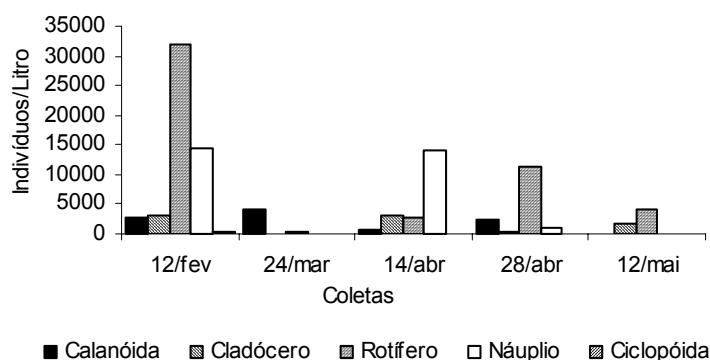


Figura 3. Grandes grupos de zooplâncton encontrados ao longo do período experimental

#### **4. Discussão**

A concentração protéica e a concentração de fibra da lemna cultivada e fornecida aos peixes no presente estudo, de 38,86% e 13,22%, respectivamente, são similares à composição desta macrófita encontrada na literatura. Segundo GIJZEN e KHONDKER (1997), as lemnáceas podem apresentar concentrações protéicas que variam de 30 a 40% e de fibra de 5 a 15%, quando cultivadas em meios ricos em nutrientes. No caso do presente estudo, o dejetos de suíno demonstrou ser um adequado fertilizante, sendo a quantidade utilizada de 1 kg/1000 L/semana.

Um aspecto a ser salientado é a praticidade de fornecimento da lemna na sua forma seca. Uma vez seca, a biomassa produzida não necessita de nenhum outro tratamento, podendo ser conservada em bolsas plásticas. Entretanto, é desejável que se refrigere o material para não haver contaminação por fungos. Além disso, a estabilidade do material na água é bem alta, pois flutua na superfície, permanecendo disponível para os peixes por aproximadamente 3 horas.

Durante o período experimental, os peixes alimentados somente com lemna seca apresentaram menor ganho em peso. Entretanto, não houve diferença no ganho em peso dos alevinos alimentados com 50% ração+50% lemna ( $p < 0,05$ ). Em experimento realizado por MOHEDANO (2004) com alevinos de tilápia nilótica, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre o ganho em peso dos alevinos alimentados com ração comercial e o ganho em peso dos alevinos alimentados com uma ração com 30% de inclusão de farinha de lemna.

Os alevinos alimentados com ração e 50% ração+50% lemna não apresentaram diferença significativa para ganho em peso ( $p > 0,05$ ) no início do período experimental (de 22/03 a 05/04, Figura 2). Em tal período, as temperaturas da água foram altas e os peixes consumiam a lemna rapidamente. Entretanto, ao longo do período experimental, a temperatura da água diminuiu e os peixes alimentaram-se menos de lemna, pois esta flutuava e eles tinham que subir à superfície para ingeri-la, sendo que os alevinos que receberam ração peletizada continuavam alimentando-se normalmente. No último período (de 22/04 a 13/05), o ganho em peso diminuiu para os três tratamentos, devido às baixas temperaturas da água. Grande parte da lemna fornecida aos alevinos não foi consumida neste período.

Apesar de terem apresentado um maior peso médio que os alevinos alimentados apenas com lemna, a taxa de crescimento específico (TCE) dos alevinos alimentados com 50%lemna + 50%ração e dos alevinos alimentados com lemna não diferiu ( $p < 0,05$ ), sendo 3,02 e 3,30, respectivamente. As taxas de crescimento específico encontradas no presente trabalho, são relativamente mais altas do que as apresentadas em outros estudos. Nos resultados obtidos por GAIGHER *et al.* (1984), onde tilápias foram alimentadas com lemna fresca e péletes, a TCE variou de 1,19 a 1,84. A razão para tal diferença pode ser explicada pelo alto teor de umidade que as lemnas apresentam na sua forma fresca (96%), o que diminui seu consumo pelos peixes. A quantidade de ar presente nas folhas das lemnas, necessária para sua flutuabilidade, também pode afetar negativamente o consumo e, ainda, o presente trabalho foi realizado a

campo, onde as tilápias tiveram acesso ao alimento natural, o que pode ter possibilitado um maior ganho em peso.

No presente estudo, a conversão alimentar dos alevinos alimentados apenas com lemna seca variou entre 1,8 e 2,0 e a conversão alimentar dos alevinos alimentados com 50% lemna+50% ração variou de 1,45 a 1,74, quando considerados apenas os dois primeiros períodos. Estes valores são comparáveis aos encontrados em outros estudos, onde a lemna foi testada como alimento. GRANOTH e PORATH (1983) alimentaram tilápias com pélets comerciais em sistema de recirculação e a melhor conversão alimentar apresentada pelos peixes foi de 2,0. Em uma revisão de índices de conversão alimentar de tilápias cultivadas em tanques-rede, alimentadas com pélets comerciais apresentada por KUBITZA (2000), os valores variaram entre 1,57 e 3,40. Em estudo realizado por HASSAN e EDWARDS (1992), onde tilápias foram alimentadas com lemna na sua forma fresca, a conversão alimentar dos peixes variou de 1,6 a 3,3. A alta conversão alimentar e o baixo ganho em peso dos peixes alimentados somente com lemna no terceiro período (Figuras 2 e 3), podem ser explicados pelas baixas temperaturas registradas no período. Como pode ser observado na Tabela 2, a temperatura média registrada no mês de maio foi de 17,19°C pela manhã e de 19,56°C à tarde. Segundo LOVELL (1998), o metabolismo e a alimentação das tilápias são reduzidos em temperaturas abaixo de 20°C, e abaixo de 16°C, os peixes tendem a não se alimentar.

