

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**FITOTRATAMENTO DE EFLUENTE DE AQUACULTURA COM *Azolla  
filiculoides***

**JOSÉ AMÉRICO DA SILVA AIUB  
Engenheiro Agrícola/ULBRA**

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de  
Mestre em Zootecnia  
Área de Concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil

Março de 2006

## AGRADECIMENTOS

À professora Silvia Guimarães de Souza pela orientação, incentivo e encaminhamento na atividade científica.

Ao professor José Braccini Neto pela amizade e auxílio prestado.

Ao professor Dércio Scholles pela doação das Azollas.

Aos funcionários Luis Antônio e Adão do Departamento de Solos e às funcionárias Ângela, Débora e Mônica do Laboratório de Nutrição Animal pela amizade e ensinamentos nas análises laboratoriais.

À funcionária Rosária e aos estagiários do Setor de Aquacultura, Maria Emilie, Ivan, Caetano, Samanta e Francielle.

Aos colegas de mestrado Rodrigo Vargas, Rodrigo Mabilia, Leonardo Bolognesi da Silva e Cristiano da Rosa Pereira.

Ao colega Edir Oliveira da Fonseca pela amizade e por ter cedido material para minhas análises.

À piscicultura Engenho Velho Ltda pela colaboração e doação dos animais e efluente.

In memoriam de meu pai, Américo Ferreira Aiub, exemplo de fé e dedicação que me fez chegar até aqui.

A minha mãe, Rosa da Silva Aiub pelo amor e carinho. Aos irmãos Miguel, Luciano e Roberto pelo companheirismo e apoio.

A esposa Irene pelo amparo e incentivo nos momentos de dúvida e incertezas.

Em especial ao meu filho Mauricio, que compreendeu a importância do estudo e o sacrifício por um futuro melhor.

## **FITOTRATAMENTO DE EFLUENTE DE AQUACULTURA COM *Azolla filiculoides*<sup>1</sup>**

Autor: José Américo da Silva Aiub

Orientadora: Sílvia Maria Guimarães de Souza

### **RESUMO**

A aquacultura pode gerar considerável impacto ambiental pelo alto nível de N e P produzido. Este fato reflete a necessidade de mais estudos sobre a remoção daqueles nutrientes. O objetivo deste estudo foi avaliar o uso de *Azolla filiculoides* na remoção de N e P de efluentes com diferentes densidades de coberturas e períodos de tempo, com e sem sedimentação prévia. Ambos os trabalhos foram desenvolvidos no Setor de Aquacultura da UFRGS. A planta *Azolla filiculoides* foi distribuída em proporções de 0% (controle), 25%, 50% e 75% da superfície das caixas plásticas. O período do experimento foi de 10, 20 e 30 dias, com três repetições num delineamento inteiramente casualizado. O efluente foi procedente de tanque de piscicultura. O melhor tempo de duplicação (TD) ocorreu nos primeiros 10 dias com 50% de cobertura. O fitotratamento de efluentes de aquacultura com *Azolla filiculoides* apresentou maior remoção de nutrientes N e P com área de cobertura de 75%, devendo ser realizado em curtos períodos de tempo, isto é menores que dez dias. Para o segundo trabalho o efluente de tanque de piscicultura foi submetido a decantação por 2 horas. O sobrenadante foi coletado para o tratamento com sedimentação e mantido inalterado para o sem sedimentação, com cinco repetições por parcelas divididas. A *Azolla* cobriu 50% da superfície das caixas. O período experimental foi de 0, 3, 6, 9 e 12 dias. Não houve interação entre sedimentação e tempo para variável N-total. O tratamento com sedimentação removeu 49% mais N-total. Não houve diferenças significativas dos fatores sedimentação e tempo para variável fósforo. Neste estudo, o processo de sedimentação reduziu substancialmente o nutriente nitrogênio e não reduziu o fósforo do efluente.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (120 p.) Março, 2006.

## THE PHYTOTREATMENT OF EFFLUENT OF AQUACULTURE FROM *Azolla filiculoides*<sup>1</sup>

Author: José Américo da Silva Aiub  
Advised: Silvia Maria Guimarães de Souza

### ABSTRACT

The aquaculture may cause a heavy impact on the environment because of the high level of N and P produced. This fact shows the necessity of new studies about the remove of those nutrients. The objective of this study was valuating the use of *Azolla filiculoides* in removal of N and P of effluent with different density of covering and period of time, without and with sedimentation. Both of us the works was develop in sector of aquaculture of UFRGS. The Azolla was distributed in proportion of 0% (control), 25%, 50% and 75% placed into the plastic containers. The period of experiment was 10, 20 and 30 days, with three repetitions in delineament whole casualized. The effluent from pond of pisciculture. The best time of duplication (TD) occurred at the first 10 days with 50% of cover. The phytotreatment of effluents of aquaculture with *Azolla filiculoides* removal of nutrients N and P with area of covering of 75%, must carried in short periods of time, this is smaller that ten days.

For the second work the effluent from pond of pisciculture was submitted the decantation for 2 hours. The surface of the water was collected for the treatment without sediments and to keep original for with the sediments, with five repetitions for in portion divide. *Azolla* to cover 50% of surface of boxes. The period of experiment was 0, 3, 6 and 9 days. Hasn't interaction between sedimentation and time for variable N<sub>-total</sub>. The treatment with sedimentation removal 49% more N<sub>-total</sub>. Hasn't different significance of factors sedimentation and time for the variable phosphorus. In this research, the process of sedimentation decreased substantial nitrogen nutrient, but it didn't decreased the phosphorus of the effluent.

---

<sup>1</sup> Master of Science dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (120 p.) March, 2006.

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	
1. INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	1
1.1 Efluentes da Aquacultura.....	8
1.2 <i>Azolla filiculoides</i> .....	10
1.3 Objetivos.....	12
1.4 Hipóteses do trabalho.....	12
CAPÍTULO 2– O USO DE <i>Azolla filiculoides</i> NA REMOÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO DE EFLUENTE DA AQUACULTURA	
RESUMO.....	13
ABSTRAT.....	14
INTRODUÇÃO.....	15
MATERIAL E MÉTODOS.....	16
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
CONCLUSÕES.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
CAPÍTULO 3- UTILIZAÇÃO DE <i>Azolla filiculoides</i> NA REMOÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO EM EFLUENTE DE VIVEIRO DE REPRODUTORES DE TILÁPIAS ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) COM E SEM SEDIMENTAÇÃO	
RESUMO.....	30
ABSTRAT.....	31
INTRODUÇÃO.....	32
MATERIAL E MÉTODOS.....	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
CONCLUSÕES.....	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
CAPÍTULO 4	
4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
CAPÍTULO 5	
5.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
6. APÊNDICES.....	47
7. VITA.....	118

## RELAÇÃO DE TABELAS

### Capítulo – 1

TABELA 1 – Classe 1 Águas Doces.....	4
TABELA 2 – Classe 2 Águas Doces.....	4
TABELA 3 – Classe 3 Águas Doces.....	5

### Capítulo – 2

TABELA 1 – Resultados do Tempo de Duplicação de peso de <i>Azolla</i> nos intervalos de tempo 0-10, 10-20 e 20-30.....	19
---	----

### Capítulo – 3

TABELA 1 – Médias de fósforo (mg/L) para os tratamentos (CS) e (SS)....	34
TABELA 2 – Médias de nitrogênio (mg/L) para os tratamentos (CS) e (SS).....	38

## RELAÇÃO DE FIGURAS

### Capítulo – 2

FIGURA 1 – Relação entre pH e tempo (dias) para área controle, 25%, 50% e 75% de cobertura.....	19
FIGURA 2 – Relação entre OD (mg/L) e tempo (dias) para área controle, 25%, 50% e 75% de cobertura.....	20
FIGURA 3 – Comportamento da temperatura ajustada para a área.....	20
FIGURA 4 – Comportamento da temperatura ajustada para o tempo.....	21
FIGURA 5 – Relação entre fósforo solúvel (mg/L) e tempo (dias) para área 0%, 25%, 50% e 75% de cobertura.....	21
FIGURA 6 – Relação entre fósforo total (mg/L) e tempo (dias) para área 0%, 25%, 50% e 75% de cobertura.....	23
FIGURA 7 – Relação entre nitrogênio total (mg/L) e tempo (dias) para área 0%, 25%, 50% e 75% de cobertura.....	24
FIGURA 8 – Relação entre $\text{NH}_4^-$ (mg/L) e tempo (dias) para área 0%, 25%, 50% e 75% de cobertura.....	24
FIGURA 9 – Relação entre $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ (mg/L) e tempo (dias) para área 0%, 25%, 50% e 75% de cobertura.....	26

### Capítulo 3

FIGURA 1 – Variação do pH em relação ao tempo (dias).....	36
FIGURA 2 – Variação do OD (mg/L) em relação ao tempo (dias).....	37
FIGURA 3 – Variação da temperatura (°C) em relação ao tempo (dias).....	38
FIGURA 4 – Comportamento do nitrogênio na equação ajustada para o tempo.....	39

## RELAÇÃO DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

$^{\circ}\text{C}$  = graus Célsius  
g = gramas  
L = litro  
 $\text{m}^2$  = metro quadrado  
 $\text{m}^3$  = metro cúbico  
mg/L = miligrama por litro  
N = nitrogênio  
 $\text{NH}_3^-$  = amônia não ionizada  
 $\text{NH}_4^+$  = amônia ionizada  
 $\text{NO}_2^-$  = nitrito  
 $\text{NO}_3^-$  = nitrato  
OD = oxigênio dissolvido  
P = fósforo  
Pb = proteína bruta  
pH = potencial de hidrogênio  
sp = espécie  
spp = espécies  
ton = tonelada  
TD = tempo de duplicação de peso em dias  
nm = nanômetros



## **CAPÍTULO I**

### **1. INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A água pode representar mais de 70% do peso dos organismos vivos, terrestres e aquáticos. Então, a água é o recurso natural mais importante na Terra, essencial para a sobrevivência de todos os organismos vivos. Em países ou áreas com recursos hídricos abundantes, problemas relacionados à escassez e poluição da água são menos perceptíveis, mas nem por isso menos preocupante. O impacto da piscicultura e práticas de alimentação de peixes tem atraído a atenção da comunidade acadêmica e do setor produtivo nas últimas duas décadas (Ketola, 1985).

A América do Sul como um todo, o Brasil em particular, concentra as maiores bacias hidrográficas do mundo. O território brasileiro representa aproximadamente 12 a 15% de toda água doce disponível no planeta. A água é um recurso natural reciclável, mas não renovável. Então, o uso indisciplinado da água, associado às práticas potencialmente poluentes, como descarga de esgoto não tratado, tanto de uso doméstico como industrial, e o uso indiscriminado de pesticidas e outros poluentes, pode degradar totalmente coleções de água doce, e exterminar espécies animais e a vida vegetal associada e, como consequência, prejudicar o ser humano e a vida animal,

em curto e médio prazo. A preocupação ambiental trouxe à luz o conceito de desenvolvimento sustentável – o uso, administração e conservação de recursos naturais – e mudanças tecnológicas e institucionais que podem assegurar provisão contínua de água doce de qualidade, que satisfaçam as necessidades dos seres humanos atuais e o bem estar de gerações futuras (FAO, 1988).

O desenvolvimento sustentável de atividades agropecuárias, incluindo a piscicultura, deve preservar a terra, a água, a flora e a fauna, sendo tecnicamente correto, economicamente viável, e socialmente desejável. Piscicultura – a produção e reprodução de peixes em condições controladas (Avault, 1996) – tem na água como sua principal fonte de oxigênio, o combustível para todas as reações e processos fisiológicos, mas também como seu meio para dispersão e assimilação de resíduos. A acumulação de matéria orgânica e metabólitos em reservatórios, tanques e viveiros afetam negativamente o crescimento e a sobrevivência dos peixes. Os peixes dependem totalmente do ambiente aquático para completar seu ciclo biológico, desta forma, adaptar a piscicultura aos conceitos de desenvolvimento sustentável da aquacultura é um desafio real, como já consideraram Pullin et al. (1993) e Shell (1993) apud Cyrino et al. (2005).

No Brasil, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) aprovou a resolução nº 357 em 17 de março de 2005, na qual fixou novos limites para parâmetros de qualidade de água em efluentes, incluindo a aquacultura. Conforme esta resolução, as águas doces do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponde-

rantes.

As águas doces são classificadas em:

I – classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II – classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274 , de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III – classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274 , de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;

e) à aquacultura e à atividade de pesca.

IV – classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à dessedentação de animais.

V – classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação;
- b) à harmonia paisagística.

Além da classificação das águas a resolução determina os padrões de qualidade das águas e os parâmetros máximos aceitáveis, conforme tabela.

TABELA 1 – Classe 1 – Águas doces

Padrões	
Parâmetros inorgânicos	Valor máximo
Fósforo total (ambiente lântico)	0,020 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,025 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg/L P
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para $\text{pH} \leq 7,5$ 2,0 mg/L N, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ 1,0 mg/L N, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ 0,5 mg/L N, para $\text{pH} > 8,5$

FONTE: Adaptado de: CONAMA, resolução nº 357 de 17 de março de 2005.

TABELA 2 - Classe 2 – Águas doces

Padrões	
Parâmetros inorgânicos	Valor máximo
Fósforo total (ambiente lântico)	0,030 mg/L P

Continuação TABELA 2 - Classe 2 – Águas doces

Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,050 mg/L P
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para pH $\leq$ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH $\leq$ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH $\leq$ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5

FONTE: Adaptado de: CONAMA, resolução nº 357 de 17 de março de 2005.

TABELA 3 - Classe 3 – Águas doces

Padrões	
Parâmetros inorgânicos	Valor máximo
Fósforo total (ambiente lântico)	0,05 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,075 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,15 mg/L P
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	13,3mg/L N, para pH $\leq$ 7,5 5,6 mg/L N, para 7,5 < pH $\leq$ 8,0 2,2 mg/L N, para 8,0 < pH $\leq$ 8,5 1,0 mg/L N, para pH > 8,5

FONTE: Adaptado de: CONAMA, resolução nº 357 de 17 de março de 2005.

Torna-se então necessário que as agências ambientais, autoridades e piscicultores redobrem a atenção em relação ao conceito freqüentemente negligenciado de capacidade de sustentação de sistemas de produção (Hepher, 1978), diretamente relacionado à disponibilidade de recursos finitos – espaço, oxigênio dissolvido, disponibilidade de alimentos, metabólitos, etc – todos, por sua vez, diretamente influenciados pela qualidade de água (Hilborn et al., 1995; Monte-Luna et al., 2004).

O impacto ambiental da produção do bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) no estado de Alabama, EUA, por exemplo, exigiu a implantação de

códigos e práticas de conduta – “Best Management Practices” (BMP – Código de Melhores Práticas de Manejo) – a fim de reduzir o volume e melhorar a qualidade de efluentes de tanques de produção, melhorando a qualidade da água e reduzindo a carga poluente de corpos d’água naturais circunvizinhos (Boyd, 2003). Produtores de truta arco-íris em Idaho, EUA, também adotaram BMPs, e reduziram a liberação de efluentes, otimizaram as práticas alimentares, e incrementaram o uso de ingredientes com baixo nível de fósforo na fabricação de rações (MacMillan et al., 2003).

A FAO em 1995 elaborou um documento chamado de “Código de Conduta para uma Aquacultura Responsável”, no qual afirma em seu artigo 9.2.5 “Criar e monitorar mecanismos que avaliem o impacto dos insumos usados em aquacultura”. Segundo Arana (2004), no Brasil estes mecanismos são inexistentes ou desconhecidos. As únicas ações nacionais existentes são resoluções do CONAMA, as quais estabelecem a classificação das águas e os limites de contaminantes orgânicos e inorgânicos, segundo seus usos. Tal realidade impõe à comunidade científica o desafio da pesquisa neste sentido.

Na revisão bibliográfica realizada sobre avaliação dos efluentes da aquacultura/piscicultura no Estado, foi encontrado unicamente o trabalho desenvolvido por Soares (2004). O estudo concluiu que uma única piscicultura, não causa maiores danos ao ambiente, devido á carga de efluente gerado, porém, o conjunto de várias unidades produtoras podem comprometer o sistema hídrico.

Corroborando com o supracitado, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), órgão responsável pela emissão do licenciamento

ambiental tem recebido muitas críticas, seja, pela carência de informações como por uma legislação bastante recente. Os próprios técnicos da FEPAM reconhecem a falta de tecnologias de tratamento de efluente da aquacultura, que possam ser implantadas no Estado.

O Fósforo (P) e o nitrogênio (N) estão entre os resíduos da aquacultura que podem causar eutrofização considerável nas coleções de água. Descarga indiscriminada de N e P no ambiente aquático, especialmente em água doce, é preocupante, uma vez que P é o nutriente mais limitante para produção primária de algas e, então, o mais impactante. O mesmo é verdade em relação à descarga de N, especialmente em ambientes marinhos.

Para o tratamento de efluentes de cultivo têm sido propostos métodos físicos e biológicos. Entre os métodos físicos destaca-se aquele que propõe o uso de tanques de sedimentação, porém ainda existem problemas para a aplicação desta tecnologia, tais como o alto custo e o excesso de fitoplâncton resultante da fertilização dos tanques. Já os métodos biológicos consideram que os efluentes de descarga, ricos em nutrientes e microorganismos, tornam-se potencialmente apropriados para o cultivo de moluscos e macroalgas (Arana, 1997).

A construção de bacias de sedimentação (Boyd, 2003), o uso de biofiltros (Bergheim & Brinker, 2003), e o fitotratamento (Porello et al., 2003), reduzem consideravelmente o descarte de N e P e podem ser usados para diminuir impacto ambiental de efluentes de aquacultura.

A possibilidade de se empregar macrófitas aquáticas como meio de reduzir a concentração de compostos orgânicos, metais pesados, fosfatos e

compostos nitrogenados, assim como o crescimento de bactérias patogênicas de efluentes domésticos e industriais é mencionado por Esteves (1988).

Boyd e Gross (2000) verificaram que plantas aquáticas em sistemas de biofiltro foram capazes de remover 94% do nitrito e 97% de fósforo do efluente do cultivo do “catfish”, mas o solo foi o responsável pelo mais alto remoção de fósforo da água, devido à sedimentação no fundo do tanque.

O uso alternativo de macrófitas para o tratamento e diminuição de efluentes apresenta algumas vantagens tais como baixo custo e fácil manutenção (Fisher, 1988).

Trabalhando com *Azolla filiculoides* (Lam), Redding et al. (1997) verificaram que estas macrófitas aquáticas apresentaram potencial de remoção de N e P no manejo ambiental.

### **Efluentes da aquacultura**

Efluentes são quaisquer resíduos orgânicos ou inorgânicos de quaisquer atividades agropecuárias, urbanas ou industriais, descartados no ambiente, tratados ou não. A qualidade e a quantidade dos efluentes da aquacultura variam em função do sistema de produção, técnicas de manejo e estratégia de produção adotada (Colt, 1991).

O uso de alimentação e rações, e o conseqüente manejo nutricional dos peixes, definirão a severidade do impacto ambiental causado pela piscicultura, em proporção direta com a intensificação dos sistemas de produção. Em sistemas intensivos, alimentos industrializados (rações) são a fonte principal ou exclusiva de nutrientes para os peixes, e podem representar



até 70% dos custos de produção. Se o aumento da produtividade é a meta principal dos nutricionistas, a formulação de dietas de impacto ambiental mínimo deve ser sua obsessão, uma vez que a piora da qualidade de água nos sistemas de produção afeta negativamente o desempenho dos peixes e, por consequência, a produtividade e rentabilidade dos sistemas (Tacon & Forster, 2003).

Sobras alimentares e fezes são as principais fontes de resíduos poluentes em efluentes de piscicultura intensiva. Muitos fatores determinam o papel dos alimentos para organismos aquáticos como agentes de impacto ambiental: digestibilidade, palatabilidade, estabilidade na água, origem das fontes de proteína animal ou vegetal, hábito alimentar das espécies, e composição química do alimento, entre outros (Heinen et al., 1996; Barak et al., 2003).

Descarte de N e P leva ao superflorescimento de algas e à super-eutrofização do meio. Algas que crescem em ambientes eutróficos podem causar toxidez aos animais aquáticos degradar potenciais produtos da aquacultura. Exemplo é o gosto de barro dos filés de peixes, “off flavor”, causado pela exposição a geosmina e 2-methylisoborneol, metabólitos do metabolismo de cianobactérias, especialmente a *Anabaena* sp. (Kibria et al., 1997).

A assimilação de P dietético pelos peixes varia com a quantidade e, principalmente, a fonte dietética de fósforo. Utilizar níveis dietéticos de P ajustados cuidadosamente às exigências nutricionais dos peixes e alimentos altamente digestíveis é o modo mais seguro para se evitar perdas excessivas

de P e a poluição da água.

Amônia é outro fator limitante na aquacultura. Dependendo da biomassa acumulada ou densidade de estocagem, e composição das dietas, a excreção de nitrogênio pode alcançar níveis crônicos ou letais em um sistema de piscicultura, ou resultar também em super-eutrofização e conseqüente “quebra” de um determinado sistema de produção (Coloso et al., 2003; Leung et al., 1999).