Além da temperatura, outro fator que influenciou no ganho em peso dos peixes foi a estabilidade da lemna na água. Como foi citado anteriormente, a lemna é um alimento estável e flutua na água. Entretanto, com a diminuição da

temperatura da água, a ração apresentou vantagem em relação à lemna, pois afundava no tanque. Observou-se que as tilápias raramente subiam à superfície para se alimentar, quando a temperatura diminuía. Assim, os peixes que receberam somente lemna seca apresentaram resultados ainda piores de ganho em peso em relação às outras dietas, com a diminuição da temperatura da água.

Na Tabela 2, a composição corporal dos peixes foi semelhante de uma forma geral, com exceção apenas da gordura corporal, sendo que os peixes que se alimentaram de 50%lemna+50% ração acumularam significativamente mais gordura corporal. A explicação para tal fato não é clara, já que a dieta que continha somente ração apresenta a maior quantidade de gordura e a maior relação energia/proteína. Segundo HEPHER (1988), a composição da dieta determina a quantidade de gordura na carcaça dos peixes. Quanto maior a relação energia/proteína, mais alta será a concentração de lipídeos nos tecidos dos peixes.

Em experimento realizado por HASSAN e EDWARDS (1992), tilápias alimentadas com lemna fresca (5% do peso vivo em matéria seca). Os peixes apresentaram uma baixa quantidade de gordura corporal (4%) em relação aos dados obtidos no presente estudo, o que pode ser explicado pelo fato da lemna ter sido fornecida na sua forma fresca, diminuindo o consumo pelos peixes.

Com relação à produtividade do viveiro, pode-se notar na Figura 4 que no primeiro mês de experimento, a quantidade de zooplâncton diminuiu bastante, sendo que neste período as temperaturas se encontravam elevadas e as tilápias apresentaram maior ganho em peso. Segundo SCHROEDER (1983), o alimento natural presente no viveiro pode suprir quantidades significativas de nutrientes



requeridos pelos peixes. O mesmo autor afirma que, em viveiros adubados e com baixa renovação de água, cerca de 50 a 70% do crescimento de tilápias é atribuído ao consumo de alimentos naturais. De acordo com KUBITZA (2000), o plâncton, em geral, é rico em energia e em proteína de alta qualidade, e serve como fonte importante de minerais e vitaminas no cultivo de tilápias em viveiros. Pode-se concluir que as tilápias utilizaram melhor o alimento natural presente no viveiro para suprir suas necessidades em temperaturas mais elevadas. A população de cladóceros e náuplios que se encontrava em maior número no início do experimento, praticamente desapareceu quando as tilápias foram colocadas no tanque. À medida que a temperatura da água diminuiu, a quantidade de alimento natural no viveiro aumentou, sugerindo que as tilápias se alimentavam menos de zooplâncton.

A concentração de clorofila "a" que era 9,104 µg/l na primeira coleta, aumentou para 17,97µg/l na segunda coleta. Segundo SIPAÚBA e GAGLIANONE (1993) a concentração mais freqüente de clorofila "a" em viveiros fertilizados podem apresentar concentrações que variam de 150 a 688,99 µg/l. Sendo assim, pode-se concluir que a quantidade de fitoplâncton encontrada no viveiro foi relativamente baixa, sofrendo um pequeno aumento durante o período experimental, devido ao aporte maior de matéria orgânica no viveiro, o que provavelmente favoreceu a ploriferação de organismos fitoplanctônicos. A água do viveiro, por ser relativamente escura e turva, pode ter diminuído a penetração de raios solares, impedindo uma maior ploriferação destes organismos.

## **5. Conclusões**

O peso médio final de tilápias cultivadas na fase de alevino até a fase juvenil não diferiu estatisticamente quando se substituiu 50% da ração comercial por lemna seca, produzida com dejetos suíno. A baixa temperatura da água no mês de maio foi limitante, influenciando negativamente no ganho em peso dos peixes alimentados apenas com lemna seca. Portanto, a utilização da lemna como única fonte de alimento para peixes pode apresentar melhores resultados no desempenho nutricional dos alevinos se for fornecida nas épocas mais quentes do ano. O fornecimento da lemna seca no inverno como única fonte de alimento é inviável.

Considerando que em um cultivo semi-intensivo, a ração pode representar até 70% do custo de produção, este resultado pode representar a diminuição de até 35% no custo de produção. Entretanto, a viabilidade econômica de tais sistemas dependerá da produção das lemnas e dos custos envolvidos no processo.

## **6. Referências bibliográficas**

FSAKIN, E.A., BALOGUN ; B.E. FASARU, 1999. Use of duckweed, *Spirodela polyrriza*, L. Schleiden, as a protein feedstuff in practical diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture Research* 30: 313-318.