O maior problema ocorre durante a drenagem do açude para despesca, quando aumenta o volume de efluente e a quantidade de nutrientes liberados para o ambiente (Zaniboni Filho, 1999).

No início da drenagem do viveiro, 70% do efluente mantém suas características inalteradas passando pelo monge e no final os 30% restantes do efluente por estar depositado no fundo apresentam grande elevação de sedimentos em suspensão, amônia total, coliformes fecais, redução dos valores de pH e oxigênio dissolvido, causando grande impacto no sistema receptor desse efluente (Tomazelli Jr. & Casaca, 1998).

### ***Azolla filiculoides***

A *Azolla* é uma pequena planta aquática cosmopolita de flutuação livre. É o único gênero da ordem das pteridófitas conhecido por apresentar uma associação simbiótica com uma cianobactéria (*Anabaena azollae*) fixadora de nitrogênio (N<sub>2</sub>) atmosférico (Cardoso et al., 1992). Esse gênero é comumente encontrado em águas paradas, ou com pouca correnteza, que formam braços de rios e lagos, ou em áreas de cultivo de arroz inundado das regiões tropicais

e temperado (Forni et al., 2001). Costa et al. (1999) afirmaram que devido à existência simbiótica com a *Anabaena azollae*, a *Azolla filiculoides* poderia crescer em águas desprovidas de nitrogênio combinado. Entretanto, mais recentemente Maejima et al. (2002), concluíram que, apesar do esforço da planta naquele sentido, ela cresce lentamente na ausência de compostos nitrogenados. Relatam ainda que em meios onde os íons amônio estão presentes, a *Azolla* remove esses íons e cresce vigorosamente. A *Azolla* é uma rica fonte de nitrogênio que pode ser aproveitada como adubo natural em plantações de arroz irrigado aumentando a produção em até mais de 10 %, substituindo parcialmente a utilização de adubos químicos (Hilgert, 2000). No Brasil, foram encontradas até o momento três espécies de *Azolla* distribuídas em diversos estados. *A. caroliniana* foi encontrada na Amazônia, Pará, Bahia, Espírito Santo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul; *A. filiculoides*, no Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul; e *A. microphylla* na Bahia e Paraná (Cardoso, 1992).

Vários fatores podem condicionar o seu desenvolvimento: temperaturas da água e do ar, nutrientes inorgânicos, teor de umidade baixo, intensidade luminosa e salinidade. Em condições favoráveis como: temperatura elevada, caudais reduzidos e disponibilidade em nutrientes, principalmente fósforo, multiplicam-se rapidamente dando origem a tapetes de cor tipicamente verde-avermelhada que cobrem a superfície da água (Carrapiço, 2001).

Arora e Singh (2003) trabalhando com seis espécies de *Azolla* spp. verificaram que as macrófitas podem ser utilizadas como adubação verde nos campos da região norte da Índia. Outros usos do sistema *Azolla-Anabaena*

estão em progresso, como o controle de algas aquáticas, o uso na alimentação animal e na concentração de elementos minerais, e como biofiltros de efluentes industrial e doméstico (Carrapiço, 2000; Van Hove & Lejeune, 2002).

### **Objetivos**

Determinar a % de *Azolla* e o tempo de uso que promovam a maior remoção de nutrientes N e P do efluente de aquacultura.

Avaliar as condições de sedimentação e não sedimentação ao longo do tempo na remoção das nutrientes N e P do efluente de aquacultura.

### **Hipóteses do trabalho**

A maior cobertura de superfície com a planta de *Azolla filiculoides* em menos tempo removerá maior quantidade de nutrientes N e P do efluente de aquacultura.

O uso de sedimentação removerá maior quantidade de nutrientes de N e P do efluente de aquacultura.

## CAPÍTULO II

### O USO DE *Azolla filiculoides* NA REMOÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO DE EFLUENTE DA AQUACULTURA<sup>2</sup>

#### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de *Azolla filiculoides* na remoção de nitrogênio (N) e fósforo (P) de efluente da aquacultura. O efluente foi distribuído em recipientes plásticos conforme área coberta por *Azolla* 0% (controle), 25%, 50% e 75%, com três repetições cada. As medições foram realizadas aos 10, 20 e 30 dias. O melhor tempo de duplicação (TD) ocorreu nos primeiros 10 dias com 50% de cobertura. O fitotratamento de efluentes de aquacultura com *Azolla filiculoides* apresentou maior remoção de nutrientes N e P com a área de cobertura de 75%, devendo ser realizado em curtos períodos de tempo, isto é menores que dez dias.

Palavras-chave: Fitotratamento; Efluente; Eutrofização; Nitrogênio; Fósforo.

---

<sup>2</sup> Artigo a ser submetido ao periódico Water Research  
Periódico QUALIS A, segundo avaliação da CAPES.

## THE USE OF *Azolla filiculoides* NITROGEN AND PHOSPHORUS REMOVAL FROM EFFLUENTS OF AQUACULTURE

### ABSTRACT

This research aim to evaluate the use of *Azolla filiculoides* in the removing of nitrogen (N) and phosphorus (P) of a aquaculture effluent. The effluent was distributed in plastic containers according to the proportion that *Azolla filiculoides* had already distributed 0% (control), 25%, 50% and 75%. The measures went carried when 10, 20 and 30 days, with three repetitions each. The best time of duplication (TD) occurred at the first 10 days with 50% of cover. The phytotreatment of effluents of aquaculture with *Azolla filiculoides* removal of nutrients N and P with area of covering of 75%, must carried in short periods of time, this is smaller that ten days.

Key words: Phytotreatment; Effluent; Eutrophication; Nitrogen; Phosphorus.

## INTRODUÇÃO

A aquacultura produz um grande volume de efluente que, ao ser despejado no meio ambiente, causa sério impacto ambiental. Os principais componentes dos efluentes da atividade aquícola são os macronutrientes, nitrogênio (N) e fósforo (P) e os sólidos em suspensão, (Arana, 2004). A eutrofização que ocorre em lagos e córregos pode ser acelerada pelo excesso de N e P descarregados na forma de efluente (Boyd e Queiroz, 1997). Sobre este tema, no Estado do Rio Grande do Sul, foi encontrado apenas um trabalho, desenvolvido por SOARES (2004). Assim, fazem-se necessários estudos sobre o tratamento desses efluentes.

Conforme a legislação brasileira vigente, o máximo de N e P permitido em efluente de aquacultura são na forma de nitrato (10,0 mg/L), nitrito (1,0mg/L), nitrogênio amoniacal total (3,7 mg/L para  $\text{pH} \leq 7,50$ , 2,0 mg/L para  $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ , 1,0 mg/L para  $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ , 0,5 mg/L para  $\text{pH} > 8,5$ ) e fósforo total 0,050 mg/L, resumidamente tais níveis correspondem a Classe 2.

O uso de macrófitas para a redução da carga poluente apresenta vantagens, tais como, baixo custo e fácil manutenção (Fisher, 1988).

A *Azolla* cresce muito bem em águas eutrofizadas, promovendo boa qualidade de efluente (Araújo, 1987). A alta eficiência na remoção de nutrientes pode ser obtida devido à sua alta taxa de crescimento (Shiomi e Kitoh, 1987).

Forni et al. (2001) utilizaram área de cobertura de 70% com *Azolla filiculoides* na remoção de nutrientes N e P em seus experimentos com efluentes. A *Azolla* do gênero *Azolla filiculoides* Lam., é uma samambaia cosmopolita de flutuação livre (Peters e Meeks, 1989). Esta apresenta na

cavidade da folha simbiose com a cianobactéria *Anabaena azollae* que fixa N<sub>2</sub> (Peters e Meeks, 1989; Forni *et al.*, 1989). Devido a esta habilidade tem sido usada por várias décadas como adubo verde nas plantações de arroz (Peters e Meeks, 1989). Hoje em dia, observa-se um aumento no interesse do uso da *Azolla* para outros propósitos, como descontaminante de baixo custo nos sistemas de tratamento de efluentes, (Shiomi e Kitoh, 1987; Sharpenseel e Knuth, 1987) e sua eficiência na acumulação de metais pesados (Sela *et al.*, 1989; Zhao e Duncan, 1999).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a remoção de nutrientes N e P de efluentes oriundos da aquacultura pela planta de *Azolla filiculoides*, utilizando-se diferentes densidades de coberturas e períodos de tempo.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Setor de Aquacultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia da UFRGS, dentro de estufa plástica (espessura do plástico 150 micrômetros) tipo túnel. Foram utilizadas plantas de *Azolla filiculoides*, no período de 01 de julho a 01 de agosto de 2004, previamente ambientadas em caixas de fibrocimento de (1000 L), com água oligotrófica durante três dias. Antes da disposição da *Azolla* nestas caixas, foi feita a separação e colocação numa caixa plástica cobrindo toda a superfície (544,8cm<sup>2</sup>), e a seguir, foi passada em papel absorvente para retirar o excesso de água, durante 5 minutos, em seguida pesada a massa verde, a fim de estabelecer as diferentes densidades de cultivo. Os tratamentos foram assim constituídos: A1 = com 25 % de cobertura; A2 = com 50 % de



cobertura; A3 = com 75 % de cobertura da área das caixas plásticas com *Azolla*; C = controle sem planta.

O período do experimento foi de 10, 20 e 30 dias originando um arranjo fatorial 4x3 com três repetições num delineamento inteiramente casualizado.

O efluente estudado foi coletado do fundo de um tanque circular de 10 m<sup>3</sup> estocado com tilápias, as quais foram alimentadas quatro vezes ao dia com ração extrusada 28% de PB, no Setor de Aquacultura. O efluente depois de homogeneizado foi colocado nas caixas plásticas com espelho d'água (544,8cm<sup>2</sup>), sendo utilizado 2,5 litros deste efluente (altura da lâmina d'água 12cm) para cada unidade experimental. A avaliação diária às 16:00 horas da qualidade da água levou em conta as medidas de pH, temperatura e oxigênio dissolvido (OD) em aparelho digital (DIGIMED).

Ao final de cada período as plantas foram retiradas das caixas plásticas com uma peneira e armazenadas em uma caixa para escorrer o excesso de água, durante 5 minutos, em seguida passadas em papel absorvente e pesadas. Para obter o peso seco as amostras foram colocadas em saco de papel e secadas em estufa a 65<sup>0</sup> C, durante três dias, até alcançar peso constante e por diferença de peso se determinou o conteúdo de umidade da amostra.

O Tempo de Duplicação (TD) de biomassa foi calculado usando-se a seguinte fórmula:

$$TD = \frac{\ln 2t}{\ln \left[ \frac{P_2}{P_1} \right]}$$

Sendo,  $P_1$  e  $P_2$  o peso seco inicial e final, respectivamente e  $t$  é o período de observações em dias, segundo Espinoza e Gutiérrez (2003).

Para análise do tecido da planta de *Azolla* foi separada uma amostra de cada unidade experimental, após moagem foi feita digestão em bloco digestor e a determinação de N total (Kjeldahl) pelo método de Tedesco *et al.* (2000). A determinação de P total foi feita pelo método colorimétrico fosfovanadatomolibdato Malavolta (1989). A água do efluente de cada unidade experimental foi misturada e coletada em recipientes plásticos para determinação de N mineral (Kjeldahl) na forma de Amônia ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ) e Nitrito+Nitrato ( $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ ). A determinação de fósforo em água foi feita por resina trocadora de cátions e ânions, obtendo-se o fosfato solúvel inorgânico, sendo a leitura em espectrofotômetro determinado em comprimento de onda a 660 nm. Ambas as determinações foram realizadas seguindo-se o método de Tedesco *et al.* (2000).

Primeiramente foi realizada uma análise de variância (ANOVA) para testar a interação área e tempo. No caso de significância, procedeu-se a análise de regressão das variáveis respostas com o tempo, separadamente para cada área.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas condições experimentais o Tempo de Duplicação de peso seco (TD) atingiu os menores tempos nos primeiros 10 dias, 3,33 dias; 2,5 dias e 3,73 dias em 25%, 50% e 75% respectivamente, conforme Tabela 1, mostrando que o melhor desenvolvimento ocorreu com 50% de cobertura.

TABELA 1 – Resultados do Tempo de Duplicação (TD, dias) de peso de *Azolla filiculoides* nos intervalos de tempo 0-10, 10-20 e 20-30.

Área	Equação	r <sup>2</sup>	0 - 10	10 - 20	20 - 30
25%	$y = -6,9+12,35x-2,14x^2$	0,82	3,33	9,26	10,92
50%	$y = -25,7+36,1x-7,9x^2$	0,97	2,5	14,89	11,46
75%	$y = -17,72+27,05x-5,6x^2$	0,95	3,73	13,97	13,01

Os resultados, quanto ao tempo de duplicação da planta, estão próximos aqueles encontrados por Espinoza e Gutiérrez (2003), em diferentes amostras de *Azolla* coletadas em lagos, canais de drenagem e agrossistemas da zona centro-ocidental da Venezuela.

A análise dos resultados revelou que houve interação entre (área x tempo) com (P<0,05) no parâmetro pH, conforme Figura 1.

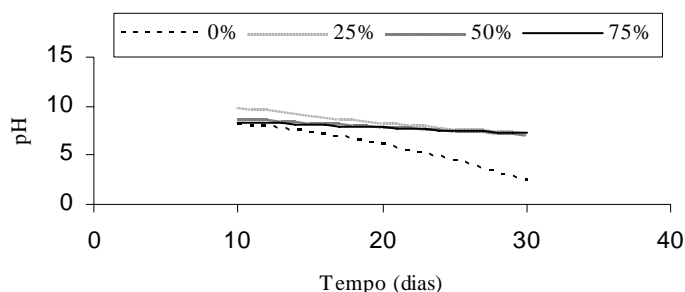


FIGURA 1 - Relação entre pH e tempo (dias) para área controle, 25%, 50% e 75% de cobertura.

Os valores de pH dos tratamentos 25%, 50% e 75% de cobertura mantiveram-se dentro da escala tolerável pela planta de *Azolla*.

*Azolla* pode sobreviver dentro de uma escala de pH de 3,5 a 10, mas o melhor crescimento está na escala de 4,5 a 7 (Ferentinos *et al.*, 2002).

A redução do pH no período pode ser explicada pelo incremento da

matéria orgânica na forma de raízes e folhas de plantas mortas, aumentando a atividade microbiana, para as áreas 25%, 50% e 75% de cobertura.

Quanto ao nível de OD, houve interação (área x tempo) com ( $P < 0,05$ ) neste parâmetro, conforme Figura 2.

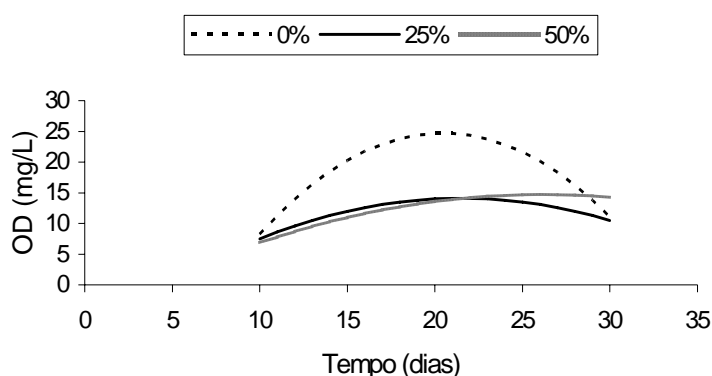


FIGURA 2 - Relação entre OD (mg/L) e tempo (dias) para área controle, 25%, 50% de cobertura.

Os maiores valores de OD no tratamento controle, incrementados até o dia 20 possivelmente foram oriundos do maior processo fotossintético do fitoplâncton neste grupo, pela ausência do sombreamento das plantas.

Em relação à variável temperatura, a análise de variância mostrou que não houve interação entre área e tempo, entretanto, houve efeito da área e do tempo ( $P < 0,05$ ). Conforme Figura 3 e 4.

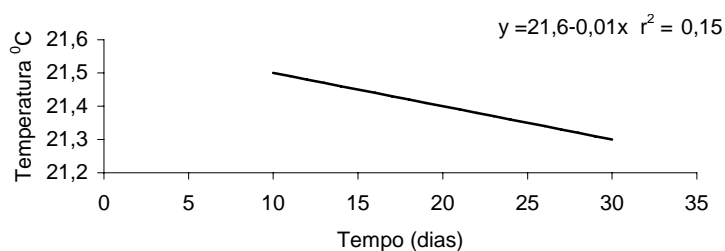


FIGURA 3 – Comportamento da temperatura na equação ajustada para a área.

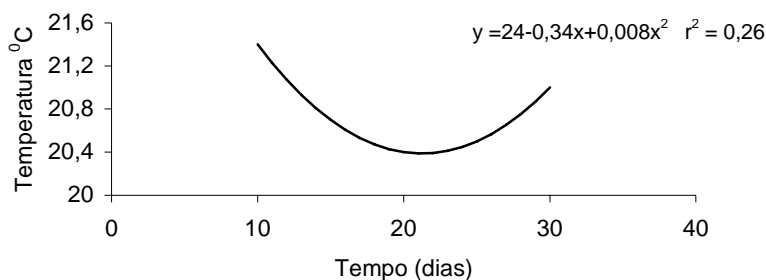


FIGURA 4 – Comportamento da temperatura na equação ajustada para o tempo.

Como observado a temperatura do efluente manteve-se a mesma para todas as áreas tendo uma leve diminuição, devido a menor variação dentro da estufa.

Quanto a variação da temperatura do efluente (FIGURA 4) ao longo do tempo também pode-se observar uma leve diminuição do 10 ao 20 dia seguida de um aumento logo após, possivelmente devido as condições climáticas de dias nublados e dias com sol.

Quanto ao nível de fósforo (fosfato solúvel inorgânico), houve interação (área x tempo) com ( $P < 0,05$ ) neste parâmetro, conforme Figura 5.

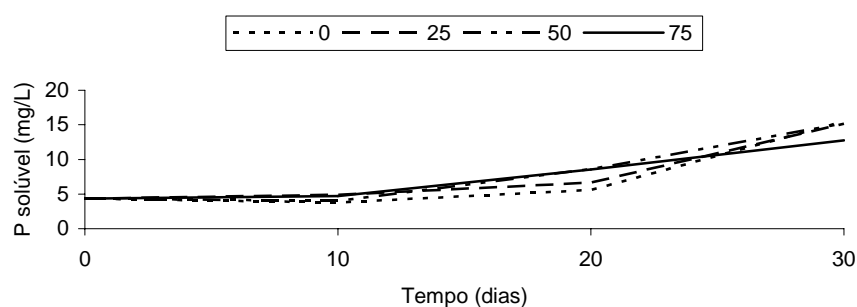


FIGURA 5 - Relação entre fósforo solúvel (mg/L) e tempo (dias) para as áreas 0%, 25%, 50% e 75% de cobertura.

O efluente coletado apresentava sobras de ração, o que poderia estar se mineralizando e com isto liberando fosfato solúvel inorgânico o qual foi

medido pelo método utilizado durante o período experimental. O nível de P do efluente, no início do experimento foi de 4,34 mg/L, portanto 80 vezes maior que o permitido na legislação brasileira. Soares (2004) trabalhando com efluentes de piscicultura obtiveram níveis de P de 2,52 mg/L na saída do açude no dia da despesca.

A *Azolla* desenvolveu-se rapidamente durante os 10 primeiros dias de cultivo, cobrindo toda a superfície das unidades experimentais. As macrófitas removem o P da água, necessário para seu desenvolvimento, permanecendo o excedente, (Esteves, 1988).

Arora e Singh (2003) trabalhando com seis espécies de *Azolla* spp. verificaram que a *Azolla filiculoides* dobra sua biomassa em 6,3 dias. Este grande desenvolvimento da planta foi também observado por Shiomi e Kitoh (1987), o que segundo os autores, explicaria sua alta eficiência na remoção de P neste primeiro período.

Entretanto na seqüência, após os 10 primeiros dias, pela falta de superfície na unidade experimental, a planta começou a enrugar apresentando folhas retorcidas levando a um declínio na taxa de crescimento, morte de muitas plantas e conseqüentemente redução na remoção do nutriente (FIGURA 5). Este resultado concorda com outros autores, (Lumpkin e Plucknett, 1982; Forni *et al.* 2001). De igual forma, Redding *et al.* (1997) trabalhando com *Azolla filiculoides* (Lam), chamam a atenção do risco delas permanecerem por um período maior no sistema de tratamento e sua decomposição trazerem um retorno aos níveis anteriores de nutrientes.

Mais investigações devem ser feitas com colheitas periódicas, como

um meio de manter altas taxas de crescimento vegetativo na população de macrófitas. Isto também mostra um efeito positivo na remoção de fósforo (Redding *et al.*, 1997).

Os níveis de fósforo total no tecido de *Azolla* encontrados nos três tratamentos 25%, 50% e 75% de cobertura, apresentaram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) em relação aos dois fatores analisados, conforme Figura 6.

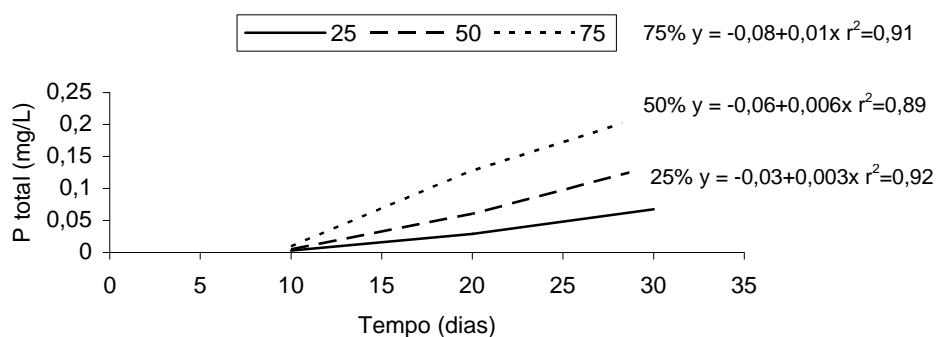


FIGURA 6 - Relação entre fósforo total (mg/L) presente no tecido da planta e tempo (dias) para as áreas 25%, 50% e 75% de cobertura.

Como observado o comportamento do P total no tecido da planta teve maior concentração no tratamento com 75% de cobertura. Provavelmente por este ter maior área de cobertura absorvendo mais o nutriente. Tal comportamento também pode ser observado para o tratamento com 25% e 50% de área de cobertura. A capacidade de absorção é reduzida com o aumento de concentração de fosfato nos tecidos. Este fenômeno evidencia a capacidade de saturação do vegetal, (Esteves, 1988).

Os níveis de N total no tecido de *Azolla* encontrados nos tratamentos 25%, 50% e 75% de cobertura, apresentaram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) em relação aos dois fatores analisados, conforme Figura 7.

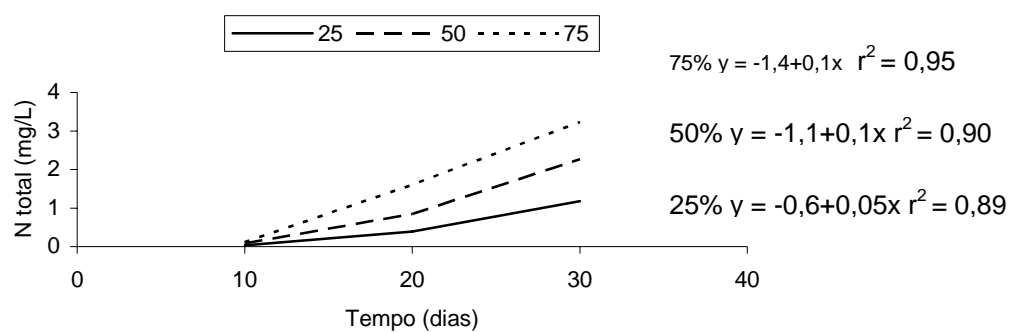


FIGURA 7 - Relação entre nitrogênio total (mg/L) presente no tecido da planta e tempo (dias) para as áreas 25%, 50% e 75% de cobertura

Como observado o comportamento do N total no tecido da planta apresentou comportamento igual ao do P total com maior concentração do nutriente no tratamento com 75% de cobertura. Provavelmente por este ter maior área de cobertura absorvendo e desenvolvendo-se mais que os demais tratamentos com 25% e 50% de área de cobertura.

O nível de  $\text{NH}_4^+$  do efluente no início do experimento foi de 1,93 mg/L.

A concentração de amônia ionizada no efluente apresentou influência dos dois fatores (área e tempo) para 0%, 25%, 50% e 75% ( $P < 0,05$ ), conforme Figura 8.

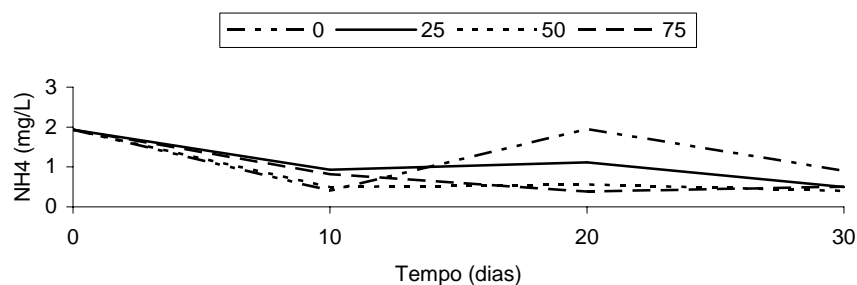


FIGURA 8 - Relação entre  $\text{NH}_4^+$  (mg/L) e tempo (dias) para área 0%, 25%, 50% e 75% de cobertura.



Conforme a (FIGURA 8) nos tratamentos 50% e 75% observou-se uma maior diminuição nos níveis de  $\text{NH}_4^+$  durante o período experimental devido estes apresentarem maior área de cobertura com *Azolla* removendo mais o  $\text{NH}_4^+$  do efluente.

Arora e Singh (2003) trabalhando com seis espécies de *Azolla spp.* verificaram que a *Azolla filiculoides* apresentou maior capacidade de remoção de nitrogênio na água no 14º dia. A *Azolla filiculoides* tem apresentado médio crescimento em elevadas concentrações de  $\text{NH}_4^+$  e baixo pH (Uheda e Kitoh 1992). Segundo Maejima *et al.* (2002) baixas concentrações de  $\text{NH}_4^+$  na água inibem efetivamente a atividade de fixação de nitrogênio oriundo da atmosfera.

Hecheler e Dawson (1995) observaram que a radiação solar e a temperatura influenciaram a fixação de nitrogênio atmosférico por parte da *Azolla*.

O nível de  $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$  do efluente no início do experimento foi de 0,735 mg/L., estando dentro do limite permitido pela legislação brasileira.

Soares (2004) trabalhando com efluentes de piscicultura obtiveram níveis de nitrato de 0,79 mg/L na saída do açude no dia da despesca.

Os níveis de  $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ , encontrados nos tratamentos 25%, 50% e 75% de cobertura e no Controle, apresentaram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) em relação aos dois fatores analisados, conforme Figura 9.

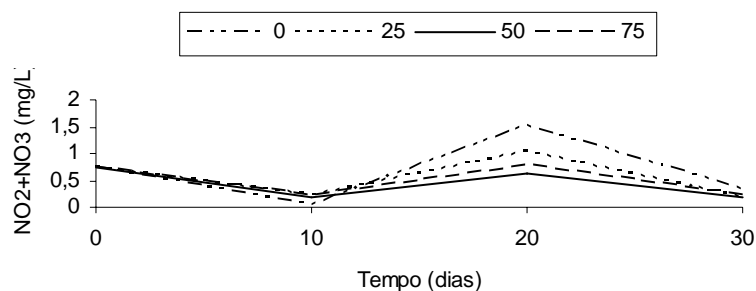


FIGURA 9 - Relação entre  $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$  (mg/L) e tempo (dias) para área 0%, 25%, 50% e 75% de cobertura.

Os resultados de  $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$  apresentam semelhante comportamento com os níveis encontrados para a  $\text{NH}_4^+$ , ocorrendo o processo de nitrificação do  $\text{NH}_4^+$  para  $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ . Considerando que os níveis de oxigênio dissolvido OD (FIGURA 2) apresentaram-se elevado no 20º dia o resultado está de acordo com Boyd (2000) que afirma que altas concentrações de OD causam um aumento do processo de nitrificação das bactérias nitrossomonas e nitrobacter pela oxidação do  $\text{NH}_3$  para nitrato.

Porello *et al.* (2003) em efluente secundário contendo nitrito, a planta desprende suas raízes, seguida por fragmentação das copas e eventual morte. O aumento de nitrito e nitrato ocorreu durante a passagem de água em sistemas de tanques com fitotratamento, indicando que ocorreu o processo de nitrificação (Porello *et al.*, 2003).

Segundo Redding *et al.* (1997) trabalhando com efluente de aquacultura observaram um aumento em ambos nitrito e nitrato durante as 24 horas de análise e uma pequena taxa de crescimento na porção de *Azolla*, indicando que o processo de nitrificação foi responsável pela remoção de  $\text{NH}_3$ .

O efeito de alta densidade tem reduzido a taxa de crescimento vegetativo das macrófitas e conseqüentemente a remoção de nutrientes levando

a um atraso no seu estágio de desenvolvimento, (Redding *et al.* 1997).

## CONCLUSÕES

O fitotratamento de efluentes de aquacultura com *Azolla filiculoides* apresentou maior remoção de nutrientes N e P com a área de cobertura de 75%, devendo ser realizado em curtos períodos de tempo, isto é menores que dez dias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arana, L. V. (2004) Princípios químicos de qualidade de água em aqüicultura: uma revisão para peixes e camarões. 2º ed., Florianópolis: UFSC, 231p.

Araújo, M. C. (1987) Use of water hyacinth in tertiary treatment of domestic sewage. *Water Sci. Technol.* 19 (10), 11-17.

Arora, A. and Singh, P. K. (2003) Comparison of biomass productivity and nitrogen fixing potential of *Azolla* spp. *Elsevier Science/Biomass and Bioenergy* 24, 175-178.

Boyd, C. E. (2000) Water use and conservation for inland aquaculture ponds. *Fsheries Management and Ecology* 7, 55-63.

Boyd, C. E. and Queiroz, J. (1997) Aquaculture pond effluent management. *Aquaculture* 4(6), 43-46.

Espinoza, Y. and Gutiérrez, R. (2003) Intra-specific variability in *Azolla filiculoides* collected in the west-center of Venezuela. *Rev. Fac. Agron (LUZ)*, 20, 156-167.

Esteves, F. A. (1988) Fundamentos de Limnologia. Ed. Interciência: FINEP, 575p., Rio de Janeiro.

Ferentinos L., Smith J. and Hector V. (2002) *Azolla*. College of tropical agriculture and human resources. University of Hawaii at Mānoa. Disponível em: <<http://www.ctahr.hawaii.edu/sustainag/>>

Fisher, J. P. (1988) Wastewater treatment using aquatic plants. In (eds), Alternative waste treatment systems, rao Bhamidimarri, Elsevier Applied Science, Palmerston North, New Zeland, 34-44.

Forni C., Grilli C. M. and Gentili S. (1989) Bacteria in the *Azolla-anabaena* symbiosis. In nitrogen fixation with non-legumes, eds Skinner F. A., Boddey R. M. and Fendrik I., pp.83-88. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Forni C., Chen J., Tancioni L. and Caiola M. G. (2001) Evaluation of the fern *Azolla* for growth, nitrogen and phosphorus removal from wastewater. Elsevier Science 6, 1592-1598.

Hechler, W. D. and Dawson, J. O. (1995) Factors affecting nitrogen fixation in *Azolla caroliniana*. Transactions of the Illinois State Academy of Science, 88, 97-107.

Lumpkim, T. A. and Plucknett, D. (1982) *Azolla* as a green manure: Use and management in crop production. Westview Press 83-230.

Maejima K., Uheda E. and KITO S. (2002) Differences in growth rate, nitrogen fixation and numbers of cyanobionts and heterocysts among three *Azolla pinnata* var. *pinnata* strains. Environmental and Experimental Botany, Osaka, 47, 143-147.

Malavolta, E. (1989) Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP. Piracicaba.

Peters, G. A. and Meeks, J. C. (1989) The *Azolla-anabaena* symbiosis: basic biology, 40, 193-210. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, New York.

Porello S., Lenzi M., Persia E., Tomassetti P. and Finoia M. G. (2003) Reduction of aquaculture wastewater eutrophication by phytotreatment ponds system I. Dissolved and particulate nitrogen and phosphorus. Aquaculture 219, 515-529.

Redding T., Todd S. and Midlen A. (1997) The treatment of aquaculture wastewater - A botanical approach. Journal of Environmental Management 50, 283-299.

Scharpenseel, H. W. and Knuth, K. (1987) Use and importance of *Azolla-Anabaena* in industrial countries. In: *Azolla utilization*, pp. 153-167. International Rice Research Institute.

Sela M., Garty J. and Tel-Or E. (1989) The accumulation and effect of heavy metals on the water fern *Azolla filiculoides*, New. Phytol. 112, 7-12.

Shiomi, N. and Kitoh, S. (1987) Use of *Azolla* as a decontaminant in sewage treatment. In: *Azolla* utilization, pp. 169-176. International Research Institute, Osaka.

Soares, A. A. (2004) A Influência da Piscicultura sobre a qualidade das águas superficiais na bacia hidrográfica do arroio Forquilha, Ajuricaba, RS. 124 f. Dissertação (Mestrado) Programa de pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Tedesco M. J., Volkweiss S. J. and Bohnen H. (2000) Análise de solo, plantas e outros materiais. 2<sup>o</sup> ed. Departamento de solos/UFRGS, pp. 133-171, Porto Alegre.

Uheda, E. and KITO, S. (1992) High concentration of ammonium ions at low pH decrease the number of cyanobionts in apical portions of *Azolla*. *Plant Cell Physiology* 33, 205-208.

Zhao M. and Duncan J. R. (1999) Removal and recovery of zinc from solution and electroplating effluent using *Azolla filiculoides*. *Water Res.* 33, 1516-1522.

## CAPÍTULO III

### UTILIZAÇÃO DE *Azolla filiculoides* NA REMOÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO EM EFLUENTE DE VIVEIRO DE REPRODUTORES DE TILÁPIAS (*Oreochromis niloticus*) COM E SEM SEDIMENTAÇÃO<sup>3</sup>

#### RESUMO

Com o objetivo de comparar a utilização de *Azolla filiculoides* na remoção de nitrogênio (N) e fósforo (P) em efluente de viveiro de reprodutores de tilápias nas condições com sedimentação (CS) e sem sedimentação (SS), o presente trabalho foi desenvolvido no Setor de Aquacultura (UFRGS). A planta cobriu 50% da área das caixas. Para análise de N e P, procederam-se coletas aos 0, 3, 6, 9 e 12 dias. Na variável N, a ANOVA mostrou que não houve interação entre sedimentação e tempo, entretanto, houve efeito da sedimentação ( $P < 0,05$ ). A *Azolla* no tratamento CS, foi mais eficiente removendo em média 49% de N. Para o P, não foram detectadas diferenças significativas dos fatores sedimentação e tempo. Neste estudo, o processo de sedimentação reduziu substancialmente o nutriente nitrogênio e não reduziu o fósforo do efluente.

Palavras-chave: Aquacultura; Eutrofização; *Azolla*; Sólidos; Sedimento.

---

<sup>3</sup> Artigo a ser submetido ao periódico Water Research Periódico QUALIS A, segundo avaliação da CAPES.

**USE OF *Azolla filiculoides* NITROGEN AND PHOSPHORUS REMOVAL  
FROM EFFLUENT OF FISH FARM REPRODUCTION TILAPIAS  
(*Oreochromis niloticus*) IN CONDITION SEDIMENTATION AND NO  
SEDIMENTATION**

**ABSTRACT**

The objective of this study is to compare the removal of *Azolla filiculoides* nitrogen (N) and phosphorus (P) in effluent of reproduction fish ponds at the conditions with and without sedimentation. The present work has developed in the aquaculture sector (UFRGS). The plant covered 50% of the boxe's area. To analyze N and P, collections were made in zero time, 3, 6, 9 and 12 days. About the N variable, the ANOVA showed that there wasn't interaction between sedimentation and time, however, there was an effect in sedimentation only ( $P < 0,05$ ). The *Azolla* in (CS) was more efficient removing an average of 49% of the N. About the P, there were no significant differences found in the process sedimentation-time. In this research, the process of sedimentation decreased substantial nitrogen nutrient, but it didn't decreased the phosphorus of the effluent.

Key words: Aquaculture; Eutrophication; *Azolla*; Solids; Sediment.

## INTRODUÇÃO

Em aquacultura, as rações apresentam elevados teores de nutrientes. As excreções nitrogenadas, as fezes, os cadáveres e a porção não consumida da dieta compõem o aporte de matéria orgânica e inorgânica à água de cultivo, tornando-se eutrofizada. Ao ser liberada, acarreta conseqüências negativas sobre o ambiente aquático. Para minimizar tais impactos, existe a necessidade do tratamento desses efluentes visando atender às exigências da legislação ambiental, conforme resolução 357/05 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA.

O emprego de alguns sistemas de tratamentos primários é bastante utilizado, como a sedimentação. O uso de sedimentação em aquacultura vem sendo relatado por Cripps e Bergheim (2000).

Sedimentação é o processo por onde os sólidos em suspensão, por apresentarem maior densidade precipitam quando fora da corrente d'água (Cripps e Bergheim, 2000).

Macrófitas aquáticas, como *Azolla filiculoides*, têm sido utilizadas na remoção de nutrientes do efluente da aquacultura (Araújo, 1987).

A *Azolla* é uma pequena planta aquática cosmopolita de flutuação livre. É o único gênero da ordem das pteridófitas conhecido por apresentar uma associação simbiótica com uma cianobactéria. Todas as espécies, normalmente, contêm a cianobactéria chamada *Anabaena azollae*, como simbiote em cavidades especializadas da folha (Cardoso *et al.*, 1992; Forni *et al.*, 1989; Peters e Meeks, 1989). Esta planta multiplica-se rapidamente dando



origem a tapetes de cor tipicamente verde-avermelhada, que cobrem a superfície da água (Carrapiço, 2001).

Trabalhando com *Azolla filiculoides*, Redding *et al.* (1997), verificaram a existência de seu potencial na redução de N e P de efluentes.

Com o objetivo de estudar o uso de *A. filiculoides* na remoção de nitrogênio e fósforo em efluente de viveiro de reprodutores de tilápias foi comparado sua eficiência de remoção nas condições de sedimentação e não sedimentação prévia.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Setor de Aquacultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, dentro da estufa plástica (espessura do plástico 150 micrômetros) tipo túnel. No presente trabalho foram utilizadas plantas de *Azolla filiculoides*, no período de 16 a 27 de abril de 2005, previamente ambientadas em caixa de fibrocimento de (1000 L), em água oligotrófica durante um dia. Para a definição dos tratamentos o efluente foi coletado de um tanque de reprodutores de tilápias (180 m<sup>2</sup>), estocado com 700 peixes os quais foram alimentados duas vezes ao dia com 1,5% de sua biomassa. Os exemplares são oriundos da Estação de Piscicultura Engenho Velho localizado no município de Viamão-RS. O efluente coletado do tanque de reprodutores foi armazenado em duas bombonas de 90 L. Para o tratamento com sedimentação (CS) o efluente foi mantido por 2 horas sem agitação. Transcorrido este tempo, apenas o sobrenadante foi coletado e passado para as caixas de 90 L, num volume de 15 litros, com altura da lâmina d'água de

10cm. No tratamento sem sedimentação (SS) a amostra da bombona foi coletada após agitação mecânica do efluente e transferida para as caixas de 90 L, também num volume de 15 L, com altura da lâmina d'água de 10cm.

Assim, num delineamento em Parcelas Subdivididas, sendo a parcela principal formada por 2 tratamentos (CS) e (SS) e a sub-parcela formada por 5 tempos de avaliação: 0, 3, 6, 9 e 12 dias.

As plantas de *Azolla filiculoides* foram colocadas cobrindo 50% da superfície ( $A=3595\text{cm}^2$ ) de cada unidade experimental.

Os parâmetros de qualidade de água foram: pH, Oxigênio Dissolvido (OD) e temperatura, medidas em aparelho digital (DIGIMED). A determinação de nitrogênio total ( $\text{NH}_3 - \text{N}$ ) por (Kjeldahl), foi feita pelo método de Tedesco *et al.* (2000). A determinação de fósforo total em água foi feita pelo método colorimétrico fosfovanadatomoibdato Malavolta (1989). Sua leitura em espectrofotômetro comprimento de onda 420 nm.

Utilizou-se do pacote estatístico SAS por PROC ANOVA, seguido de uma análise de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de P do efluente estão representados na Tabela 1.

TABELA 1 – Média de fósforo (mg/L) do efluente para os tratamentos (CS) e (SS).

Tempo (dias)	CS	SS
0	0,141	0,753
3	0,374	0,578
6	0,702	0,617
9	0,719	0,645
12	0,561	0,821
Média Total	0,500	0,682

Em relação à variável fósforo total, não foram detectadas diferenças significativas dos fatores sedimentação e tempo. Os níveis de P total do efluente utilizado foram de 0,142 mg/L no (CS) e 0,753 mg/L no (SS), portanto 2,8 e 15 vezes maior que o permitido na legislação brasileira.

Soares (2004) trabalhando com efluentes de piscicultura obtiveram níveis de P de 2,52 mg/L na saída do açude no dia da despesca.

No tratamento SS foi observado uma diminuição nos níveis de P nos primeiros 3 dias (TABELA 1), sugerindo que a planta removeu o nutriente, entrando em declínio em seguida liberando P para o meio.

Redding *et al.* (1997) constataram que a redução semanal de fosfato pode ser resultado do crescimento da macrófita, bem como do mecanismo de sedimentação. Contudo, com a deterioração da *Azolla filiculoides* ocorreu uma eventual liberação de fosfato, podendo concluir que a redução foi devido ao processo de sedimentação.