- GAIGHER, I.G.; PORATH, D.; GRANOTH, G. 1984. Evaluation of duckweed (*Lemna gibba*) as feed for tilapia (*O. niloticus* x *O. aureus*) in a recirculating unit. *Amsterdam Aquaculture* 41: 235-244 p.
- GIJZEN, H. & KHONDKER M. 1997. An overview of the ecology, physiology, cultivation and application of duckweed, literature review. Report of Duckweed research Project, Dhaka, Bangladesh.
- GRANOTH, R. & PORATH, D. 1983. An attempt to optimize feed utilization by tilapia in a flow-through aquaculture. In: L. Fishelson and Z. Yaron (Editors), Proc. Int. Symp. On Tilapia in Aquaculture. Tel Aviv Univ. Press, Tel Aviv, pp 550-558.
- HASAN, M. S. & P. EDWARDS. 1992. Evaluation of duckweed (*L. Perpusilla* and *Spirodela polyrriza*) as feed for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 104: 315-326.
- HEPHER, B. 1988. Nutrition of pond fishes. Cambridge University Press 1988. 388p.
- KUBITZA, F. 2000. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. Jundiaí: F, Kubitza, 2000, 285p.

- LOVSHIN, L.L., CYRINO, J.E.P. Status of commercial fresh water fish culture in Brazil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 2, 1998, Piracicaba. *Anais*. Piracicaba: CBNA, 1998. p. 1-20.
- MOHEDANO, R.A. 2004. Tratamento de efluente e produção de alimento, em cultivos de tilápias (*Oreochromis niloticus*), através da macrófita aquática *Lemna valvidiana* (Lemnaceae) – Uma contribuição para a sustentabilidade da aqüicultura. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Aqüicultura.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. e GAGLIANONE, M.C. 1993. Estudo preliminar da sucessão dos parâmetros físicos, químicos e biológicos em dois viveiros de piscicultura. *Red Acuicultura Boletim*, 7 (1): 8-12.
- SKILICORN, P. W.; SPIRA, W; JOURNEY, W., 1993. Duckweed aquaculture, a new aquatic farming system for developing countries. The World Bank, Washington, D.C.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO

AGENDIA, P. ; THEOPHILE, F.; DENIS, S.; MAGLOIRE, K. 1998. The appearance of two duckweed species in sewage effluents in Yaounde (Cameroon), and their possible use for sewage treatment and feed production. *Bulletin of the Geobotanical Institute' ETH*. (0): 63-68p.

ALAERTS, G. ; MAHBUBAR, R.; KELDERMAN, P.1996. Performance analysis of a full-scale duckweed-covered sewage lagoon. *Water Research* 30 (4), 843-852.

ARCEIVALA, S.J. 1981. *Wastewater treatment and disposal*. Marcel Dekker, New York. 892p.

AWUAH, E. 2001. Environmental conditions and pathogen removal in macrophyte- and algal-based domestic wastewater treatment. *Water Science and Technology*. 44: (6): 11-18p.

AYAZ, S. C. & AKCA, L. 2001 Treatment of wastewater by natural systems. *Environment International*. 26: (3) 189 –195.

BARNES, D. & BLISS, P.J. 1983. Biological control of nitrogen in wastewater treatment. London, U.K.: E and FN Spon. 3pp.

BAVARESCO A. S .L. 1998. Lagoas de aguapés no tratamento terciário de dejetos de suínos. Florianópolis, 78 pp. Dissertação de Mestrado – Engenharia de produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

BELLI FILHO, P., CASTILHOS JR., A.B., COSTA, R.H.R., SOARES, S.R. e PERDOMO, C.C. 2001. Tecnologias para o tratamento de dejetos suínos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, n.1, p 166-170.

BENTON, A. R. JR., JAMES, W. P.; ROUSE, J.W. JR. 1978. Evapotranspiration from Water Hyacinth *Eichornia crassipes* in Texas Reservoirs. Water Resour. Bull., 14: 919-930.

BONOMO, L.; PASTORELLI, G.; ZAMBON, N. 1997. Advantages and limitations of duckweed-based wastewater treatment systems. Water Science and Technology 35 (5), 239-246.

BRIX, H. 1987. The applicability of the wastewater treatment plant in Othiresen as scientific documentation of the rootzone method. *Wat Sci. Tech*: 19 19-24.

BRIX, H. & SCHIERUP, H. 1989. The use of macrophytes in water-pollution control. *Ambio*, v 18, n.2.

- BOYD, C. E. 1990. Water quality in ponds of aquaculture. Auburn University Alabama 482 pp.
- CAICEDO, J.R., VAN DER STEEN, N.P., ARCE, O. ; GIJZEN, H.J.2000. Effect of Total ammonia nitrogen concentration and pH on growth rates of duckweed (*Spirodella polirrhiza*). *Wat. Res.* 34: 15, 3829-3835.
- COILLARD, J. & TEXIER, C. 1994. Le traitemént à la ferme des lisiers de porcs excedentaires. *J. Rech. Porcines, Inst. Tech. Porc. Ed. Paris*, 26 pp. 141-150.
- COLEMAN, J. 2001. Treatment of domestical wastewater by tree plant species in constructed wetlands. *Water Air and Soil Polution.* 128: (3-4) 283 – 295 JUN.
- COSTA, R.H.R. Lagoas de alta taxa de degradação e de aguapés no tratamento terciário de dejetos suínos. Florianópolis, 1997. Trabalho apresentado como parte dos requisitos de concurso público para Professor Titular. Universidade Federal de Santa Catarina.
- CULLEY, D. D. & MYERS, R.W.1978. Effect of harvest rate on duckweeds yield and nutrient extraction dairy waste lagoon. In D.D. Culley and J.B. Frye (eds.) U.S. Department of Energy Final Report. School of Forestry and Wildlife Management, Louisiana state University, Baton Rouge. 6pp.