A *Azolla* durante o período experimental não mostrou um crescimento satisfatório. As folhas apresentaram coloração amarelada e aparência enrugada, com folhas contraídas e de pequeno tamanho.

Segundo Ferentinos *et al.* (2002) problemas devido à deficiência de ferro são razoavelmente freqüentes. As folhas de *Azolla* tornam-se amareladas quando o ferro está faltando.

Em relação à variável pH médio, a análise de variância mostrou que não houve interação entre sedimentação e tempo, entretanto, houve efeito do tempo ( $P < 0,05$ ), e não houve efeito para tratamento, sendo ajustada a seguinte equação  $y = 7,69 + 1,049x - 0,17x^2 + 0,009x^3$  ( $r^2 = 0,91$ ), em que y é o pH e x é o

tempo em dias, conforme FIGURA 1.

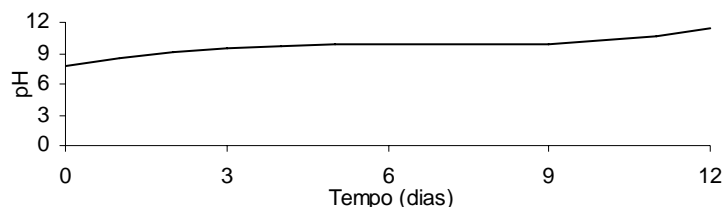


FIGURA 1 – Variação do pH em relação ao tempo.

O valor médio de pH do efluente no período foi de  $10,01 \pm 1,16$  (SS) e  $9,52 \pm 1,27$  (CS). Os níveis de pH no (CS) e (SS) mantiveram-se altos tornando o meio alcalino. Os problemas de deficiência no crescimento e remoção de P são causados pela elevação de pH tornando o meio alcalino provavelmente precipitando os íons férricos, segundo Ferentinos *et al.* (2002).

Dependendo do limite, as plantas flutuantes podem obter nutrientes inorgânicos da coluna de água mostrando uma relação inversa entre pH e densidade de planta, aumentando o pH decresce a densidade de planta (Forchhammer, 1999).

Segundo Arana (2004), o pH também exerce uma forte influência sobre a toxicidade de certos parâmetros químicos, tais como a amônia não ionizada, que se torna mais abundante em pH alcalino.

Em relação à variável OD médio, a análise de variância mostrou que não houve interação entre sedimentação e tempo, entretanto, houve efeito do tempo ( $P < 0,05$ ), e não houve efeito para tratamento. Sendo ajustada a seguinte equação  $y = 18,96 + 0,3x - 0,36x^2 + 0,025x^3$  ( $r^2 = 0,79$ ), em que y é o OD

em mg/L e x é o tempo em dias, conforme FIGURA 2.

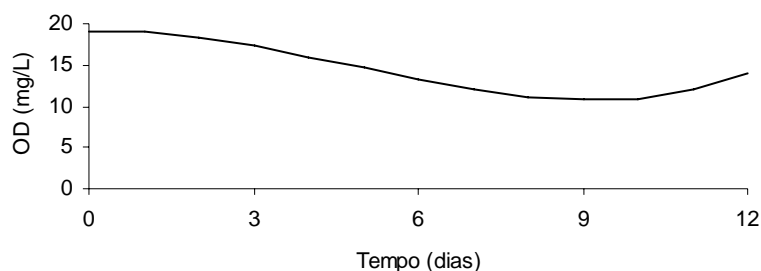


FIGURA 2 – Variação do OD em relação ao tempo.

Com relação ao nível de OD de 20 mg/L não é de se descartar a possibilidade de um erro na leitura do aparelho.

De qualquer forma o alto nível de OD neste período sugere condições ambientais que favoreçam o processo de nitrificação pelas bactérias formando nitrato, forma na qual a planta de *Azolla* remove.

Se o oxigênio dissolvido aumenta, a matéria orgânica diminui, principalmente devido aos processos de oxidação, Arana (2004). Processo em que as bactérias utilizam o oxigênio para atacar e decompor a matéria orgânica.

Em relação à variável temperatura média, a análise de variância mostrou que não houve interação entre sedimentação e tempo, entretanto, houve efeito do tempo ( $P < 0,05$ ), e não houve efeito para tratamento.

Sendo ajustada a seguinte equação  $y = 23,4 + 1,08x - 0,37x^2 + 0,02x^3$ , ( $r^2 = 0,93$ ), em que y é a temperatura em °C e x é o tempo em dias, conforme FIGURA 3.

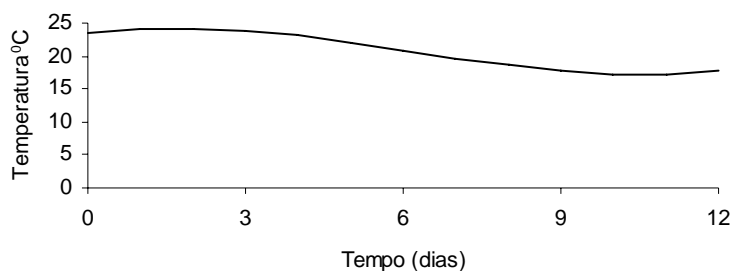


FIGURA 3 – Variação da temperatura em relação ao tempo.

A temperatura do efluente no período apresentou valores médios de  $22,37 \pm 1$  (SS) e  $22,72 \pm 1,09$  (CS).

Cary e Weerts (1992) trabalharam com duas espécies de *Azollas*, *A. filiculoides* e *A. pinnata*, em temperaturas de  $20^{\circ}\text{C}$  a  $25^{\circ}\text{C}$ , ambas espécies apresentaram ótimo desenvolvimento.

Os níveis de N do efluente no início do experimento foram de 114,86 mg/L no (CS) e 124,58 mg/L no (SS), conforme Tabela 2.

TABELA 2 – Média de nitrogênio (mg/L) do efluente para os tratamentos (CS) e (SS).

Tempo (dias)	CS	SS
0	114,86	124,58
3	48,82	81,38
6	48,82	132,6
9	97,66	165,22
12	97,66	102,86
Média total	81,56	121,34

O efeito da sedimentação no início do experimento removeu 8,5% mais N.

Soares (2004) trabalhando com efluentes de piscicultura consorciada com suinocultura, obteve níveis de N de 4,54 mg/L na saída do

açude no dia da despesca.

Em relação à variável nitrogênio, a análise de variância mostrou que não houve interação entre sedimentação e tempo, entretanto, houve efeito da sedimentação ( $P < 0,05$ ). A média de nitrogênio no tratamento (SS) foi de 121.34 mg/L e no tratamento (CS) 81.56mg/L. O efeito de tratamento *Azolla* no (CS) foi significativamente mais eficiente removendo em média 49% de nitrogênio, provavelmente por não apresentar sedimento no fundo o qual estaria disponibilizando nutrientes para o meio.

Segundo Forni *et al.* (2001) a utilização de sistemas de fitotratamento com *Azolla filiculoides*, no tratamento de efluentes aquícolas, foi eficiente na remoção de N e P em experimento durante o período de duas semanas.

Com relação ao tempo, a equação ajustada foi  $y = 120,03 - 41,3x + 8,94x^2 - 0,46x^3$ , em que  $y$  é N em mg/L e  $x$  é tempo em dias, conforme está apresentado na Figura 4.

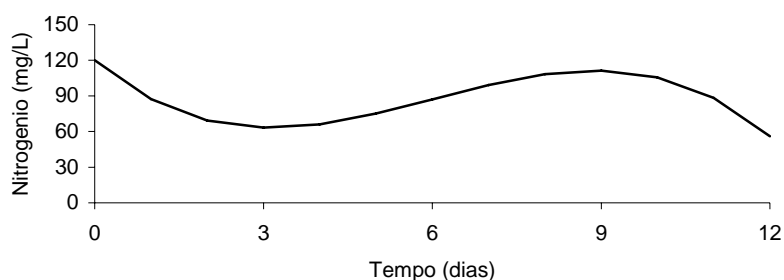


FIGURA 4 – Comportamento do nitrogênio total na equação ajustada para o tempo.

Pela equação ajustada observa-se que no terceiro dia apresenta menores níveis de nitrogênio em ambos tratamentos (SS) e (CS). Um aumento

nos níveis de nitrogênio após este período ocorreu provavelmente devido ao processo de nitrificação. Este fato também foi observado por (Dumas *et al.*, 1998). A planta apresentou ser eficiente em curto período, apresentando sinais de estresse devido às condições adversas ambientais (excesso de sol, incremento de pH, altas temperaturas). Trabalhando com *Azolla filiculoides*, Redding *et al.* (1997), chamam a atenção do risco delas permanecerem por um período maior no sistema de tratamento e sua decomposição trazer um retorno aos níveis anteriores de nutrientes.

## CONCLUSÃO

As baixas condições experimentais como incremento de pH, excesso de sol e altas temperaturas, apresentadas na comparação da performance da *Azolla filiculoides* nos diferentes processos de tratamentos, mostraram que o processo de sedimentação reduziu substancialmente o nutriente nitrogênio e não reduziu o fósforo do efluente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arana, L. V. (2004) Princípios químicos de qualidade de água em aquicultura. Florianópolis: UFSC, 231p.

Araújo, M. C. (1987) Use of water hyacinth in tertiary treatment of domestic sewage. *Water Sci. Technol.* 19 (10), 11-17.

Cardoso E. J. B. N., Tsai S. M. and Neves M. C. P. (1992) Sociedade brasileira de ciência do solo, microbiologia do solo. Associações de cianobactérias e plantas verdes. Campinas, 205-207.

Carrapiço, F. (2001) *Azolla* em Portugal. Instituto da água. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Disponível em: <[http://azolla.fc.ul.pt/documents/Azolla\\_Portugal.pdf](http://azolla.fc.ul.pt/documents/Azolla_Portugal.pdf)> Acesso em 6 de outubro.



- Cary, P. R. and Weerts, P. G. J. (1992) Growth and Nutrient Composition of *Pinnata* R. Brown and *filiculoides* Lamarck as Affected by Water Temperature, Nitrogen and Phosphorus Supply, Light Intensity and pH. *Aquatic Botanic*, 163-180.
- Cripps, S. J. and Bergheim, A. (2000) Solids management and removal for intensive land-based aquaculture production systems. *Aquacultural Engineering* 22, 33-56.
- Dumas A., Laliberte G., Lessard P. and Nove J. (1998) Biotreatment of fish farm effluents using the cyanobacterium *phormidium bohneri*. *Aquacultural Engineering* 7, 57-68.
- Ferentinos L., Smith J. and Hector V. (2002) *Azolla*. College of tropical agriculture and human resources. University of Hawaii at Mānoa. Disponível em: <<http://www.ctahr.hawaii.edu/sustainag/>> Acesso em 7 de outubro.
- Forchhammer, N. C. (1999) Production Potential of Aquatic Plant in Systems Mixing Floating and Submerged Macrophytes. *Freshwater Biology*, Oxford, v. 41, 183-191.
- Forni C., Grilli C. M. and Gentili S. (1989) Bacteria in the *Azolla-anabaena* symbiosis. In *Nitrogen fixation with Non-Legumes*, eds Skinner F. A., Boddey R. M. and Fendrik I., pp. 83-88. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Forni C., Chen J., Tancioni L. and Caiola M. G. (2001) Evaluation of the fern *Azolla* for growth, nitrogen and phosphorus removal from wastewater. *Elsevier Science* 6, 1592-1598.
- Malavolta, E. (1989) *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP. Piracicaba.
- Peters, G. A. and Meeks, J. C. (1989) The *Azolla-anabaena* symbiosis: basic biology. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 40, 193-210.
- Redding, T.; Todd, S.; Midlen A. (1997) The treatment of aquaculture wastewater - A botanical approach. *Journal of Environmental Management* 50, 283-299.
- Tedesco, M. J.; Volkweiss, S. J.; Bohnen, H. (2000) *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2<sup>o</sup> ed. Departamento de solos/UFRGS, pp.133-171. Porto Alegre.

## **CAPÍTULO IV**

### **4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nas condições em que os experimentos foram realizados, pode-se concluir que:

Colheitas periódicas devem ser feitas como um meio de manter altas taxas de crescimento vegetativo na população de *Azolla filiculoides*.

Devem-se tomar medidas para minimizar condições ambientais adversas ao bom desenvolvimento da planta tais como: evitar o incremento de pH, excesso de vento, excesso de sol e altas temperaturas.

O fitotratamento de efluente de aquacultura com *Azolla filiculoides* deve ser realizado em curtos períodos de tempo.

## CAPÍTULO V

### 5.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANA, L.V. **Fundamentos de Aquicultura**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1997. 349p.

ARANA, L.V. **Princípios químicos de qualidade de água em aquicultura**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2004. 231p.

ARORA, A.; SINGH, P.K. Comparison of biomass productivity and nitrogen fixing potential of *Azolla* spp. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v.24, 175-178, 2003.

AVAVULT, J.W. **Fundamentals of aquaculture: a step by step guide to commercial aquaculture**. Baton Rouge, AVA: Publishing Company, 1996. 889p.

BARAK, Y. et al. Phosphorus removal in a marine prototype, recirculating aquaculture system. **Aquaculture**, Amsterdam, v.220, p.313-326, 2003.

BERGHEIM, A.; BRINKER, A. Effluent treatment for flow through systems and european environmental regulations. **Aquacultural**, Amsterdam, v.27, p.61-77, 2003.

BOYD, C.E.; GROOS, A. Water use and conservation for inland aquaculture ponds. **Fisheries Management and Ecology**, Oxford, v.7, p.55-63, 2000.

BOYD, C.E. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. **Aquaculture**, Amsterdam, v.226, p.101-112, 2003.

CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Associações de cianobactérias e plantas verdes**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, microbiologia do solo, 1992. p.205-207.

CARRAPIÇO, F.; TEIXEIRA, G.; DINIZ, M.A. Azolla as a biofertiliser in Africa: a challenge for the future. **Revista de Ciências Agrárias**, Buenos Aires. v.23, p.120-138. 2000. Disponível em: <<http://azolla.fc.ul.pt/documents/AzBiofAfrica.pdf>> Acesso em: 23 de setembro.

CARRAPIÇO, F. (2001) **Azolla em Portugal**. Instituto da água. Disponível em: <<http://azolla.fc.ul.pt/documents/AzollaPortugal.pdf>> Acesso em: 6 de outubro.

COLOSO, R.M. et al. Phosphorus utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed practical diets and its consequences on effluent phosphorus levels. **Aquaculture**, Amsterdam, v.220, p.801-820, 2003.

COLT, J. Aquacultural production systems. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.69, p.4183-4192, 1991.

CONAMA, Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 de março de 2005, seção 1, p.58-63.

COSTA, M.; SANTOS, M.C.; CARRAPIÇO, F. Biomass characterization of *Azolla filiculoides* grown in natural ecosystems and wastewater. **Hydrobiologia**, Dordrecht, v.415, p.323-327, 1999.

CYRINO, J.E.P. et al. A nutrição de peixes e o ambiente In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO E SAÚDE DE PEIXES, 2005, Botucatu, SP. **Anais**. Botucatu, SP, 2005. 120 p.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Ed. Interciência: FINEP, 1988. 575p.

FAO. **Aspects of FAO's policies, programmes, budget and activities aimed at contributing to sustainable development**. Rome, 1988, p. 15-25. (Document to the Ninety-fourth Session of the FAO Council).

FAO. **Código de conduta para la pesca responsable**. Rome, 1995. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentacion.

FISHER, J. P. Wastewater treatment using aquatic plants. In: Bhamidimarri, R., **Alternative waste treatment systems**. London, Elsevier Applied Science, 1988. p.34-44.

FORNI, C. et al. Evaluation of the fern *Azolla* for growth, nitrogen and phosphorus removal from wastewater. **Water Research**, Austrália, v.35, p.1592-1598, 2001.

HEINEN, J.M.; HANKINS, J.A.; ADLER, P.R. Water quality and waste production in a recirculating trout-culture system with feeding of a higher-energy or a lower-energy diet. **Aquaculture Research**, Oxford, v.27, p.699-710, 1996.

HEPHER, B., Ecological aspects of warmwater fish pond management. In: GERKING, S.D. Ed., **The Biological Basis of Freshwater Fish Production**. Oxford, Blackwell, 1978. p. 447-468.

HILBORN, R.; WALTERS, C.J.; LUDWIG, D. Sustainable exploitation of renewable resources. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, Palo Alto, v.26, p.45-67, 1995.

HILGERT, R. **O brejo de restinga II**. Revista eletrônica @qua. Abril de 2000. Disponível em: <<http://www.aqua.brz.net/rep/doce94.html>> Acesso em: 3 de dezembro.

KETOLA, H.G. Mineral nutrition: Effects of phosphorus in trout and salmon feeds on water pollution. In: COWEY, C.B.; MACKIE, A.M.; BELL, J.G. Ed., **Nutrition and feeding in fish**. London, Oxfordrecht, 1985. p.465-473.

KIBRIA, G.D.; NUGEGODA, D.; FAIRCLOUGH, R.; LAM, P. The nutrient content and the release of nutrients from fish food and faeces. **Hydrobiologia**, Dordrecht, v.357, p.165-171, 1997.

LEUNG, K.M.Y.; CHU, J.C.W.; WU, R.S.S. Interacting effects of water temperature and dietary protein levels on post-prandial ammonia excretion by the aerolated grouper *Epinephelus aerolatus* (Forskål). **Aquaculture Research**, Oxford, v.30, p.793-798, 1999.

MacMILLAN, J.R.; HUDDLESTON, T.; WOOLLEY, M.; FOTHERGILL, K. Best management practice development to minimize enviromental impact from large flow-trough trout farms. **Aquaculture**, Amsterdam, v.226, p.91-99, 2003.

MAEJIMA, K.; UHEDA, E.; KITO, S.; SHIOMI, N. Differences in growth rate, nitrogen fixation and numbers of cyanobionts and heterocysts among three *Azolla pinnata* var. *pinnata* strains. **Environmental and experimental botany**, Amsterdam, v.47, p.143-147, 2002.

MONTE-LUNA, P.; BROOK, B.W.; ZETINA-RENÓN, M.J.; CRUZ-ESCALONA, V.H. The carrying capacity of ecosystems. **Global Ecology and Biogeography**, Oxford, v.13, p.485-495, 2004.

PORELLO, S.; LENZI, M.; PERSIA, E.; TOMASSETTI, P.; FINOIA, M.G. Reduction of aquaculture wastewater eutrophication by phytotreatment ponds system. I –Dissolved and particulate nitrogen and phosphorus. **Aquaculture**, Amsterdam, v.219, 515-529, 2003.

REDDING, T.; TODD, S.; MIDLEN A. The treatment of aquaculture wastewater - A botanical approach. **Journal of Environmental Management**, London, v.50, p.283-299, 1997.

SOARES, A. A. **A influência da piscicultura sobre a qualidade das águas**

**superficiais na bacia hidrográfica do arroio Forquilha, Ajuricaba/RS.** 2004. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

TACON, A.G.J.; FORSTER, I.P. Aquafeeds and the environment: policy implications. **Aquaculture**, Amsterdam, v.226, p.181-189, 2003.

TOMAZELLI JUNIOR, O.; CASACA, J.M. Avaliação dos efluentes da piscicultura durante a despesca. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, SC, v.11, n.3, set. 1998.

VAN HOVE, C.; LEJEUNE, A. The *azolla-anabaena* symbiosis. **Biology and Environment: Proceeding of the Royal Irish Academy**. Dublin, v.102b, n.1, p.23-26, 2002.

ZANIBONI FILHO, E. O impacto ambiental de efluentes da piscicultura In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 3., 1999, Campinas, SP. **Anais**. Campinas-SP, 1999. p.1-14.

## 6. APÉNDICES

**EXPERIMENTO 1.**

**Apêndice 1 – Tempo de Duplicação (TD) em dias de matéria seca de azolla durante o período experimental.**

Cobertura	Repetição	Tempo	TD
25	1	de 0 - 10	2,43
25	2	de 0 - 10	4,75
25	3	de 0 - 10	2,80
25	1	de 10 - 20	10,22
25	2	de 10 - 20	6,53
25	3	de 10 - 20	11,04
25	1	de 20 - 30	11,92
25	2	de 20 - 30	11,97
25	3	de 20 - 30	8,87
50	1	de 0 - 10	1,79
50	2	de 0 - 10	2,94
50	3	de 0 - 10	2,78
50	1	de 10 - 20	16,57
50	2	de 10 - 20	13,96
50	3	de 10 - 20	14,13
50	1	de 20 - 30	10,37
50	2	de 20 - 30	11,88
50	3	de 20 - 30	12,12
75	1	de 0 - 10	4,21
75	2	de 0 - 10	3,40
75	3	de 0 - 10	3,57
75	1	de 10 - 20	12,61
75	2	de 10 - 20	15,09
75	3	de 10 - 20	14,22
75	1	de 20 - 30	14,66
75	2	de 20 - 30	11,51
75	3	de 20 - 30	12,87



## Apêndice 2 – ANOVA e análise de Regressão para o TD de azolla durante o período experimental.

---

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
area	3	25 50 75
tempo	3	1 2 3

Number of observations 27

---

The GLM Procedure

Dependent Variable: td

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	561.0300667	70.1287583	34.76	<.0001
Error	18	36.3195333	2.0177519		
Corrected Total	26	597.3496000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	td Mean
0.939199	15.38977	1.420476	9.230000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
area	2	27.9508222	13.9754111	6.93	0.0059
tempo	2	496.9622222	248.4811111	123.15	<.0001
area*tempo	4	36.1170222	9.0292556	4.47	0.0110

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
tempo d. area25	2	95.6472667	47.8236333	23.70	<.0001
tempo d. area50	2	245.2740222	122.6370111	60.78	<.0001
tempo d. area75	2	192.1579556	96.0789778	47.62	<.0001

---

## The GLM Procedure

## Class Level Information

Class	Levels	Values
area	3	25 50 75
tempo	3	1 2 3

Number of observations 27

## The GLM Procedure

Dependent Variable: td

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	561.0300667	70.1287583	34.76	<.0001
Error	18	36.3195333	2.0177519		
Corrected Total	26	597.3496000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	td Mean
0.939199	15.38977	1.420476	9.230000

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
area	2	27.9508222	13.9754111	6.93	0.0059
tempo	2	496.9622222	248.4811111	123.15	<.0001
area*tempo	4	36.1170222	9.0292556	4.47	0.0110

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
t.linear d. area25	1	86.4880667	86.4880667	42.86	<.0001
t.quadratico d. area25	1	9.1592000	9.1592000	4.54	0.0472
t.linear d. area50	1	120.2432667	120.2432667	59.59	<.0001
t.quadratico d. area50	1	125.0307556	125.0307556	61.97	<.0001
t.linear d. area75	1	129.3632667	129.3632667	64.11	<.0001
t.quadratico d. area75	1	62.7946889	62.7946889	31.12	<.0001

----- area=25 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: td

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	1	86.48807	86.48807	20.10	0.0029
Error	7	30.11433	4.30205		
Corrected Total	8	116.60240			

Root MSE            2.07414    R-Square    0.7417  
Dependent Mean    7.83667    Adj R-Sq    0.7048  
Coeff Var            26.46709

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	0.24333	1.82922	0.13	0.8979	552.72010
tempo	1	3.79667	0.84676	4.48	0.0029	86.48807

----- area=25 -----

The REG Procedure  
Model: eq2  
Dependent Variable: td

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	2	95.64727	47.82363	13.69	0.0058
Error	6	20.95513	3.49252		
Corrected Total	8	116.60240			

Root MSE            1.86883    R-Square    0.8203  
Dependent Mean    7.83667    Adj R-Sq    0.7604  
Coeff Var            23.84725

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	-6.89000	4.70312	-1.46	0.1933	552.72010
tempo	1	12.35667	5.34062	2.31	0.0600	86.48807
tempo2	1	-2.14000	1.32146	-1.62	0.1565	9.15920

----- area=50 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: td

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	120.24327	120.24327	6.38	0.0394
Error	7	131.87176	18.83882		
Corrected Total	8	252.11502			

Root MSE 4.34037 R-Square 0.4769  
Dependent Mean 9.61556 Adj R-Sq 0.4022  
Coeff Var 45.13906

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	0.66222	3.82785	0.17	0.8675	832.13018
tempo	1	4.47667	1.77195	2.53	0.0394	120.24327

----- area=50 -----

The REG Procedure  
Model: eq2  
Dependent Variable: td

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	245.27402	122.63701	107.56	<.0001
Error	6	6.84100	1.14017		
Corrected Total	8	252.11502			

Root MSE 1.06779 R-Square 0.9729  
Dependent Mean 9.61556 Adj R-Sq 0.9638  
Coeff Var 11.10478

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	-25.69333	2.68720	-9.56	<.0001	832.13018
tempo	1	36.10333	3.05145	11.83	<.0001	120.24327
tempo2	1	-7.90667	0.75504	-10.47	<.0001	125.03076

----- area=75 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: td

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	129.36327	129.36327	12.70	0.0092
Error	7	71.31809	10.18830		
Corrected Total	8	200.68136			

Root MSE            3.19191    R-Square    0.6446  
Dependent Mean    10.23778    Adj R-Sq    0.5939  
Coeff Var            31.17778

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	0.95111	2.81500	0.34	0.7454	943.30884
tempo	1	4.64333	1.30309	3.56	0.0092	129.36327

----- area=75 -----

The REG Procedure  
Model: eq2  
Dependent Variable: td

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	192.15796	96.07898	67.63	<.0001
Error	6	8.52340	1.42057		
Corrected Total	8	200.68136			

Root MSE            1.19188    R-Square    0.9575  
Dependent Mean    10.23778    Adj R-Sq    0.9434  
Coeff Var            11.64193

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	-17.72667	2.99949	-5.91	0.0010	943.30884
tempo	1	27.05667	3.40607	7.94	0.0002	129.36327
tempo2	1	-5.60333	0.84278	-6.65	0.0006	62.79469

**Apêndice 3 – Parâmetros de qualidade de água analisados no efluente durante à tarde.**

cobertura	repetição	tempo	Temp. t	pH t	OD t
0	1	0	25,3	8,8	6,1
0	2	0	28,7	7,3	7,5
0	3	0	27,4	8,5	5,6
0	1	10	21,9	10,3	6,7
0	2	10	22,6	10,5	10,2
0	3	10	20,5	10,3	7,1
0	1	20	21,4	10,6	23,7
0	2	20	21,7	10,5	22,7
0	3	20	20,3	10,5	24,4
0	1	30	21,5	9,2	7,9
0	2	30	23,0	8,8	8,2
0	3	30	21,7	9,4	9,9
25	1	0	27,5	8,8	8,4
25	2	0	28,2	8,7	4,0
25	3	0	27,9	8,4	4,8
25	1	10	22,4	9,9	6,8
25	2	10	21,8	10,0	7,2
25	3	10	22,2	10,0	6,8
25	1	20	20,9	8,0	11,5
25	2	20	20,6	8,2	12,6
25	3	20	20,8	8,5	10,9
25	1	30	21,7	7,2	4,6
25	2	30	21,4	7,3	4,5
25	3	30	21,7	7,2	6,5
50	1	0	27,3	7,7	3,6
50	2	0	29,2	8,2	1,3
50	3	0	29,0	8,3	3,8
50	1	10	20,0	8,6	7,0
50	2	10	20,7	8,9	5,4
50	3	10	21,3	9,0	5,3
50	1	20	19,7	7,7	6,7
50	2	20	20,2	8,0	13,0
50	3	20	20,5	7,9	9,3
50	1	30	21,9	7,2	4,8
50	2	30	21,9	7,4	6,5
50	3	30	21,0	7,1	5,1
75	1	0	26,8	8,3	5,1
75	2	0	27,5	8,2	5,6
75	3	0	27,2	7,8	2,1
75	1	10	21,7	8,1	4,5
75	2	10	20,9	8,3	4,4
75	3	10	21,8	9,0	5,7
75	1	20	20,5	7,5	5,8
75	2	20	20,4	7,7	6,3
75	3	20	20,7	7,7	7,6
75	1	30	19,9	7,3	3,1

75	2	30	21,1	7,3	7,1
75	3	30	21,5	7,4	6,3

**Temp t = tarde; pH t = tarde; OD t = tarde.**

## Apêndice 4 – ANOVA e análise de Regressão para os níveis de Temperatura no efluente durante o período tarde.

---

### The GLM Procedure

#### Class Level Information

Class	Levels	Values
area	4	0 25 50 75
tempo	3	10 20 30

Number of observations 36

---

### The GLM Procedure

Dependent Variable: tt

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	13.30805358	1.20982305	3.34	0.0065
Error	24	8.69872181	0.36244674		
Corrected Total	35	22.00677539			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	pht Mean
0.604725	2.833661	0.602035	21.24586

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
area	3	4.50736227	1.50245409	4.15	0.168
tempo	2	5.88973497	2.94486748	8.16	0.0020
area*tempo	6	2.91095634	0.48515939	1.34	0.2790

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
area linear	1	3.44787616	3.44787616	9.51	0.0051
area quadratica	1	0.14633175	0.14633175	0.40	0.5312
area cubica	1	0.91315436	0.91315436	2.52	0.1255
tempo linear	1	0.00682763	0.00682763	0.02	0.8920
tempo quadratico	1	5.88290734	5.88290734	16.23	0.0005

---



The REG Procedure  
 Model: eq1  
 Dependent Variable: tt

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	3.44788	3.44788	6.32	0.0169
Error	34	18.55890	0.54585		
Corrected Total	35	22.00678			

Root MSE            0.73882    R-Square    0.1567  
 Dependent Mean    21.24586    Adj R-Sq    0.1319  
 Coeff Var            4.53723

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	21.66106	0.20605	105.13	<.0001	16250
area	1	-0.01107	0.00441	-2.51	0.0169	3.44788

---

The REG Procedure  
 Model: eq2  
 Dependent Variable: tt

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	5.88973	2.94487	6.03	0.0059
Error	33	16.11704	0.48840		
Corrected Total	35	22.00678			

Root MSE            0.69885    R-Square    0.2676  
 Dependent Mean    21.24586    Adj R-Sq    0.2232  
 Coeff Var            3.28936

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	24.07057	0.87937	27.37	<.0001	16250
tempo	1	-0.34133	0.09986	-3.42	0.0017	0.00683
tempo2	1	0.00858	0.00247	3.47	0.0015	5.88291

---

## Apêndice 5 – ANOVA e análise de Regressão para os níveis de pH no efluente durante o período tarde.

---

### The GLM Procedure

#### Class Level Information

Class	Levels	Values
area	4	0 25 50 75
tempo	3	10 20 30

Number of observations 36

---

### The GLM Procedure

Dependent Variable: pht

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	48.79656389	4.43605126	101.04	<.0001
Error	24	1.05366667	0.04390278		
Corrected Total	35	49.85023056			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	pht Mean
0.978863	2.442469	0.209530	8.578611

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
area	3	27.60865278	9.20288426	209.62	<.0001
tempo	2	17.17068889	8.58534444	195.55	<.0001
area*tempo	6	4.01722222	0.66953704	15.25	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
area	3	27.60865278	9.20288426	209.62	<.0001
tempo	2	17.17068889	8.58534444	195.55	<.0001
area*tempo	6	4.01722222	0.66953704	15.25	<.0001

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
tempo d. area0	2	3.43902222	1.71951111	39.17	<.0001
tempo d. area25	2	11.50006667	5.75003333	130.97	<.0001
tempo d. area50	2	4.05502222	2.02751111	46.18	<.0001
tempo d. area75	2	2.19380000	1.09690000	24.98	<.0001

---

## The GLM Procedure

## Class Level Information

Class	Levels	Values
area	4	0 25 50 75
tempo	3	10 20 30

Number of observations 36

## The GLM Procedure

Dependent Variable: pht

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	48.79656389	4.43605126	101.04	<.0001
Error	24	1.05366667	0.04390278		
Corrected Total	35	49.85023056			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	pht Mean
0.978863	2.442469	0.209530	8.578611

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
area	3	27.60865278	9.20288426	209.62	<.0001
tempo	2	17.17068889	8.58534444	195.55	<.0001
area*tempo	6	4.01722222	0.66953704	15.25	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
area	3	27.60865278	9.20288426	209.62	<.0001
tempo	2	17.17068889	8.58534444	195.55	<.0001
area*tempo	6	4.01722222	0.66953704	15.25	<.0001

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
t.linear d. area0	1	2.23260000	2.23260000	50.85	<.0001
t.quadratico d. area0	1	1.20642222	1.20642222	27.48	<.0001
t.linear d. area25	1	11.28881667	11.28881667	257.13	<.0001
t.quadratico d. area25	1	0.21125000	0.21125000	4.81	0.0382
t.linear d. area50	1	4.00166667	4.00166667	91.15	<.0001
t.quadratico d. area50	1	0.05335556	0.05335556	1.22	0.2812
t.linear d. area75	1	2.05335000	2.05335000	46.77	<.0001
t.quadratico d. area75	1	0.14045000	0.14045000	3.20	0.0863

----- area=0 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: pht

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	2.23260	2.23260	10.78	0.0134
Error	7	1.45036	0.20719		
Corrected Total	8	3.68296			

Root MSE            0.45519    R-Square    0.6062  
Dependent Mean    10.03222    Adj R-Sq    0.5499  
Coeff Var            4.53723

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	11.25222	0.40144	28.03	<.0001	905.80934
tempo	1	-0.06100	0.01858	-3.28	0.0134	2.23260

----- area=0 -----

The REG Procedure  
Model: eq2  
Dependent Variable: pht

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	3.43902	1.71951	42.29	0.0003
Error	6	0.24393	0.04066		
Corrected Total	8	3.68296			

Root MSE            0.20163    R-Square    0.9338  
Dependent Mean    10.03222    Adj R-Sq    0.9117  
Coeff Var            2.00985

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	8.66333	0.50743	17.07	<.0001	905.80934
tempo	1	0.24967	0.05762	4.33	0.0049	2.23260
tempo2	1	-0.00777	0.00143	-5.45	0.0016	1.20642

----- area=25 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: pht

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	11.28882	11.28882	235.48	<.0001
Error	7	0.33558	0.04794		
Corrected Total	8	11.62440			

Root MSE            0.21895    R-Square    0.9711  
Dependent Mean    8.48667    Adj R-Sq    0.9670  
Coeff Var            2.57997

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	11.23000	0.19310	58.16	<.0001	648.21160
tempo	1	-0.13717	0.00894	-15.35	<.0001	11.28882

----- area=25 -----

The REG Procedure  
Model: eq2  
Dependent Variable: pht

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	11.50007	5.75003	277.48	<.0001
Error	6	0.12433	0.02072		
Corrected Total	8	11.62440			

Root MSE            0.14395    R-Square    0.9893  
Dependent Mean    8.48667    Adj R-Sq    0.9857  
Coeff Var            1.69622

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	12.31333	0.36227	33.99	<.0001	648.21160
tempo	1	-0.26717	0.04114	-6.49	0.0006	11.28882
tempo2	1	0.00325	0.00102	3.19	0.0188	0.21125

----- area=50 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: pht

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	1	4.00167	4.00167	117.42	<.0001
Error	7	0.23856	0.03408		
Corrected Total	8	4.24022			

Root MSE            0.18461    R-Square    0.9437  
Dependent Mean    7.99556    Adj R-Sq    0.9357  
Coeff Var            2.30886

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	9.62889	0.16281	59.14	<.0001	575.36018
tempo	1	-0.08167	0.00754	-10.84	<.0001	4.00167

----- area=50 -----

The REG Procedure  
Model: eq2  
Dependent Variable: pht

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	2	4.05502	2.02751	65.69	<.0001
Error	6	0.18520	0.03087		
Corrected Total	8	4.24022			

Root MSE            0.17569    R-Square    0.9563  
Dependent Mean    7.99556    Adj R-Sq    0.9418  
Coeff Var            2.19733

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	10.17333	0.44214	23.01	<.0001	575.36018
tempo	1	-0.14700	0.05021	-2.93	0.0264	4.00167
tempo2	1	0.00163	0.00124	1.31	0.2366	0.05336

----- area=75 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: pht

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	2.05335	2.05335	22.44	0.0021
Error	7	0.64065	0.09152		
Corrected Total	8	2.69400			

Root MSE            0.30253    R-Square    0.7622  
Dependent Mean    7.80000    Adj R-Sq    0.7282  
Coeff Var            3.87853

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	8.97000	0.26680	33.62	<.0001	547.56000
tempo	1	-0.05850	0.01235	-4.74	0.0021	2.05335

----- area=75 -----

The REG Procedure  
Model: eq2  
Dependent Variable: pht

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	2.19380	1.09690	13.16	0.0064
Error	6	0.50020	0.08337		
Corrected Total	8	2.69400			

Root MSE            0.28873    R-Square    0.8143  
Dependent Mean    7.80000    Adj R-Sq    0.7524  
Coeff Var            3.70170

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	9.85333	0.72663	13.56	<.0001	547.56000
tempo	1	-0.16450	0.08251	-1.99	0.0932	2.05335
tempo2	1	0.00265	0.00204	1.30	0.2420	0.14045

## Apêndice 6 – ANOVA e análise de Regressão para os níveis de OD no efluente durante o período tarde.

---

The GLM Procedure			
Class Level Information			
Class	Levels	Values	
area	4	0 25 50 75	
tempo	3	10 20 30	
Number of observations 36			

---

The GLM Procedure					
Dependent Variable: ODt					
Source	Sum of DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	884.7630556	80.4330051	38.22	<.0001
Error	24	50.5066667	2.1044444		
Corrected Total	35	935.2697222			
R-Square	Coeff Var	Root MSE	O2t Mean		
0.945998	17.06113	1.450670	8.502778		
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
area	3	314.2830556	104.7610185	49.78	<.0001
tempo	2	344.3755556	172.1877778	81.82	<.0001
area*tempo	6	226.1044444	37.6840741	17.91	<.0001
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
area	3	314.2830556	104.7610185	49.78	<.0001
tempo	2	344.3755556	172.1877778	81.82	<.0001
area*tempo	6	226.1044444	37.6840741	17.91	<.0001
Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
tempo d. area0	2	466.8088889	233.4044444	110.91	<.0001
tempo d. area25	2	67.2266667	33.6133333	15.97	<.0001
tempo d. area50	2	32.0155556	16.0077778	7.61	0.0028
tempo d. area75	2	4.4288889	2.2144444	1.05	0.3647

---



## The GLM Procedure

## Class Level Information

Class	Levels	Values
area	4	0 25 50 75
tempo	3	10 20 30

Number of observations 36

## The GLM Procedure

Dependent Variable: ODt

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	884.7630556	80.4330051	38.22	<.0001
Error	24	50.5066667	2.1044444		
Corrected Total	35	935.2697222			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	O2t Mean
0.945998	17.06113	1.450670	8.502778

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
area	3	314.2830556	104.7610185	49.78	<.0001
tempo	2	344.3755556	172.1877778	81.82	<.0001
area*tempo	6	226.1044444	37.6840741	17.91	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
area	3	314.2830556	104.7610185	49.78	<.0001
tempo	2	344.3755556	172.1877778	81.82	<.0001
area*tempo	6	226.1044444	37.6840741	17.91	<.0001

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
t.linear d. area0	1	0.6666667	0.6666667	0.32	0.5788
t.quadratico d. area0	1	466.1422222	466.1422222	221.50	<.0001
t.linear d. area25	1	4.5066667	4.5066667	2.14	0.1563
t.quadratico d. area25	1	62.7200000	62.7200000	29.80	<.0001
t.linear d. area50	1	0.2816667	0.2816667	0.13	0.7177
t.quadratico d. area50	1	31.7338889	31.7338889	15.08	0.0007
t.linear d. area75	1	0.6016667	0.6016667	0.29	0.5978
t.quadratico d. area75	1	3.8272222	3.8272222	1.82	0.1901

----- area=0 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: ODt

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	0.66667	0.66667	0.01	0.9240
Error	7	477.26889	68.18127		
Corrected Total	8	477.93556			

Root MSE 8.25720 R-Square 0.0014  
Dependent Mean 13.42222 Adj R-Sq -0.1413  
Coeff Var 61.51884

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	12.75556	7.28216	1.75	0.1233	1621.40444
tempo	1	0.03333	0.33710	0.10	0.9240	0.66667

----- area=0 -----

The REG Procedure  
Model: eq2  
Dependent Variable: ODt

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	466.80889	233.40444	125.86	<.0001
Error	6	11.12667	1.85444		
Corrected Total	8	477.93556			

Root MSE 1.36178 R-Square 0.9767  
Dependent Mean 13.42222 Adj R-Sq 0.9690  
Coeff Var 10.14571

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	-38.13333	3.42707	-11.13	<.0001	1621.40444
tempo	1	6.14000	0.38916	15.78	<.0001	0.66667
tempo2	1	-0.15267	0.00963	-15.85	<.0001	466.14222

----- area=25 -----

The REG Procedure  
 Model: eq1  
 Dependent Variable: ODt

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	4.50667	4.50667	0.47	0.5142
Error	7	66.85333	9.55048		
Corrected Total	8	71.36000			

Root MSE 3.09038 R-Square 0.0632  
 Dependent Mean 7.93333 Adj R-Sq -0.0707  
 Coeff Var 38.95443

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	9.66667	2.72546	3.55	0.0094	566.44000
tempo	1	-0.08667	0.12616	-0.69	0.5142	4.50667

----- area=25 -----

The REG Procedure  
 Model: eq2  
 Dependent Variable: ODt

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	67.22667	33.61333	48.79	0.0002
Error	6	4.13333	0.68889		
Corrected Total	8	71.36000			

Root MSE 0.82999 R-Square 0.9421  
 Dependent Mean 7.93333 Adj R-Sq 0.9228  
 Coeff Var 10.46210