DE BUSK, T.A. & REDDY, K.R., 1987. BOD<sub>5</sub> removal in floating aquatic macrophyte-based wastewater treatment systems. *Proc. Int. Conf. Waste Stabilization Ponds, Lisboa, Portugal, 9 July-15 July*

DECAMP, O. & WARREN, A. 2000. Investigation of *Escherichia coli* removal in various designs of subsurface flow wetlands used for wastewater treatment. *Ecological Engineering*. 14 (3): 293-299 FEB.

EL-SAYED, A.F.M. 1999. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis spp.* *Aquaculture*, 179:149-168.

ELSER J.J.; MARZOLF E.R.; GOLDMAN C.R.. 1990. Phosphorus and nitrogen limitation of phytoplâncton in the freshwaters of North America: a review of critique of experimental enrichments. *Can J. Fish Aquatic Sci*, 47: 1468-77.

EPA, Environmental Protection Agency. 1983. *Design manual. Municipal wastewater stabilization ponds*. United States Environmental Protection Agency. 327 p.

EPAGRI. *Aspectos práticos do manejo de dejetos suínos*. Florianópolis: EPAGRI/EMBRAPA-CNPSA, 1995. 106p



FASAKIN, E.A., BALOGUN ; B.E. FASARU, 1999. Use of duckweed, *Spirodela polyrriza*, L. Schleiden, as a protein feedstuff in practical diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture Research* 30: 313-318.

FORNI, C. 2001. Evaluation of the water fern *Azolla filiculoides* grown in natural ecosystems and wastewater. *Water research*. 35: (6) : 1592-1598p.

FRANKENBACH, R.I. & MEYER, J.S. 1999. Nitrogen removal in surface-flow wastewater treatment wetland. *Wetlands*. 19:(2) 403-412 JUN.

GAIGHER, I.G.; PORATH, D.; GRANOTH, G. 1984. Evaluation of duckweed (*Lemna gibba*) as feed for tilapia (*O. niloticus* x *O. aureus*) in a recirculating unit. *Amsterdam Aquaculture* 41: 235-244 p

GIJZEN, H. & KHONDKER M. 1997. An overview of the ecology, physiology, cultivation and application of duckweed, literature review. Report of Duckweed research Project, Dhaka, Bangladesh.

GIJZEN, H.J. & MULDER, A. 2001. The nitrogen cycle out of balance, *Water Res.*, 21: 38-40.

GODFREY, P.J.; KAVNOR, F.R.; PELEZATSKII, S.; BENTORADO, J. (eds.) 1985.

Ecological considerations in wetland treatment of municipal waste waters.

Van Nostrand Reinhold Company, NY, 473 p.

GUIVANT, J.S. 1998. Conflitos e negociações das políticas de controle ambiental:

Caso da suinocultura em Santa Catarina. *Revista Ambiente & Sociedade*, ano

1, n.2, p. 101-123.

HAMMOUDA, O., GABER, A.; ADBEL-HAMMED M.S. 1995. Assessment of the

effectiveness of treatment of waste-water-contaminated aquatic systems with

*Lemna gibba*. *Enz. Microb. Tech.* 17, 317-323.

HORNE A.J.; GOLDMAN C.R. *Limnology*, 2<sup>nd</sup> ed. New York: McGraw-Hill;

1994.627pp.

HASAN, M. S. & P. EDWARDS.1992. Evaluation of duckweed (*L. Perpusilla* and

*Spirodela polyrriza*) as feed for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*).

*Aquaculture* 104: 315-326.

HAYASHI, C. 1995. Breves considerações sobre as tilápias. In: RIBEIRO, R.P.,

HAYASHI, C., FURUYA, W.M. (Eds.) *Curso de piscicultura-Criação racional*

*de tilápias*. p.4.

HOSSAIN, M.A. & SHIKHA, F.H. 1997. Apparent protein digestibility coefficients of some low protein ingredients for African catfish, *Clarias gariepinus*. *Bangladesh-Journal-of-Zoology*. 25 (1): 77-82 p.

IQBAL, S., 1999. *Duckweed aquaculture. Potentials, possibilities and limitations, for combined wastewater treatment and animal feed production in developing countries*. Switzerland. SANDEC report n.6 91pp. mar.

JOURNEY, W. K.; SKILLICORN, P.; SPIRA, W. 1993 *Duckweed aquaculture. A new aquatic farming system for developing countries*. World Bank Publication. 67pp. Washington, D.C.

KÖRNER, S. & VERMAAT, J.E. 1998. The relative importance of *Lemna gibba*, bacteria and algae for the nitrogen and phosphorus removal in duckweed – covered domestic wastewater. *Water Research*. 32: (12) 3651- 366.

KÖRNER, S., LYATUU, G.B. ; VERMAAT, J.E. 1998. The influence of *Lemna gibba* on the degradation of organic material in duckweed-covered domestic wastewater. *Water Research*: 32 (10) 3092-3098.

KHAN, M.J.; STEINGASS H.; DROCHNER, W. 2002. Evaluation of some aquatic plants from Bangladesh through mineral composition, in vitro gas

production and in situ degradation measurements. *Asian – Australian journal of animal Science*. 15 (4): 537-542p.

KUBITZA, F. 2000. *Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial*. Jundiaí: F, Kubitza, 2000, 285p.

KUBITZA, F. 2003. Evolução da tilapicultura no Brasil. *Panorama da Aqüicultura*. Rio de Janeiro 76 (13): 78pp.