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	-9.00000	2.08877	-4.31	0.0050	566.44000
tempo	1	2.15333	0.23719	9.08	0.0001	4.50667
tempo2	1	-0.05600	0.00587	-9.54	<.0001	62.72000

----- area=50 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: ODt

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	0.28167	0.28167	0.04	0.8555
Error	7	55.24722	7.89246		
Corrected Total	8	55.52889			

Root MSE 2.80935 R-Square 0.0051  
Dependent Mean 7.01111 Adj R-Sq -0.1371  
Coeff Var 40.07000

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	7.44444	2.47762	3.00	0.0198	442.40111
tempo	1	-0.02167	0.11469	-0.19	0.8555	0.28167

----- area=50 -----

The REG Procedure  
Model: eq2  
Dependent Variable: ODt

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	32.01556	16.00778	4.08	0.0759
Error	6	23.51333	3.91889		
Corrected Total	8	55.52889			

Root MSE 1.97962 R-Square 0.5766  
Dependent Mean 7.01111 Adj R-Sq 0.4354  
Coeff Var 28.23544

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	-5.83333	4.98193	-1.17	0.2860	442.40111
tempo	1	1.57167	0.56572	2.78	0.0321	0.28167
tempo2	1	-0.03983	0.01400	-2.85	0.0293	31.73389

----- area=75 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: ODt

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	1	0.60167	0.60167	0.27	0.6189
Error	7	15.56056	2.22294		
Corrected Total	8	16.16222			

Root MSE 1.49095 R-Square 0.0372  
Dependent Mean 5.64444 Adj R-Sq -0.1003  
Coeff Var 26.41450

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	5.01111	1.31490	3.81	0.0066	286.73778
tempo	1	0.03167	0.06087	0.52	0.6189	0.60167

----- area=75 -----

The REG Procedure  
Model: eq2  
Dependent Variable: ODt

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	2	4.42889	2.21444	1.13	0.3826
Error	6	11.73333	1.95556		
Corrected Total	8	16.16222			

Root MSE 1.39841 R-Square 0.2740  
Dependent Mean 5.64444 Adj R-Sq 0.0320  
Coeff Var 24.77501

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	0.40000	3.51926	0.11	0.9132	286.73778
tempo	1	0.58500	0.39963	1.46	0.1936	0.60167
tempo2	1	-0.01383	0.00989	-1.40	0.2113	3.82722

**Apêndice 7 – Níveis dos nutrientes no efluente analisados durante o período experimental.**

Cobertura	Repetição	Tempo	NH4	NO23	Fósforo
0	0	0	1,93	0,735	4,34
0	1	10	0.48	0.13	2.82
0	2	10	0.41	0.00	4.06
0	3	10	0.34	0.00	4.46
0	1	20	2.15560	1.74501	5.70
0	2	20	1.98452	1.06069	5.98
0	3	20	1.71080	1.77923	5.13
0	1	30	0.64	0.27	11.60
0	2	30	1.39	0.37	21.93
0	3	30	0.70	0.38	12.92
25	0	0	1,93	0,735	4,34
25	1	10	1.197	0.54	5.64
25	2	10	0.89	0.17	4.23
25	3	10	0.71	0.00	4.85
25	1	20	1.33442	1.09491	5.75
25	2	20	1.06069	0.78696	6.58
25	3	20	0.95804	1.19756	7.67
25	1	30	0.55	0.22	14.55
25	2	30	0.47	0.14	16.38
25	3	30	0.46	0.21	14.5
50	0	0	1,93	0,735	4,34
50	1	10	0.61	0.17	3.84
50	2	10	0.58	0.23	4.40
50	3	10	0.30	0.20	3.78
50	1	20	0.68432	0.65010	7.11
50	2	20	0.68432	0.54745	8.84
50	3	20	0.30794	0.68432	9.83
50	1	30	0.28	0.17	6.77
50	2	30	0.41	0.20	21.47
50	3	30	0.51	0.19	17.40
75	0	0	1,93	0,735	4,34
75	1	10	0.24	0.00	4.29
75	2	10	0.82	0.47	4.80
75	3	10	1.40	0.20	5.02
75	1	20	0.82118	0.47902	8.46
75	2	20	0.00000	0.61588	8.43
75	3	20	0.34216	1.19756	8.69
75	1	30	0.36	0.22	12.01
75	2	30	0.53	0.21	7.38
75	3	30	0.62	0.23	18.83

## Apêndice 8 – ANOVA e análise de Regressão para os níveis de $\text{NH}_4^+$ no efluente durante o período experimental.

----- area=0 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: NH4\_emh2O

### Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	0.00001454	0.00001454	0.00	0.9962
Error	8	4.79753	0.59969		
Corrected Total	9	4.79755			

Root MSE            0.77440    R-Square    0.0000  
Dependent Mean    1.17409    Adj R-Sq   -0.1250  
Coeff Var           65.95715

### Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	1.17631	0.51222	2.30	0.0507	13.78492
tempo	1	-0.00012308	0.02499	-0.00	0.9962	0.00001454

----- area=0 -----

The REG Procedure  
Model: eq2  
Dependent Variable: NH4\_emh2O

### Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.00058007	0.00029003	0.00	0.9996
Error	7	4.79697	0.68528		
Corrected Total	9	4.79755			

Root MSE            0.82782    R-Square    0.0001  
Dependent Mean    1.17409    Adj R-Sq   -0.2856  
Coeff Var           70.50700

### Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	1.16078	0.76931	1.51	0.1751	13.78492
tempo	1	0.00267	0.10087	0.03	0.9796	0.00001454
tempo2	1	-0.00008279	0.00288	-0.03	0.9779	0.000565

----- area=0 -----

The REG Procedure  
 Model: eq3  
 Dependent Variable: NH4\_emh2O

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	3	4.33967	1.44656	18.96	0.0018
Error	6	0.45788	0.07631		
Corrected Total	9	4.79755			

Root MSE            0.27625    R-Square    0.9046  
 Dependent Mean    1.17409    Adj R-Sq    0.8568  
 Coeff Var           23.52869

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	1.93000	0.27625	6.99	0.0004	13.78492
tempo	1	-0.49305	0.07386	-6.68	0.0005	0.00001454
tempo2	1	0.04351	0.00586	7.42	0.0003	0.00056552
tempo3	1	-0.00094015	0.00012468	-7.54	0.0003	4.33909

----- area=25 -----

The REG Procedure  
 Model: eq1  
 Dependent Variable: NH4\_emh2O

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	1	1.11042	1.11042	11.65	0.0092
Error	8	0.76242	0.09530		
Corrected Total	9	1.87284			

Root MSE            0.30871    R-Square    0.5929  
 Dependent Mean    0.95602    Adj R-Sq    0.5420  
 Coeff Var           32.29151

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	1.56820	0.20419	7.68	<.0001	9.13965
tempo	1	-0.03401	0.00996	-3.41	0.0092	1.11042



----- area=25 -----

The REG Procedure  
 Model: eq2  
 Dependent Variable: NH4\_emh2O

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	2	1.12945	0.56473	5.32	0.0394
Error	7	0.74339	0.10620		
Corrected Total	9	1.87284			

Root MSE            0.32588    R-Square    0.6031  
 Dependent Mean    0.95602    Adj R-Sq    0.4897  
 Coeff Var           34.08750

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	1.65825	0.30285	5.48	0.0009	9.13965
tempo	1	-0.05022	0.03971	-1.26	0.2465	1.11042
tempo2	1	0.00048030	0.00113	0.42	0.6848	0.01903

----- area=25 -----

The REG Procedure  
 Model: eq3  
 Dependent Variable: NH4\_emh2O

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	3	1.67099	0.55700	16.56	0.0026
Error	6	0.20185	0.03364		
Corrected Total	9	1.87284			

Root MSE            0.18342    R-Square    0.8922  
 Dependent Mean    0.95602    Adj R-Sq    0.8383  
 Coeff Var           19.18546

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	1.93000	0.18342	10.52	<.0001	9.13965
tempo	1	-0.22535	0.04904	-4.60	0.0037	1.11042
tempo2	1	0.01588	0.00389	4.08	0.0065	0.01903
tempo3	1	-0.00033214	0.00008278	-4.01	0.0070	0.54154

----- area=50 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: NH4\_emh2O

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	1	0.87042	0.87042	5.68	0.0443
Error	8	1.22630	0.15329		
Corrected Total	9	2.09672			

Root MSE            0.39152    R-Square    0.4151  
Dependent Mean    0.62966    Adj R-Sq    0.3420  
Coeff Var            62.17972

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	1.17166	0.25897	4.52	0.0019	3.96469
tempo	1	-0.03011	0.01264	-2.38	0.0443	0.87042

----- area=50 -----

The REG Procedure  
Model: eq2  
Dependent Variable: NH4\_emh2O

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	2	1.51540	0.75770	9.12	0.0112
Error	7	0.58132	0.08305		
Corrected Total	9	2.09672			

Root MSE            0.28818    R-Square    0.7227  
Dependent Mean    0.62966    Adj R-Sq    0.6435  
Coeff Var            45.76729

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	1.69592	0.26781	6.33	0.0004	3.96469
tempo	1	-0.12448	0.03512	-3.54	0.0094	0.87042
tempo2	1	0.00280	0.00100	2.79	0.0270	0.64498

----- area=50 -----

The REG Procedure  
 Model: eq3  
 Dependent Variable: NH4\_emh2O

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	3	1.91721	0.63907	21.36	0.0013
Error	6	0.17951	0.02992		
Corrected Total	9	2.09672			

Root MSE            0.17297    R-Square    0.9144  
 Dependent Mean    0.62966    Adj R-Sq    0.8716  
 Coeff Var            27.47018

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	1.93000	0.17297	11.16	<.0001	3.96469
tempo	1	-0.27533	0.04624	-5.95	0.0010	0.87042
tempo2	1	0.01606	0.00367	4.38	0.0047	0.64498
tempo3	1	-0.00028610	0.00007807	-3.66	0.0105	0.40182

----- area=75 -----

The REG Procedure  
 Model: eq1  
 Dependent Variable: NH4\_emh2O

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	1	1.20228	1.20228	5.31	0.0501
Error	8	1.80986	0.22623		
Corrected Total	9	3.01213			

Root MSE            0.47564    R-Square    0.3991  
 Dependent Mean    0.70633    Adj R-Sq    0.3240  
 Coeff Var            67.33902

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	1.34333	0.31461	4.27	0.0027	4.98908
tempo	1	-0.03539	0.01535	-2.31	0.0501	1.20228

----- area=75 -----

The REG Procedure  
 Model: eq2  
 Dependent Variable: NH4\_emh2O

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	2	1.96187	0.98094	6.54	0.0250
Error	7	1.05026	0.15004		
Corrected Total	9	3.01213			

Root MSE            0.38735    R-Square    0.6513  
 Dependent Mean    0.70633    Adj R-Sq    0.5517  
 Coeff Var           54.83901

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	1.91227	0.35997	5.31	0.0011	4.98908
tempo	1	-0.13780	0.04720	-2.92	0.0224	1.20228
tempo2	1	0.00303	0.00135	2.25	0.0592	0.75959

----- area=75 -----

The REG Procedure  
 Model: eq3  
 Dependent Variable: NH4\_emh2O

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	3	1.96418	0.65473	3.75	0.0791
Error	6	1.04796	0.17466		
Corrected Total	9	3.01213			

Root MSE            0.41792    R-Square    0.6521  
 Dependent Mean    0.70633    Adj R-Sq    0.4781  
 Coeff Var           59.16787

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	1.93000	0.41792	4.62	0.0036	4.98908
tempo	1	-0.14922	0.11174	-1.34	0.2301	1.20228
tempo2	1	0.00404	0.00887	0.46	0.6647	0.75959
tempo3	1	-0.00002167	0.00018862	-0.11	0.9123	0.00230

## Apêndice 9 – ANOVA e análise de Regressão para os níveis de Fósforo no efluente durante o período experimental.

----- area=0 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: Fosforo

### Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	185.66245	185.66245	11.31	0.0099
Error	8	131.32699	16.41587		
Corrected Total	9	316.98944			

Root MSE            4.05165    R-Square    0.5857  
Dependent Mean    7.89400    Adj R-Sq    0.5339  
Coeff Var            51.32570

### Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	-0.02187	2.67992	-0.01	0.9937	623.15236
tempo	1	0.43977	0.13077	3.36	0.0099	185.66245

----- area=0 -----

The REG Procedure  
Model: eq2  
Dependent Variable: Fosforo

### Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	247.55221	123.77610	12.48	0.0049
Error	7	69.43723	9.91960		
Corrected Total	9	316.98944			

Root MSE            3.14954    R-Square    0.7809  
Dependent Mean    7.89400    Adj R-Sq    0.7184  
Coeff Var            39.89790

### Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	5.11364	2.92693	1.75	0.1241	623.15236
tempo	1	-0.48462	0.38379	-1.26	0.2471	185.66245
tempo2	1	0.02739	0.01097	2.50	0.0411	61.88976

---

----- area=0 -----

The REG Procedure  
Model: eq3  
Dependent Variable: Fosforo

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	3	251.94131	83.98044	7.75	0.0174
Error	6	65.04813	10.84136		
Corrected Total	9	316.98944			

Root MSE	3.29262	R-Square	0.7948
Dependent Mean	7.89400	Adj R-Sq	0.6922
Coeff Var	41.71043		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	4.34000	3.29262	1.32	0.2356	623.15236
tempo	1	0.01394	0.88032	0.02	0.9879	185.66245
tempo2	1	-0.01645	0.06985	-0.24	0.8216	61.88976
tempo3	1	0.00094556	0.00149	0.64	0.5481	4.38910

---

----- area=25 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: Fosforo

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	1	158.34002	158.34002	27.59	0.0008
Error	8	45.91663	5.73958		
Corrected Total	9	204.25664			

Root MSE	2.39574	R-Square	0.7752
Dependent Mean	8.45400	Adj R-Sq	0.7471
Coeff Var	28.33856		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	1.14375	1.58463	0.72	0.4910	714.70116
tempo	1	0.40613	0.07732	5.25	0.0008	158.34002

---

----- area=25 -----

The REG Procedure  
Model: eq2  
Dependent Variable: Fosforo

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	2	194.98549	97.49274	73.61	<.0001
Error	7	9.27115	1.32445		
Corrected Total	9	204.25664			

Root MSE            1.15085    R-Square    0.9546  
Dependent Mean    8.45400    Adj R-Sq    0.9416  
Coeff Var            13.61305

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	5.09545	1.06951	4.76	0.0020	714.70116
tempo	1	-0.30518	0.14024	-2.18	0.0660	158.34002
tempo2	1	0.02108	0.00401	5.26	0.0012	36.64547

----- area=25 -----

The REG Procedure  
Model: eq3  
Dependent Variable: Fosforo

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	3	199.17071	66.39024	78.32	<.0001
Error	6	5.08593	0.84766		
Corrected Total	9	204.25664			

Root MSE            0.92068    R-Square    0.9751  
Dependent Mean    8.45400    Adj R-Sq    0.9627  
Coeff Var            10.89049

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	4.34000	0.92068	4.71	0.0033	714.70116
tempo	1	0.18167	0.24615	0.74	0.4884	158.34002
tempo2	1	-0.02173	0.01953	-1.11	0.3084	36.64547
tempo3	1	0.00092333	0.00041554	2.22	0.0680	4.18522

----- area=50 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: Fosforo

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	188.11563	188.11563	10.49	0.0119
Error	8	143.46153	17.93269		
Corrected Total	9	331.57716			

Root MSE 4.23470 R-Square 0.5673  
Dependent Mean 8.77800 Adj R-Sq 0.5133  
Coeff Var 48.24221

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	0.81000	2.80099	0.29	0.7798	770.53284
tempo	1	0.44267	0.13667	3.24	0.0119	188.11563

----- area=50 -----

The REG Procedure  
Model: eq2  
Dependent Variable: Fosforo

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	211.19926	105.59963	6.14	0.0288
Error	7	120.37790	17.19684		
Corrected Total	9	331.57716			

Root MSE 4.14691 R-Square 0.6370  
Dependent Mean 8.77800 Adj R-Sq 0.5332  
Coeff Var 47.24205

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	3.94636	3.85381	1.02	0.3399	770.53284
tempo	1	-0.12188	0.50532	-0.24	0.8163	188.11563
tempo2	1	0.01673	0.01444	1.16	0.2846	23.08364



----- area=50 -----

The REG Procedure  
Model: eq3  
Dependent Variable: Fosforo

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	3	212.33556	70.77852	3.56	0.0868
Error	6	119.24160	19.87360		
Corrected Total	9	331.57716			

Root MSE            4.45798    R-Square    0.6404  
Dependent Mean    8.77800    Adj R-Sq    0.4606  
Coeff Var            50.78585

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	4.34000	4.45798	0.97	0.3679	770.53284
tempo	1	-0.37556	1.19189	-0.32	0.7634	188.11563
tempo2	1	0.03903	0.09457	0.41	0.6941	23.08364
tempo3	1	-0.00048111	0.00201	-0.24	0.8190	1.13630

----- area=75 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: Fosforo

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	1	105.86817	105.86817	11.36	0.0098
Error	8	74.53168	9.31646		
Corrected Total	9	180.39985			

Root MSE            3.05229    R-Square    0.5869  
Dependent Mean    8.22500    Adj R-Sq    0.5352  
Coeff Var            37.10988

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	2.24750	2.01890	1.11	0.2979	676.50625
tempo	1	0.33208	0.09851	3.37	0.0098	105.86817

----- area=75 -----

The REG Procedure  
Model: eq2  
Dependent Variable: Fosforo

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	2	112.44310	56.22155	5.79	0.0328
Error	7	67.95675	9.70811		
Corrected Total	9	180.39985			

Root MSE            3.11578    R-Square    0.6233  
Dependent Mean    8.22500    Adj R-Sq    0.5157  
Coeff Var            37.88187

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	3.92136	2.89556	1.35	0.2177	676.50625
tempo	1	0.03079	0.37967	0.08	0.9376	105.86817
tempo2	1	0.00893	0.01085	0.82	0.4377	6.57494

----- area=75 -----

The REG Procedure  
Model: eq3  
Dependent Variable: Fosforo

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	3	113.72832	37.90944	3.41	0.0938
Error	6	66.67153	11.11192		
Corrected Total	9	180.39985			

Root MSE            3.33345    R-Square    0.6304  
Dependent Mean    8.22500    Adj R-Sq    0.4456  
Coeff Var            40.52833

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	4.34000	3.33345	1.30	0.2407	676.50625
tempo	1	-0.23900	0.89123	-0.27	0.7976	105.86817
tempo2	1	0.03265	0.07071	0.46	0.6605	6.57494
tempo3	1	-0.00051167	0.00150	-0.34	0.7454	1.28521

## Apêndice 10 – ANOVA e análise de Regressão para os níveis de NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub> no efluente durante o período experimental.

----- area=0 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: NO2\_NO3\_emh2O

### Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	0.05310	0.05310	0.11	0.7531
Error	8	4.00801	0.50100		
Corrected Total	9	4.06111			

Root MSE            0.70781    R-Square    0.0131  
Dependent Mean    0.64699    Adj R-Sq   -0.1103  
Coeff Var           109.40058

### Parameter Estimates

Variable	Parameter DF	Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	0.51312	0.46818	1.10	0.3050	4.18600
tempo	1	0.00744	0.02284	0.33	0.7531	0.05310

----- area=0 -----

The REG Procedure  
Model: eq2  
Dependent Variable: NO2\_NO3\_emh2O

### Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.50633	0.25317	0.50	0.6275
Error	7	3.55478	0.50783		
Corrected Total	9	4.06111			

Root MSE            0.71262    R-Square    0.1247  
Dependent Mean    0.64699    Adj R-Sq   -0.1254  
Coeff Var           110.14315

### Parameter Estimates

Variable	Parameter DF	Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	0.07365	0.66225	0.11	0.9146	4.18600
tempo	1	0.08654	0.08684	1.00	0.3521	0.05310
tempo2	1	-0.00234	0.00248	-0.94	0.3763	0.45323

----- area=0 -----

The REG Procedure  
Model: eq3  
Dependent Variable: NO2\_NO3\_emh2O

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	3	3.71385	1.23795	21.39	0.0013
Error	6	0.34725	0.05788		
Corrected Total	9	4.06111			

Root MSE            0.24057   R-Square   0.9145  
Dependent Mean    0.64699   Adj R-Sq   0.8717  
Coeff Var           37.18339

Parameter Estimates

Variable	Parameter DF	Standard		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Error			
Intercept	1	0.73500	0.24057	3.06	0.0224	4.18600
tempo	1	-0.33966	0.06432	-5.28	0.0019	0.05310
tempo2	1	0.03513	0.00510	6.88	0.0005	0.45323
tempo3	1	-0.00080832	0.00010858	-7.44	0.0003	3.20752

----- area=25 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: NO2\_NO3\_emh2O

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	1	0.03640	0.03640	0.18	0.6803
Error	8	1.59339	0.19917		
Corrected Total	9	1.62979			

Root MSE            0.44629   R-Square   0.0223  
Dependent Mean    0.50944   Adj R-Sq   -0.0999  
Coeff Var           87.60329

Parameter Estimates

Variable	Parameter DF	Standard		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Error			
Intercept	1	0.62028	0.29519	2.10	0.0688	2.59532
tempo	1	-0.00616	0.01440	-0.43	0.6803	0.03640

----- area=25 -----

The REG Procedure  
 Model: eq2  
 Dependent Variable: NO2\_NO3\_emh2O

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	2	0.22394	0.11197	0.56	0.5961
Error	7	1.40585	0.20084		
Corrected Total	9	1.62979			

Root MSE            0.44815    R-Square    0.1374  
 Dependent Mean    0.50944    Adj R-Sq   -0.1091  
 Coeff Var           87.96794

Parameter Estimates

Variable	Parameter DF	Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
tempo	1	0.04473	0.05461	0.82	0.4397	0.03640
tempo2	1	-0.00151	0.00156	-0.97	0.3661	0.18754

----- area=25 -----

The REG Procedure  
 Model: eq3  
 Dependent Variable: NO2\_NO3\_emh2O

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	3	1.38220	0.46073	11.17	0.0072
Error	6	0.24759	0.04126		
Corrected Total	9	1.62979			

Root MSE            0.20314    R-Square    0.8481  
 Dependent Mean    0.50944    Adj R-Sq    0.7721  
 Coeff Var           39.87431

Parameter Estimates

Variable	Parameter DF	Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
tempo	1	-0.21139	0.05431	-3.89	0.0081	0.03640
tempo2	1	0.02101	0.00431	4.88	0.0028	0.18754
tempo3	1	-0.00048574	0.00009168	-5.30	0.0018	1.15826

----- area=50 -----

The REG Procedure  
 Model: eq1  
 Dependent Variable: NO2\_NO3\_emh2O

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	0.05932	0.05932	1.01	0.3453
Error	8	0.47189	0.05899		
Corrected Total	9	0.53121			

Root MSE            0.24287    R-Square    0.1117  
 Dependent Mean    0.37770    Adj R-Sq    0.0006  
 Coeff Var           64.30328

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	0.51919	0.16064	3.23	0.0120	1.42654
tempo	1	-0.00786	0.00784	-1.00	0.3453	0.05932

----- area=50 -----

The REG Procedure  
 Model: eq2  
 Dependent Variable: NO2\_NO3\_emh2O

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.06199	0.03100	0.46	0.6477
Error	7	0.46921	0.06703		
Corrected Total	9	0.53121			

Root MSE            0.25890    R-Square    0.1167  
 Dependent Mean    0.37770    Adj R-Sq    -0.1357  
 Coeff Var           68.54789

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	0.48541	0.24060	2.02	0.0834	1.42654
tempo	1	-0.00178	0.03155	-0.06	0.9565	0.05932
tempo2	1	-0.00018011	0.00090138	-0.20	0.8473	0.00268

----- area=50 -----

The REG Procedure  
 Model: eq3  
 Dependent Variable: NO2\_NO3\_emh2O

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	3	0.51881	0.17294	83.68	<.0001
Error	6	0.01240	0.00207		
Corrected Total	9	0.53121			

Root MSE            0.04546    R-Square    0.9767  
 Dependent Mean    0.37770    Adj R-Sq    0.9650  
 Coeff Var           12.03603

Parameter Estimates

Variable	Parameter DF	Standard		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Error			
Intercept	1	0.73500	0.04546	16.17	<.0001	1.42654
tempo	1	-0.16263	0.01215	-13.38	<.0001	0.05932
tempo2	1	0.01396	0.00096434	14.48	<.0001	0.00268
tempo3	1	-0.00030505	0.00002052	-14.87	<.0001	0.45681

----- area=75 -----

The REG Procedure  
 Model: eq1  
 Dependent Variable: NO2\_NO3\_emh2O

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	1	0.03857	0.03857	0.29	0.6029
Error	8	1.05213	0.13152		
Corrected Total	9	1.09070			

Root MSE            0.36265    R-Square    0.0354  
 Dependent Mean    0.43575    Adj R-Sq    -0.0852  
 Coeff Var           83.22534

Parameter Estimates

Variable	Parameter DF	Standard		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Error			
Intercept	1	0.54984	0.23987	2.29	0.0511	1.89875
tempo	1	-0.00634	0.01170	-0.54	0.6029	0.03857

----- area=75 -----

The REG Procedure  
 Model: eq2  
 Dependent Variable: NO2\_NO3\_emh2O

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of	Mean	F Value	Pr > F
		Squares	Square		
Model	2	0.06509	0.03255	0.22	0.8062
Error	7	1.02560	0.14651		
Corrected Total	9	1.09070			

Root MSE            0.38277    R-Square    0.0597  
 Dependent Mean    0.43575    Adj R-Sq   -0.2090  
 Coeff Var           87.84303

Parameter Estimates

Variable	Parameter DF	Standard Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
tempo	1	0.01280	0.04664	0.27	0.7917	0.03857
tempo2	1	-0.00056700	0.00133	-0.43	0.6833	0.02652

----- area=75 -----

The REG Procedure  
 Model: eq3  
 Dependent Variable: NO2\_NO3\_emh2O

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of	Mean	F Value	Pr > F
		Squares	Square		
Model	3	0.68810	0.22937	3.42	0.0934
Error	6	0.40259	0.06710		
Corrected Total	9	1.09070			

Root MSE            0.25903    R-Square    0.6309  
 Dependent Mean    0.43575    Adj R-Sq    0.4463  
 Coeff Var           59.44627

Parameter Estimates

Variable	Parameter DF	Standard Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
tempo	1	-0.17504	0.06926	-2.53	0.0448	0.03857
tempo2	1	0.01595	0.00549	2.90	0.0272	0.02652
tempo3	1	-0.00035624	0.00011691	-3.05	0.0226	0.6230



**Apêndice 11 – Níveis dos nutrientes N e P no tecido de *Azolla* analisados durante o período experimental.**

area	rep	tempo	N no tecido	P no tecido
25	1	10	0,0402	0,0035
25	2	10	0,0297	0,0023
25	3	10	0,0387	0,0034
25	1	20	0,3862	0,0316
25	2	20	0,4309	0,0342
25	3	20	0,3633	0,0213
25	1	30	1,0638	0,0571
25	2	30	0,9878	0,0629
25	3	30	1,4756	0,0825
50	1	10	0,0842	0,0075
50	2	10	0,0833	0,0068
50	3	10	0,0852	0,0006
50	1	20	0,8682	0,0612
50	2	20	0,8295	0,0545
50	3	20	0,8328	0,0662
50	1	30	2,8594	0,1685
50	2	30	2,0767	0,1399
50	3	30	1,8722	0,0960
75	1	10	0,1146	0,0091
75	2	10	0,1144	0,0094
75	3	10	0,1131	0,0107
75	1	20	1,8896	0,1377
75	2	20	1,3577	0,1074
75	3	20	1,5654	0,1394
75	1	30	2,6643	0,1618
75	2	30	3,6809	0,2483
75	3	30	3,3436	0,2416

## Apêndice 12 – ANOVA e análise de Regressão para os níveis de N e P no tecido de *Azolla* durante o período experimental.

---

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
area	3	25 50 75
tempo	3	10 20 30

Number of observations 27

---

The GLM Procedure

Dependent Variable: N

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	29.58250778	3.69781347	48.80	<.0001
Error	18	1.36407408	0.07578189		
Corrected Total	26	30.94658186			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	N Mean
0.955922	25.40980	0.275285	1.083381

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
area	2	5.59025168	2.79512584	36.88	<.0001
tempo	2	20.98958538	10.49479269	138.49	<.0001
area*tempo	4	3.00267072	0.75066768	9.91	0.0002

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
area	2	5.59025168	2.79512584	36.88	<.0001
tempo	2	20.98958538	10.49479269	138.49	<.0001
area*tempo	4	3.00267072	0.75066768	9.91	0.0002

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
tempo d. area25	2	2.03811683	1.01905841	13.45	0.0003
tempo d. area50	2	7.38487078	3.69243539	48.72	<.0001
tempo d. area75	2	14.56926850	7.28463425	96.13	<.0001

---

## The GLM Procedure

Dependent Variable: Fosforo

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	0.12991079	0.01623885	34.41	<.0001
Error	18	0.00849471	0.00047193		
Corrected Total	26	0.13840550			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Fosforo Mean
0.938625	29.84357	0.021724	0.072793

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
area	2	0.03313344	0.01656672	35.10	<.0001
tempo	2	0.08070867	0.04035434	85.51	<.0001
area*tempo	4	0.01606868	0.00401717	8.51	0.0005

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
area	2	0.03313344	0.01656672	35.10	<.0001
tempo	2	0.08070867	0.04035434	85.51	<.0001
area*tempo	4	0.01606868	0.00401717	8.51	0.0005

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
tempo d. area25	2	0.00630561	0.00315280	6.68	0.0068
tempo d. area50	2	0.02545617	0.01272808	26.97	<.0001
tempo d. area75	2	0.06501558	0.03250779	68.88	<.0001

## The GLM Procedure

## Class Level Information

Class	Levels	Values
area	3	25 50 75
tempo	3	10 20 30

Number of observations 27

## The GLM Procedure

Dependent Variable: N

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	29.58250778	3.69781347	48.80	<.0001

Error 18 1.36407408 0.07578189

Corrected Total 26 30.94658186

R-Square	Coeff Var	Root MSE	N Mean
0.955922	25.40980	0.275285	1.083381

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
area	2	5.59025168	2.79512584	36.88	<.0001
tempo	2	20.98958538	10.49479269	138.49	<.0001
area*tempo	4	3.00267072	0.75066768	9.91	0.0002

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
area	2	5.59025168	2.79512584	36.88	<.0001
tempo	2	20.98958538	10.49479269	138.49	<.0001
area*tempo	4	3.00267072	0.75066768	9.91	0.0002

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
t.linear d. area25	1	1.94780433	1.94780433	25.70	<.0001
t.quadratico d. area25	1	0.09031250	0.09031250	1.19	0.2894
t.linear d. area50	1	7.16264856	7.16264856	94.52	<.0001
t.quadratico d. area50	1	0.22222222	0.22222222	2.93	0.1040
t.linear d. area75	1	14.56013348	14.56013348	192.13	<.0001
t.quadratico d. area75	1	0.00913501	0.00913501	0.12	0.7325

#### The GLM Procedure

Dependent Variable: Fosforo

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	0.12991079	0.01623885	34.41	<.0001
Error	18	0.00849471	0.00047193		
Corrected Total	26	0.13840550			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Fosforo Mean
0.938625	29.84357	0.021724	0.072793

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
area	2	0.03313344	0.01656672	35.10	<.0001
tempo	2	0.08070867	0.04035434	85.51	<.0001
area*tempo	4	0.01606868	0.00401717	8.51	0.0005

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
area	2	0.03313344	0.01656672	35.10	<.0001

tempo	2	0.08070867	0.04035434	85.51	<.0001
area*tempo	4	0.01606868	0.00401717	8.51	0.0005

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
t.linear d. area25	1	0.00622748	0.00622748	13.20	0.0019
t.quadratico d. area25	1	0.00007812	0.00007812	0.17	0.6889
t.linear d. area50	1	0.02528504	0.02528504	53.58	<.0001
t.quadratico d. area50	1	0.00017112	0.00017112	0.36	0.5546
t.linear d. area75	1	0.06458437	0.06458437	136.85	<.0001
t.quadratico d. area75	1	0.00043120	0.00043120	0.91	0.3518

----- area=25 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: N

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	1.94780	1.94780	59.15	0.0001
Error	7	0.23051	0.03293		
Corrected Total	8	2.17831			

Root MSE	0.18147	R-Square	0.8942
Dependent Mean	0.53513	Adj R-Sq	0.8791
Coeff Var	33.91041		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	-0.60440	0.16004	-3.78	0.0069	2.57731
tempo	1	0.05698	0.00741	7.69	0.0001	1.94780

----- area=25 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: Fosforo

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	0.00623	0.00623	82.81	<.0001
Error	7	0.00052642	0.00007520		
Corrected Total	8	0.00675			

Root MSE	0.00867	R-Square	0.9221
Dependent Mean	0.03320	Adj R-Sq	0.9109

Coeff Var      26.12031

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	-0.03123	0.00765	-4.08	0.0047	0.00992
tempo	1	0.00322	0.00035403	9.10	<.0001	0.00623

----- area=25 -----

The REG Procedure

Model: eq2

Dependent Variable: N

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	2.03812	1.01906	43.61	0.0003
Error	6	0.14020	0.02337		
Corrected Total	8	2.17831			

Root MSE      0.15286    R-Square    0.9356  
 Dependent Mean    0.53513    Adj R-Sq    0.9142  
 Coeff Var      28.56480

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	0.10393	0.38469	0.27	0.7961	2.57731
tempo	1	-0.02802	0.04368	-0.64	0.5449	1.94780
tempo2	1	0.00213	0.00108	1.97	0.0969	0.09031

----- area=25 -----

The REG Procedure

Model: eq2

Dependent Variable: Fosforo

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.00631	0.00315	42.20	0.0003
Error	6	0.00044829	0.00007472		
Corrected Total	8	0.00675			

Root MSE      0.00864    R-Square    0.9336  
 Dependent Mean    0.03320    Adj R-Sq    0.9115  
 Coeff Var      26.03559

## Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	-0.01040	0.02175	-0.48	0.6495	0.00992
tempo	1	0.00072167	0.00247	0.29	0.7800	0.00623
tempo2	1	0.00006250	0.00006112	1.02	0.3460	0.00007812

----- area=50 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: N

## Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	7.16265	7.16265	65.44	<.0001
Error	7	0.76615	0.10945		
Corrected Total	8	7.92879			

Root MSE            0.33083    R-Square    0.9034  
Dependent Mean    1.06572    Adj R-Sq    0.8896  
Coeff Var           31.04293

## Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	-1.11948	0.29177	-3.84	0.0064	10.22187
tempo	1	0.10926	0.01351	8.09	<.0001	7.16265

----- area=50 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: Fosforo

## Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	0.02529	0.02529	60.28	0.0001
Error	7	0.00294	0.00041943		
Corrected Total	8	0.02822			

Root MSE            0.02048    R-Square    0.8960  
Dependent Mean    0.06680    Adj R-Sq    0.8811  
Coeff Var           30.65882

## Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	-0.06303	0.01806	-3.49	0.0101	0.04016
tempo	1	0.00649	0.00083610	7.76	0.0001	0.02529

----- area=50 -----

The REG Procedure  
Model: eq2  
Dependent Variable: N

## Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	7.38487	3.69244	40.73	0.0003
Error	6	0.54392	0.09065		
Corrected Total	8	7.92879			

Root MSE            0.30109    R-Square    0.9314  
Dependent Mean    1.06572    Adj R-Sq    0.9085  
Coeff Var           28.25200

## Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	-0.00837	0.75772	-0.01	0.9915	10.22187
tempo	1	-0.02407	0.08604	-0.28	0.7890	7.16265
tempo2	1	0.00333	0.00213	1.57	0.1685	0.22222

----- area=50 -----

The REG Procedure  
Model: eq2  
Dependent Variable: Fosforo

## Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.02546	0.01273	27.62	0.0009
Error	6	0.00276	0.00046082		
Corrected Total	8	0.02822			

Root MSE            0.02147    R-Square    0.9020  
Dependent Mean    0.06680    Adj R-Sq    0.8694  
Coeff Var           32.13577



## Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	-0.03220	0.05402	-0.60	0.5729	0.04016
tempo	1	0.00279	0.00613	0.46	0.6651	0.02529
tempo2	1	0.00009250	0.00015179	0.61	0.5646	0.00017112

----- area=75 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: N

## Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	14.56013	14.56013	147.91	<.0001
Error	7	0.68909	0.09844		
Corrected Total	8	15.24922			

Root MSE           0.31375   R-Square   0.9548  
Dependent Mean    1.64929   Adj R-Sq   0.9484  
Coeff Var           19.02356

## Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	-1.46628	0.27670	-5.30	0.0011	24.48138
tempo	1	0.15578	0.01281	12.16	<.0001	14.56013

----- area=75 -----

The REG Procedure  
Model: eq1  
Dependent Variable: Fosforo

## Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	0.06458	0.06458	79.14	<.0001
Error	7	0.00571	0.00081610		
Corrected Total	8	0.07030			

Root MSE           0.02857   R-Square   0.9187  
Dependent Mean    0.11838   Adj R-Sq   0.9071  
Coeff Var           24.13246

## Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter	Standard	t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Error			
Intercept	1	-0.08912	0.02519	-3.54	0.0095	0.12612
tempo	1	0.01038	0.00117	8.90	<.0001	0.06458

----- area=75 -----

The REG Procedure  
Model: eq2  
Dependent Variable: N

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of	Mean	F Value	Pr > F
		Squares	Square		
Model	2	14.56927	7.28463	64.28	<.0001
Error	6	0.67995	0.11333		
Corrected Total	8	15.24922			

Root MSE            0.33664    R-Square    0.9554  
Dependent Mean    1.64929    Adj R-Sq    0.9405  
Coeff Var           20.41115

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter	Standard	t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Error			
Intercept	1	-1.24100	0.84719	-1.46	0.1933	24.48138
tempo	1	0.12875	0.09620	1.34	0.2293	14.56013
tempo2	1	0.00067583	0.00238	0.28	0.7860	0.00914

----- area=75 -----

The REG Procedure  
Model: eq2  
Dependent Variable: Fosforo

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of	Mean	F Value	Pr > F
		Squares	Square		
Model	2	0.06502	0.03251	36.93	0.0004
Error	6	0.00528	0.00088025		
Corrected Total	8	0.07030			

Root MSE            0.02967    R-Square    0.9249  
Dependent Mean    0.11838    Adj R-Sq    0.8998  
Coeff Var           25.06299

## Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter	Standard	t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Error			
Intercept	1	-0.13807	0.07467	-1.85	0.1139	0.12612
tempo	1	0.01625	0.00848	1.92	0.1038	0.06458
tempo2	1	-0.00014683	0.00020979	-0.70	0.5102	0.00043120

## EXPERIMENTO – 2

**Apêndice 1 – Parâmetros de qualidade de água analisados no efluente durante o período experimental.**

tratamento	repetição	tempo	Temp md	pH med	OD med
SS	1	0	22,35	7,45	17,65
SS	2	0	22,7	7,55	18,2
SS	3	0	23,6	7,5	17,05
SS	4	0	24,65	7,55	18,5
SS	5	0	23,6	7,8	19
SS	1	1	22,35	7,45	17,65
SS	2	1	22,7	7,55	18,2
SS	3	1	23,6	7,5	17,05
SS	4	1	24,65	7,55	18,5
SS	5	1	23,6	7,8	19
SS	1	2	21,35	7,5	18,2
SS	2	2	20,75	9,25	19,55
SS	3	2	21,45	8,85	17,7
SS	4	2	22,05	8,4	20,75
SS	5	2	21,3	8,45	23,25
SS	1	3	23,75	9,9	15
SS	2	3	23,6	9,4	18,4
SS	3	3	24,2	9,15	17,25
SS	4	3	24,45	9,35	18,6
SS	5	3	24,15	9,7	18,95
SS	1	4	21,15	10,7	20,3
SS	2	4	21,15	10,6	20,2
SS	3	4	21,2	10,65	19,75
SS	4	4	21,3	10,5	18,15
SS	5	4	21,35	10,6	19,45
SS	1	5	23,95	10,7	14,85
SS	2	5	24,15	11,1	13,5
SS	3	5	25,25	10,85	14,1
SS	4	5	25,7	10,75	16,4
SS	5	5	25,6	10,95	18,05
SS	1	6	20,85	9,55	12,5
SS	2	6	20,8	9,25	12,35
SS	3	6	21,2	9,15	11,8
SS	4	6	21,55	9,15	12,05
SS	5	6	21,15	9,8	12,95
SS	1	7	23,95	9,965	15,9
SS	2	7	23,8	59,1	10,35
SS	3	7	24,4	9,9	9,9
SS	4	7	25,1	10,25	8,75
SS	5	7	24,65	10,7	11,2
SS	1	8	19,2	9,55	11,1
SS	2	8	19,45	9,6	11,45
SS	3	8	20,15	9,6	12,6