LANDESMAN, L.; CHANG, J.; YAMAMOTO, Y.; GOODWIN, J. 2002. Nutritional value of wastewater-grown duckweed for fish and shrimp feed. *World Aquaculture* 33 (4): 39-40p

LANDOLT, E. 1986. The family of lemnaceae- a monographic study.. *Veröffentlichungen des geobotanischen Institutes der ETH Zürich*, Stiftung Rübél, Vol. 1, n.71 566 pp.

LANDOLT, E. & KANDELER. 1987. The family of lemnaceae – a monographic study: Phytochemistry, physiology, application and bibliography. In *Biosystematic Investigations in the Family of Duckweeds*

(Lemnaceae). *Veröffentlichungen des geobotanischen Institutes der ETH*.  
Zürich. Stiftung Ruebel, Vol 4, n.95: 638pp.

LOVSHIN, L.L. Tilapia farming: a growing worldwide aquaculture industry. In:  
SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 1, Piracicaba, 1997.  
*Anais...* Piracicaba: CBNA, 1997. p.137-164.

MANDI, L. 1994. Marrakesh wastewater purification experiment using  
vascular aquatic plants *Eichornia crassipes* and *Lemna gibba*. *Wat. Sci.*  
*Technol.* 29, 283-287.

MBAGWU, L. & ADENIJI, H.A. 1988. Nutritional content of duckweed (*Lemna*  
*paucicostata*) in the Kainji lake area. Nigeria, *Aquat. Bot.* 29, 357-366.

MOHEDANO, R.A. 2004. Tratamento de efluente e produção de alimento, em  
cultivos de tilápias (*Oreochromis niloticus*), através da macrófita aquática  
*Lemna valvidiana* (Lemnaceae) – Uma contribuição para a  
sustentabilidade da aqüicultura. Dissertação de mestrado. Universidade  
Federal de Santa Catarina. Departamento de Aqüicultura.

NGO, V., 1987. Boosting pond performance with aquaculture. *Operations Forum* 4.  
20-23.

OLIVEIRA, P.A.V. 1993. Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos. Concórdia: EMBRAPA – CNPSA. 188p.

OLIVEIRA, F.F. , GONÇALVES R. F. 1995. Readaptação de ETEs com lagoas de estabilização facultativas a padrões rigorosos de qualidade através de biofiltros aerados submersos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 18, Salvador, 17-22 de setembro 1995. ABES.

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

ORON, G., PORATH D. & JANSEN, H. 1987. Performance of duckweed species *Lemna gibba* on municipal waste'water for effluent renovation and protein production. *Biotechnology & Bioengineering* 29 (2), 258-268.

ORON, G., DE VEGT A.; PORATH D. 1988. Nitrogen removal and conversion by duckweed grown on wastewater. *Wat Res.* 22(2), 179-184.

ORTH H. G. & SAPKOTA, D. P. 1988. Upgrading a facultative pond by implanting Water Hyacinth. *Water Res.*, 22: 1503-1511.

- PEETZ, V.S.; CASTRO, F.G.; CAMARGO, J.C.; BERSANO, J.G.; BUENO, C.R.F.; ALMEIDA, J.E.; SILVA L.B. 1996. Cadeia Produtiva da carne suína no Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto de Economia Agrícola., Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, 57p.
- PORATH, D. & POLLOCK, J., 1982. Ammonia stripping by duckweed and its feasibility circulating aquaculture. *Aquat. Bot.*, 13: 125-131.
- REED, S.C. ; MIDDLEBROOKS, E.J.; CRITES, R.W. 1988. *Natural systems for Waste Management and Treatment*. McGraw-Hill, New York.
- REED, S. C.; CRITIES R W.; MIDDLEBROOKS, E. J. 1995 *Natural systems for Waste Management and Treatment*, 2<sup>nd</sup> ed. McGraw-Hill Inc, New York
- REJMÁNKOVÁ, E. 1971. The influence of temperature and irradiance on the growth and production of duckweeds (*Lemna gibba*, *Lemna minor* and *Spirodela polyrrhiza*). Thesis, Charles University, Prague. 100pp (In Czechoslovakian)
- REYSSAC, J.S. 1998. Biotreatment of swine manure by production of aquatic valuable biomasses. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 68: 177-186.

- ROPPA, L. 1999. Situação atual e tendências da suinocultura mundial. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA E QUALIDADE NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE SUÍNOS. NUPEA/ESALQ/USP.1, 1999, Piracicaba, p. 196-206
- SAID, M.Z.; CULLEY, D.D.; STANDIFER, L.C.; EPPS, E.A.; MYERS, R.W; BONEY, S.A. 1979. Effect of harvest rate, waste loading and stocking density on the yield of duckweeds. Proceedings World Mariculture Society 10: 769-780.
- SEGANFREDO, A.M. Os dejetos de suínos são um fertilizante ou um poluente no solo? Caderno de Ciência e Tecnologia, Brasília, v.16, n.3, p. 129-141, 1999.
- SEZERINO, P.H. Utilização de biofiltros com macrófitas (Vertical Constructed Wetlands) como pós-tratamento de lagoas de estabilização aplicadas aos dejetos de suínos. 2002. 122p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina.
- SKILICORN, P. W.; SPIRA, W; JOURNEY, W., 1993. Duckweed aquaculture, a new aquatic farming system for developing countries. The World Bank, Washington, D.C.



SO, M.L., 1987. Growth characteristics of duckweeds and their potential use as organic fertilizer in Hong-Kong. In: K.R. Reddy and W.H. Smith (Editors), Aquatic Plants for Water treatment and Resources Recovery. Magnolia Publication Inc., Orlando, Florida, pp.755-762.

SOARES, J., SILVA, S.A., OLIVEIRA, R., ARAÚLO A.L.C., MARA, D.D., PEARSON, H.W. (1995). Ammonia removal in a pilot-scale wsp complex in Northeast Brazil. In: 3<sup>rd</sup> IAWQInternational Specialist Conference. Waste Stabilization Ponds: technology and applications. João Pessoa, PA, 27-31 março 1995.

SOTO, F. 1999. Role of *Scirpus Ilacustris* in bacterial and nutrient remove from wastewater. Water Science and Technology, 40: (3) p.241-247.

TACON, A.G.J. , 1993. Feed ingredients for warmwaterfish. Fish meal and other processed feedstuffs, FAO Fish. Circ. No. 856, FAO, Rome, Italy, 64 pp.

TAKITANE, I. C. Produção de dejetos e caracterização de possibilidades de aproveitamento em sistemas de produção de suínos com alta tecnologia no estado de São Paulo. 2001. 137p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas do Campus de Botucatu – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

- TESTA, V.W.; NADAL, R.; MIOR, L.C.; BALDISSERA, I.T.; CORTINA, N. O *desenvolvimento sustentável no Oeste Catarinense. Florianópolis: empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, 247p, 1996.*
- TRIPATHI, B. D. & SHUKLA S. C. 1991. Biological treatment of wastewater by selected aquatic plants. *Environmental Pollution*, 69: p.69-78.
- VAN DER STEEN, P.; BRENNER A.; VAN BAUREN J; ORON G. 1999. Post-treatment of UASB reactor effluent in an integrated duckweed and stabilization pond system. *Water research* 33 (3), 615-620.
- VERMATT, J. E. & HANIF, K.M. 1998. Performance of common duckweed species (*Lemnaceae*) and the water-fern *Azolla filiculoides* on different types of waste water. *Water Research* 32 (9), 2576.
- VINES, H. M. & WEDDING, R.T. 1960 Some effects of ammonia on plant metabolism and a possible mechanism for ammonia toxicity. *Plant Physiology* 35, 820-825.
- VON SPERLING, M. *Lagoas de estabilização. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. 140p. 1996*

VROON R. & WELLER B. 1995. Treatment of domestic wastewater in a combined UASB-reactor duckweed pond system. Doktoraal verslagen, series Nr. 95-07, Dept. Env. Tech., Agric. University Wageningen, The Netherlands.

WARREN, K. S. 1962. Ammonia toxicity and pH. *Nature* 195, 47-49.

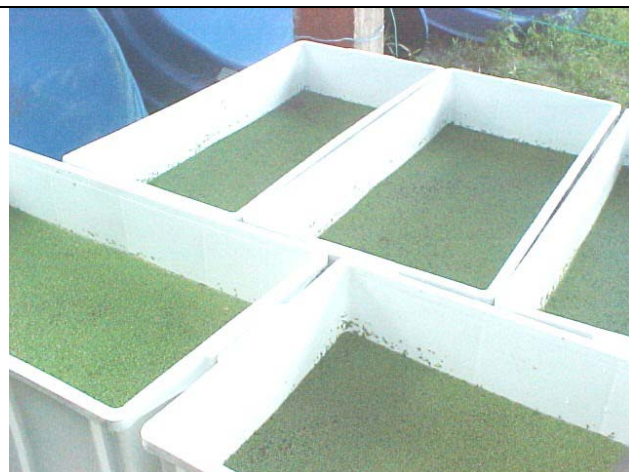
WOLVERTON, B.C.; MC DONALD, R.C. 1980. Energy from vascular plants in wastewater treatment systems, *Econ. Bot.*, 35: 224-232.

ZIRSCHKY, J. & REDD, S.C. 1988. The use of duckweed for wastewater treatment. *J. WPFC* 60: 1254-1285.

Anexo I -



Cultivo da *Lemna* sp antes do período experimental



Unidades experimentais – experimento 1



Coleta da biomassa excedente



Secagem a biomassa produzida em estufa



Garrafas de coleta



Homogenização do efluente



Anexo II – Piscicultura Panamá (Segunda Fase do experimento)



Processo de secagem da *Lemna* sp



Tanques-rede utilizados no experimento



Tanques-rede – vista lateral



Comedouros utilizados no experimento



Biometria final



Tilápias alimentando-se de lemna

Anexo III-  
Biometria inicial tilápias 22/03/2004-09-01

Biometria inicial 22/03/2004																	
T1R1		T1R2		T1R3		T2R1		T2R2		T2R3		T3R1		T3R2		T3R3	
Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)
2	4	3	5	3	5	3	5	3	5	2	4	3	4	7	6	5	6
4	5	3,5	5	4	6	2	4	2	4	4	5	3	4	3	4	2,5	4
2,5	4	3	5	4	6	2	4	2	4	3	4	3	4	4	5	4	5
3	5	2	4	3,5	5	2	4	2	4	2,5	4	4	6	2	4	4	6
4	5	2	4	3	5	2	4	2	4	2,5	4	4	6	2,5	4	5	6
5	6	3	5	4	6	2,5	4	2,5	4	3	5	4	6	3,5	5	5,5	6
2	4	4	6	4	6	3	5	3	5	2	4	5	6	4,5	5	4	5
2	4	2	4	3	5	3	5	3	5	2	4	3	4	3	5	4,5	5
3,5	5	3	5	4	5	3,5	5	3,5	5	2	4	4	6	3	5	5	5
2	4	4	5	5	5	3,5	5	3,5	5	3	5	4,5	6	4	6	3	4
5	6	5	5	4	5	3	5	3	5	4	5	2	4	4	6	3,5	4
4	5	2	4	3	5	2	4	2	4	2,5	4	2,5	4	4,5	6	2	4
3	5	3	5	4	6	2	4	2,5	4	2	4	5	6	5	6	2,5	4
2	4	4	5	3	5	2	4	2,5	4	3	5	5,5	6	3	5	2	4
2	4	3,5	5	4	6	3,5	5	3,5	5	2	4	4,5	5	3,5	5	3	5
3	5	3,5	5	3,5	5	4	6	4	6	4	5	3,5	5	2	4	3,5	5
3	5	2,5	4	2	4	4	6	4	6	3	5	3	5	2,5	4	2	4
4	6	4,5	5	2	4	3,5	5	3,5	5	2	4	4	5	2	4	2,5	4
3	5	3	5	3	5	4,5	6	4,5	6	2	4	2	4	4	6	3	5
2,5	4	2	4	2	4	5	6	5	6	3	5	2,5	4	2,5	4	3,5	5
<b>Médias</b>																	
3,07	4,75	3,125	4,75	3,4	5,15	3,00	4,8	3,05	4,8	2,67	4,4	3,6	5,00	3,47	4,95	3,5	4,8
<b>Desvio padrão</b>																	
0,99	0,71	0,88	0,55	0,80	0,67	0,93	0,76	0,88	0,76	0,71	0,50	1,00	0,91	1,21	0,82	1,10	0,76

Biometria 05/04/2004

Biometria 05/04/2004																	
T1R1		T1R2		T1R3		T2R1		T2R2		T2R3		T3R1		T3R2		T3R3	
Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)
8	7	11	9	9	8	8	7	5	6	4	6	6	7	7	7	4	5
6	7	7	7	7	6	8	7	5	6	3	5	4	5	9	8	6	6
9	8	7	7	7	6	7	6	5	6	4	6	8	7	5	6	6	6
9	7	7	7	9	8	8	7	7	6	2	4	11	8	9	8	9	8
10	8	9	7	9	8	5	5	4	5	3	5	8	6	8	7	5	6
5	7	9	7	9	8	9	8	8	7	5	6	7	5	8	7	4	5
7	5	3	5	9	8	9	8	9	8	5	6	8	7	8	7	6	6
6	6	6	7	10	8	9	8	7	5	5	6	7	6	7	7	9	8
5	7	5	6	8	7	10	9	5	5	5	6	4	5	7	7	5	6
6	6	4	7	4	7	9	8	5	4	3	5	6	6	7	6	7	7
7	7	7	8	9	7	8	6	5	6	6	6	9	7	7	7	5	6
6	8	4	6	8	5	6	6	2	4	5	6	12	8	8	7	8	7
6	8	4	6	6	5	9	7	6	8	3	5	6	6	9	6	12	8
4	5	3	5	7	8	7	6	3	6	4	6	8	7	9	6	9	7
6	6	5	6	6	7	7	6	6	7	4	6	7	6	6,5	6	7	7
5	7	7	6	5	5	7	6	2	4	4	6	10	8	6,5	6	5	6
6	6	10	8	12	8	8	7	6	8	5	6	8	7	7	7	4	5
8	7	11	9	6	6	8	5	9	9	7	7	7	6	6	6	7	7
7	7	5	5	4	7	7	7	4	5	4	5	11	8	6	6	4	5
5	7	8	8	6	8	6	6	5	6	6	7	10	7	6	6	4	5
Médias																	
6,55	6,8	6,6	6,8	7,5	7,0	7,75	6,75	5,4	6,05	4,35	5,75	7,85	6,6	7,3	6,65	6,3	6,3
Desvio padrão																	
1,57	0,89	2,50	1,19	2,06	1,12	1,25	1,06	1,95	1,43	1,22	0,71	2,18	0,99	1,16	0,67	2,20	1,03

Biometria 22/04

Biometria 22/04/2004																	
T1R1		T1R2		T1R3		T2R1		T2R2		T2R3		T3R1		T3R2		T3R3	
Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)
21	10	12,7	9	16,2	9	14,2	8,7	14,2	9,3	13,9	9	12,2	8,5	17,4	10	17,1	9,7
17,3	9,5	10,2	8,3	18,8	9,7	15,5	9,2	10,5	8,5	8	7,5	12,4	8,7	10,5	8,5	11,5	8,5
23,4	10,5	13,3	8,7	14,8	9,1	15,4	9	12,11	8,5	6,4	7	16,9	10,5	12,7	9	14,8	9
16	9,7	13,6	9	14,6	9,3	14,3	9	15,8	9,5	8,9	7,5	15,1	9,5	13,5	8,5	10,9	8,5
18,3	9,7	12	8,5	12,6	9	10,7	8	12,5	8,7	7,9	7,5	16,6	9	13,9	9	11,4	8,5
15,2	8,3	12	8,5	12,9	9	9,4	7,8	10,5	7,5	7,3	7,5	10,4	8	11,5	8,5	16,9	9,8
15,3	8	15,8	9	11,2	8,8	10,5	8,2	10,5	8,5	14,7	9,0	8	7,5	12,1	8,6	12,9	9
15,8	8,8	21,8	10	21,3	10	8,5	7,3	14,4	9	7,5	7,5	11,4	8,5	14,8	9,5	14,9	9,5
18,4	9,5	14,7	9	16,8	9,5	9,6	7,9	7,5	7,5	8,8	7,5	12,2	8,7	12,6	8,5	12,3	9
15,1	9,3	16,2	9,3	13,3	9	10	8	8,4	7,5	7,3	7,5	8,6	7,5	18,2	9,6	9,3	8
21	10	12,7	9	16,2	9	14,2	8,7	14,2	9,3	13,9	9	12,2	8,5	17,4	10	17,1	9,7
17,3	9,5	10,2	8,3	18,8	9,7	15,5	9,2	10,5	8,5	8	7,5	12,4	8,7	10,5	8,5	11,5	8,5
23,4	10,5	13,3	8,7	14,8	9,1	15,4	9	12,11	8,5	6,4	7	16,9	10,5	12,7	9	14,8	9
16	9,7	13,6	9	14,6	9,3	14,3	9	15,8	9,5	8,9	7,5	15,1	9,5	13,5	8,5	10,9	8,5
18,3	9,7	12	8,5	12,6	9	10,7	8	12,5	8,7	7,9	7,5	16,6	9	13,9	9	11,4	8,5
15,2	8,3	12	8,5	12,9	9	9,4	7,8	10,5	7,5	7,3	7,5	10,4	8	11,5	8,5	16,9	9,8
15,3	9	15,8	9	11,2	8,8	10,5	8,2	10,5	8,5	14,7	9,0	8	7,5	12,1	8,6	12,9	9
15,8	8,8	21,8	10	21,3	10	8,5	7,3	14,4	9	7,5	7,5	11,4	8,5	14,8	9,5	14,9	9,5
18,4	9,5	14,7	9	16,8	9,5	9,6	7,9	7,5	7,5	8,8	7,5	12,2	8,7	12,6	8,5	12,3	9
15,1	9,3	16,2	9,3	13,3	9	10	8	8,4	7,5	7,3	7,5	8,6	7,5	18,2	9,6	9,3	8
<b>Médias</b>																	
17,5	9,3	14,2	8,93	15,25	9,24	11,81	8,31	11,64	8,45	9,07	7,75	12,38	8,64	13,72	8,97	13,2	8,95
<b>Desvio padrão</b>																	
2,63	0,66	3,06	0,46	2,93	0,36	2,64	0,61	2,59	0,71	2,78	0,65	2,97	0,88	2,40	0,53	2,55	0,57



Biometria final- 13/05

<b>Biometria 13/052004</b>																	
T1R1		T1R2		T1R3		T2R1		T2R2		T2R3		T3R1		T3R2		T3R3	
Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)	Peso (g)	Comp (cm)
		28	10	28	13	16	11	24	11	16	10	16	12	22	12	24	11
		34	13	22	11	18	11	16	11	18	10	18	8	16	21	24	10
		18	10	30	12	14	10	14	10	12	8	12	10	12	10	14	8
		16	10	22	12	12	9	24	12	12	9	18	11	22	10	24	10
		30	13	24	12	24	12	16	10	14	10	18	9	26	12	22	10
		30	11	26	12	14	9	18	10	10	9	26	12	24	12	16	10
		28	12	26	11	22	11	14	10	8	9	16	9	30	13	22	11
		22	11	26	12	14	10	14	10	8	9	22	11	20	11	22	10
		22	12	16	8	18	11	13	10	12	9	26	10	26	12	12	9
		22	12	20	12	14	10	10	10	14	10	28	11	24	11	14	9
		22	11	20	11	14	10	12	10	14	10	14	10	24	10	16	10
		10	10	14	10	20	11	12	10	10	9	10	10	32	13	12	9
		14	11	14	11	16	10	16	11	12	9	16	10	16	11	14	9
		18	10	15	10	28	11	10	10	14	10	24	10	22	11	12	9
		18	11	22	12	14	10	14	10	14	10	20	10	16	11	12	9
		24	12	30	12	12	9	14	11	12	9	16	10	16	15	30	12
		24	11	31	13	12	11	10	10	18	11	16	10	26	13	28	11
		15	10	18	10	8	9	16	11	14	10	30	12	10	10	16	10
		16	9	18	11	16	10	9	10	12	9	14	10	24	12	16	10
		12	9	22	12	16	11	12	8	10	9	18	11	22	10	22	10
<b>Médias</b>																	
		21,15	10,9	22,2	11,35	16,2	10,3	14,4	10,25	12,7	9,45	18,9	10,3	21,5	12	18,6	9,85
<b>Desvio padrão</b>																	
		6,54	1,16	5,37	1,18	4,62	0,86	4,07	0,78	2,77	0,68	5,44	1,03	5,68	2,49	5,69	0,93

Valores médios por cada tratamento

Biometrias realizadas- Valores médios por repetição

Biometria inicial- 22/03				médias
T1	3,07	3,12	3,4	3,19
T2	3,0	3,05	2,67	2,90
T3	3,6	3,45	3,5	3,51
Biometria – 05/04				
T1	6,55	6,6	7,5	6,88
T2	7,75	5,4	4,35	5,83
T3	7,85	7,3	6,3	7,15
Biometria – 22/04				
T1	17,58	14,23	15,25	15,68
T2	11,81	11,64	9,07	10,84
T3	12,38	13,72	13,02	13,04
Biometria final – 13/05				
T1	-	21,15	22,2	21,67
T2	16,2	14,4	12,7	14,43
T3	18,9	21,5	18,6	19,66