SS	4	8	19,85	9,8	12,05
SS	5	8	19,4	10,3	11,8
SS	1	9	18,9	8,85	11,3
SS	2	9	19,25	9,6	12,15
SS	3	9	19,3	9,3	10,4
SS	4	9	19,5	9,25	10,85
SS	5	9	19,25	9,75	10,8
SS	1	10	19	9,85	15,6
SS	2	10	19,35	10,85	14,65
SS	3	10	19,8	10,2	16,85
SS	4	10	19,65	10,55	16,7
SS	5	10	19,9	10,4	18,85
SS	1	11	21,05	9,75	14,05
SS	2	11	21,25	10,05	12,7
SS	3	11	21,85	9,95	11,35
SS	4	11	21,5	10,1	10,95
SS	5	11	21,5	10,6	12,8
SS	1	12	20,9	10,25	11,85
SS	2	12	21,3	10,5	13,1
SS	3	12	21,55	10,55	10,9
SS	4	12	21,7	10,55	14,05
SS	5	12	21,6	10,35	13,55
CS	1	0	22,65	7,71	19,3
CS	2	0	22,7	7,965	17,4
CS	3	0	23,05	7,855	19,5
CS	4	0	24,85	7,71	21,45
CS	5	0	23,2	7,86	20,15
CS	1	1	22,65	7,71	19,3
CS	2	1	22,7	7,965	17,4
CS	3	1	23,05	7,855	19,5
CS	4	1	24,85	7,71	21,45
CS	5	1	23,2	7,86	20,15
CS	1	2	20,65	9,32	19,5
CS	2	2	20,75	9,5	18,35
CS	3	2	21,2	9,5	21
CS	4	2	21,15	9,3	23,25
CS	5	2	21,85	9,3	19,75
CS	1	3	23,8	9,55	14,9
CS	2	3	23,35	9,35	18,4
CS	3	3	23,8	9,95	17,45
CS	4	3	24,1	9,15	17
CS	5	3	24,2	9,35	22,5
CS	1	4	21,2	10,45	23,65
CS	2	4	20,9	10,9	21,15
CS	3	4	21,2	11,05	21,3
CS	4	4	21,3	10,6	18,75
CS	5	4	21,3	10,75	19,9
CS	1	5	24,15	10,1	14,25
CS	2	5	24,5	10,7	15,85
CS	3	5	25,55	11,25	14,6

CS	4	5	25,85	11	13,6
CS	5	5	25,25	11,1	15,55
CS	1	6	20,8	9,45	11,5
CS	2	6	21	9,75	13,15
CS	3	6	21,2	10,15	13,05
CS	4	6	21,05	10,05	12,15
CS	5	6	21,2	9,7	11,5
CS	1	7	23,8	10,4	15,4
CS	2	7	24,1	10,55	12,1
CS	3	7	24,3	10,85	13,4
CS	4	7	24	10,75	10,2
CS	5	7	24,55	10,6	10,55
CS	1	8	19,6	9,4	11,9
CS	2	8	19,7	9,8	11
CS	3	8	20,1	10,25	12,55
CS	4	8	19,95	9,9	12,4
CS	5	8	19,8	10	11,75
CS	1	9	19,15	9,2	11,25
CS	2	9	19,35	8,85	9,7
CS	3	9	19,25	9,6	11,3
CS	4	9	19,6	9,9	12,8
CS	5	9	19,4	9,95	12,45
CS	1	10	18,4	9,75	15,25
CS	2	10	19,85	10,65	18,6
CS	3	10	19,45	10,75	15,9
CS	4	10	19,95	10,55	16,6
CS	5	10	20	10	17,5
CS	1	11	21,1	9,95	19
CS	2	11	20,9	10,65	15,2
CS	3	11	20,9	10,35	17,45
CS	4	11	20,8	10,45	15,05
CS	5	11	21,5	9,85	16,3
CS	1	12	20,9	10,55	15,45
CS	2	12	21,4	10,6	14,05
CS	3	12	21,25	10,8	15,65
CS	4	12	21,3	10,7	15,5
CS	5	12	21,75	10,3	15,7

## Apêndice 2 – ANOVA para os níveis de temperatura no efluente durante o período experimental.

---

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Trat	2	cs ss
Rep	5	1 2 3 4 5
tempo	5	0 3 6 9 12

Number of observations 50

---

The GLM Procedure

Dependent Variable: tmed

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	144.2960500	8.4880029	67.47	<.0001
Error	32	4.0260000	0.1258125		
Corrected Total	49	148.3220500			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	tmed Mean
0.972856	1.626843	0.354701	21.80300

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	1	0.0480500	0.0480500	0.38	0.5410
Rep(Trat)	8	4.9510000	0.6188750	4.92	0.0005
tempo	4	139.1843000	34.7960750	276.57	<.0001
Trat*tempo	4	0.1127000	0.0281750	0.22	0.9230

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Efeito Linear	1	73.70222500	73.70222500	585.81	<.0001
Efeito Quadrático	1	11.45716071	11.45716071	91.07	<.0001
Efeito Cúbico	1	53.58240000	53.58240000	425.89	<.0001
Efeito Quártico	1	0.44251429	0.44251429	3.52	0.0699

Tests of Hypotheses Using the Type I MS for Rep(Trat) as an Error Term

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	1	0.04805000	0.04805000	0.08	0.7876

## The GLM Procedure

Level of	-----tmed-----		
Trat	N	Mean	Std Dev
cs	25	21.7720000	1.71227675
ss	25	21.8340000	1.80171909

---

The REG Procedure  
 Model: eq3  
 Dependent Variable: tmed

## Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	138.74179	46.24726	222.06	<.0001
Error	46	9.58026	0.20827		
Corrected Total	49	148.32205			

Root MSE            0.45636    R-Square    0.9354  
 Dependent Mean    21.80300    Adj R-Sq    0.9312  
 Coeff Var            2.09312

## Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	23.36014	0.14328	163.04	<.0001	23769
tempo	1	1.08107	0.12150	8.90	<.0001	73.70222
tempo2	1	-0.37488	0.02571	-14.58	<.0001	11.45716
tempo3	1	0.02259	0.00141	16.04	<.0001	53.58240

---



### Apêndice 3 – ANOVA para os níveis de pH no efluente durante o período experimental.

---

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Trat	2	cs ss
Rep	5	1 2 3 4 5
tempo	5	0 3 6 9 12

Number of observations 50

---

The GLM Procedure

Dependent Variable: phmed

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	43.45031000	2.55590059	37.13	<.0001
Error	32	2.20294000	0.06884187		
Corrected Total	49	45.65325000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	phmed Mean
0.951746	2.807977	0.262377	9.344000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	1	0.46080000	0.46080000	6.69	0.0144
Rep(Trat)	8	0.87111000	0.10888875	1.58	0.1694
tempo	4	41.82420000	10.45605000	151.89	<.0001
Trat*tempo	4	0.29420000	0.07355000	1.07	0.3882

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Efeito Linear	1	31.13640000	31.13640000	452.29	<.0001
Efeito Quadrático	1	2.04007143	2.04007143	29.63	<.0001
Efeito Cúbico	1	8.64360000	8.64360000	125.56	<.0001
Efeito Quártico	1	0.00412857	0.00412857	0.06	0.8081

Tests of Hypotheses Using the Type I MS for Rep(Trat) as an Error Term

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	1	0.46080000	0.46080000	4.23	0.0737

---

 The GLM Procedure

Level of	-----phmed-----		
Trat	N	Mean	Std Dev
cs	25	9.4400000	0.96263635
ss	25	9.2480000	0.97793149

---

## The REG Procedure

Model: eq3  
 Dependent Variable: phmed

## Analysis of Variance

Source	DF	Sum of	Mean	F Value	Pr > F
		Squares	Square		
Model	3	41.82007	13.94002	167.29	<.0001
Error	46	3.83318	0.08333		
Corrected Total	49	45.65325			

Root MSE            0.28867    R-Square    0.9160  
 Dependent Mean    9.34400    Adj R-Sq    0.9106  
 Coeff Var           3.08935

## Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter	Standard	t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Error			
Intercept	1	7.69257	0.09063	84.88	<.0001	4365.51680
tempo	1	1.04929	0.07685	13.65	<.0001	31.13640
tempo2	1	-0.17675	0.01626	-10.87	<.0001	2.04007
tempo3	1	0.00907	0.00089095	10.18	<.0001	8.64360

---

## Apêndice 4 – ANOVA para os níveis de OD no efluente durante o período experimental.

---

The GLM Procedure			
Class Level Information			
Class	Levels	Values	
Trat	2	cs ss	
Rep	5	1 2 3 4 5	
tempo	5	0 3 6 9 12	
Number of observations 50			

---

The GLM Procedure			
Dependent Variable: odmed			
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square F Value Pr > F
Model	17	493.8878500	29.0522265 19.69 <.0001
Error	32	47.2196000	1.4756125
Corrected Total	49	541.1074500	
R-Square	Coeff Var	Root MSE	odmed Mean
0.912735	8.180672	1.214748	14.84900
Source	DF	Type I SS	Mean Square F Value Pr > F
Trat	1	11.5680500	11.5680500 7.84 0.0086
Rep(Trat)	8	25.0134000	3.1266750 2.12 0.0631
tempo	4	445.9282000	111.4820500 75.55 <.0001
Trat*tempo	4	11.3782000	2.8445500 1.93 0.1298
Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square F Value Pr > F
Efeito Linear	1	263.2506250	263.2506250 178.40 <.0001
Efeito Quadrático	1	100.3864464	100.3864464 68.03 <.0001
Efeito Cúbico	1	68.0625000	68.0625000 46.12 <.0001
Efeito Quártico	1	14.2286286	14.2286286 9.64 0.0040
Tests of Hypotheses Using the Type I MS for Rep(Trat) as an Error Term			
Source	DF	Type I SS	Mean Square F Value Pr > F
Trat	1	11.56805000	11.56805000 3.70 0.0906

---

## The GLM Procedure

Level of Trat	N	Mean	Std Dev
cs	25	15.3300000	3.51795987
ss	25	14.3680000	3.11257128

The REG Procedure  
Model: eq3  
Dependent Variable: odmed

## Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	431.69957	143.89986	60.50	<.0001
Error	46	109.40788	2.37843		
Corrected Total	49	541.10745			

Root MSE            1.54222    R-Square    0.7978  
Dependent Mean    14.84900    Adj R-Sq    0.7846  
Coeff Var            10.38600

## Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	1	18.96257	0.48420	39.16	<.0001	11025
tempo	1	0.30095	0.41058	0.73	0.4673	263.25062
tempo2	1	-0.36425	0.08689	-4.19	0.0001	100.38645
tempo3	1	0.02546	0.00476	5.35	<.0001	68.06250

**Apêndice 5 – Variáveis analisadas durante o período experimental.**

Tratamento	Repetição	Tempo	Nitrogênio	Fósforo
C/sed	1	0	81,4	0
C/sed	2	0	149	0,02832
C/sed	3	0	154	0
C/sed	4	0	81,4	0,11328
C/sed	5	0	108,5	0,5664
S/sed	1	0	81,4	0,05664
S/sed	2	0	188,8	0,1416
S/sed	3	0	189,9	0
S/sed	4	0	81,4	0,16992
S/sed	5	0	81,4	3,3984
C/sed	1	3	27,12	0,05664
C/sed	2	3	54,25	0,05664
C/sed	3	3	54,25	0,39648
C/sed	4	3	27,12	0,93456
C/sed	5	3	81,4	0,4248
S/sed	1	3	108,5	1,04784
S/sed	2	3	108,5	0,50976
S/sed	3	3	81,4	0,033
S/sed	4	3	81,4	0,39648
S/sed	5	3	27,12	0,90624
C/sed	1	6	81,4	0,53808
C/sed	2	6	27,12	0,50976
C/sed	3	6	54,25	0,96288
C/sed	4	6	54,25	0,82128
C/sed	5	6	27,12	0,67968
S/sed	1	6	108,5	0,5664
S/sed	2	6	188,8	0,33984
S/sed	3	6	108,5	0,73632
S/sed	4	6	108,5	0,76464
S/sed	5	6	149	0,67968
C/sed	1	9	108,5	0,8496
C/sed	2	9	81,4	0,53808
C/sed	3	9	27,12	1,16112
C/sed	4	9	81,4	0,62304
C/sed	5	9	189,9	0,4248
S/sed	1	9	81,4	0,96288
S/sed	2	9	189,9	0,39648
S/sed	3	9	217	0,76464
S/sed	4	9	188,8	0,59472
S/sed	5	9	149	0,50976
C/sed	1	12	108,5	0,36816
C/sed	2	12	81,4	0,87792
C/sed	3	12	108,5	0,62304
C/sed	4	12	81,4	0,33984
C/sed	5	12	108,5	0,59472
S/sed	1	12	54,25	0,67968
S/sed	2	12	54,25	1,18944
S/sed	3	12	108,5	1,01952
S/sed	4	12	188,8	0,4248
S/sed	5	12	108,5	0,79296

## Apêndice 6 – ANOVA para os níveis de nitrogênio no efluente durante o período experimental.

---

### The ANOVA Procedure

#### Class Level Information

Class	Levels	Values
Trat	2	com/sed sem/sed
Rep	5	1 2 3 4 5
tempo	5	0 3 6 9 12

Number of observations 50

---

### The ANOVA Procedure

Dependent Variable: N

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	75361.5077	4433.0299	2.61	0.0093
Error	32	54266.2997	1695.8219		
Corrected Total	49	129627.8074			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	N Mean
0.581368	40.59002	41.18036	101.4544

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	1	19773.44525	19773.44525	11.66	0.0018
Rep(Trat)	8	16726.59806	2090.82476	1.23	0.3123
tempo	4	26702.33739	6675.58435	3.94	0.0104
Trat*tempo	4	12159.12699	3039.78175	1.79	0.1547

Tests of Hypotheses Using the Anova MS for Rep(Trat) as an Error Term

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	1	19773.44525	19773.44525	9.46	0.0152

---

---

The ANOVA Procedure

Level of	-----N-----		
Trat	N	Mean	Std Dev
sem/sed	25	121.340800	52.7928995
com/sed	25	81.568000	42.3104579

---

The REG Procedure  
Model: eq3  
Dependent Variable: N

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	3	26635	8878.25649	3.97	0.0135
Error	46	102993	2238.97909		
Corrected Total	49	129628			

Root MSE      47.31785    R-Square    0.2055  
Dependent Mean    101.45440    Adj R-Sq    0.1537  
Coeff Var      46.63953

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter		t Value	Pr >  t	Type I SS
		Estimate	Standard Error			
Intercept	1	120.03069	14.85595	8.08	<.0001	514650
tempo	1	-41.32630	12.59734	-3.28	0.0020	751.63706
tempo2	1	8.94324	2.66606	3.35	0.0016	2738.98698
tempo3	1	-0.46954	0.14604	-3.22	0.0024	23144

---

## Apêndice 7 – ANOVA para os níveis de fósforo no efluente durante o período experimental.

---

### The ANOVA Procedure

#### Class Level Information

Class	Levels	Values
Trat	2	com/sed sem/sed
Rep	5	1 2 3 4 5
tempo	5	0 3 6 9 12

Number of observations 50

---

### The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Fosf

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	0.00621586	0.00036564	1.12	0.3799
Error	32	0.01046176	0.00032693		
Corrected Total	49	0.01667762			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Fosf Mean
0.372707	87.18036	0.018081	0.020740

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	1	0.00108578	0.00108578	3.32	0.0778
Rep(Trat)	8	0.00273784	0.00034223	1.05	0.4232
tempo	4	0.00084732	0.00021183	0.65	0.6324
Trat*tempo	4	0.00154492	0.00038623	1.18	0.3376

Tests of Hypotheses Using the Anova MS for Rep(Trat) as an Error Term

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	1	0.00108578	0.00108578	3.17	0.1127

---



---

The ANOVA Procedure

Level of		-----Fosf-----	
Trat	N	Mean	Std Dev
sem/sed	25	0.02540000	0.02268810
com/sed	25	0.01608000	0.01161508

Level of		-----Fosf-----	
tempo	N	Mean	Std Dev
0	10	0.01400000	0.03730654
3	10	0.01790000	0.01234189
6	10	0.02330000	0.00627252
9	10	0.02410000	0.00874897
12	10	0.02440000	0.00994652

## **Apêndice 1- Normas da Revista para indexação.**

### **Water Research**

#### Guide for Authors

##### 1. Submission

From now on, all manuscripts should in principle be submitted electronically through Elsevier Editorial System (EES) which can be accessed at <http://ees.elsevier.com/wr>.

With the submitted manuscript authors should provide the names, addresses, e-mail addresses and fax numbers of four suggested reviewers.

Submission of a paper implies that it has not been published previously, that it is not under consideration for publication elsewhere, and that if accepted it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, without the written consent of the publisher. Papers can either be sent through the online system or by e-mail at [wr-eo@elsevier.com](mailto:wr-eo@elsevier.com)

#### Types of Contribution

Papers are published either as a Full Paper or a Review Paper. Comments on these papers are also welcome.

(a) A FULL PAPER is a contribution describing original research, including theoretical exposition, extensive data and in-depth critical evaluation, and is peer reviewed. The total length of a manuscript including figures, tables and references must not exceed 4000 words.

(b) REVIEW PAPERS are encouraged, but the Editor-in-Chief must be consulted beforehand, in order to decide if the topic is relevant. Only critical review papers will be considered. The format and length of review papers are more flexible than for a full paper. Review papers are peer reviewed.

(c) COMMENTS on papers already published are welcome, subject to the criteria of interest, originality and the approval of the appropriate Editor. Comments can include extensions to, or criticisms of, those papers. They must provide arguments that are reasoned, and not presented in a confrontational fashion. They will be sent to the author of the original paper for reply, the outcome of which may be publication in a future issue. Comments and Authors' Replies should not exceed 1200 words each and will be received until 4 months after publication. They will be accepted or rejected without corrections.

##### 3. Paper Submission

(a) All types of submissions will be peer reviewed.

(b) Papers must be in English. Use professional help if English is not your mother tongue.

(c) Manuscripts must be in double-spaced form with wide margins. A font size of 12 pt is required. The corresponding author should be identified (include a Fax number and E-mail address). Full postal addresses must be given for all co-authors. Authors should consult a recent issue of the journal or the journal's website (<http://www.elsevier.com/locate/watres>) for style if possible. The Editors reserve the right to adjust style to certain standards of uniformity.

(d) Multi-part papers are not to be considered.

(e) Papers that are requested by the editors to be revised must be returned within 4 months or they will be regarded as new submissions.

(f) No page charges apply for Water Research.

(g) Corresponding authors will receive 25 reprints free of charge. Extra reprints and copies of the issue can be ordered on the form that will accompany the proofs.

(h) Material forwarded for publication will be discarded 1 month after publication unless the author requests return of the material.

(i) Submitted papers should be accompanied by a list of 4 potential referees with names and addresses.

#### 4. Content

All pages must be numbered consecutively. Words normally italicised must be typed in italics or underlined. A manuscript would normally include a title, abstract, key words, introduction, materials and methods, results, discussion, conclusions and references.

(a) Title page. The title page must state the names and full addresses of all authors. Telephone, fax and E-mail numbers must also be included for the corresponding author to whom proofs will be sent.

(b) Abstract. Authors are requested to ensure that abstracts for all types of contribution give concise factual information about the objectives of the work, the methods used, the results obtained and the conclusions reached. A suitable length is about 150 words.

(c) Key words. Authors must list immediately below the abstract up to 6 key words (not phrases) that identify the main points in their paper.

(d) Abbreviations and Notations. Nomenclature must be listed at the beginning of the paper and must conform to the system of standard SI units. Acronyms and abbreviations must be spelled out in full at their first occurrence in the text. Authors should consult - Notation for Use in the Description of Wastewater Treatment Processes', *Water Res.* 1987;(21)2:135-9.

(e) Conclusions. Papers must end with a summary of major conclusions or recommendations, preferably in a list form.

(f) References. References to published literature must be cited in the text as follows:

Li and Gregory (1991) -The date of publication in parentheses after the authors' names. References must be listed together at the end of each paper and must not be

given as footnotes. For other than review papers authors should aim to give no more than 20-30 recent, relevant references. They must be listed alphabetically starting with the surname of the first author, ( year ) followed by the title of the referenced paper and the full name of the periodical, as follows:

Li, G. and Gregory, J. (1991) Flocculation and sedimentation of high-turbidity waters. *Water Research* 25(9), 1137-1143.

It is particularly requested that (i) authors' initials, (ii) the title of the paper, and (iii) the volume, part number and first and last page numbers are given for each reference.

References to books, reports and theses must be cited in the narrative. They must include the author(s), date of publication, title of book, editor(s) name(s) if applicable, page numbers, name of publisher, and place of publication. The abbreviation et al. may be used in the text. However, the names of all authors must be given in the list of references. Personal communications and other unpublished works must be included in the reference list, giving full contact details (name and address of communicator).

Personal communications must be cited in the text as, for example, Champney (1998).

References in languages other than English must be referred to by an English translation (with the original language indicated in parentheses).

Citing and listing of web references. As a minimum, the full URL should be given. Any further information, if known (author names, dates, reference to a source publication etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

(g) Illustrations and Tables. The total number of all illustrations and tables should not exceed 10. If illustrations need to take up more space than 2 printed pages in *Water Research* (1 page for shorter contributions) the number of words must be reduced accordingly. All illustrations must be clear and of good quality. Scale bars should be used instead of magnifications, as these change if the photograph is reduced. Tables and their headings must be typed on a separate sheet. Type must be clear and even across columns. Particular care must be taken with nomenclature and sub- and superscripts to ensure correct alignment. Horizontal and vertical lines must be inserted to define rows and columns, and column headings must be correctly aligned.

(h) Colour Illustrations: If, together with your accepted article, you submit usable colour figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in colour on the web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in colour in the printed version. For colour reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://authors.elsevier.com/artwork>.

(i) Supplementary data.

Elsevier now accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, movies, animation sequences, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be

published online alongside the electronic version of your article in Elsevier web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please ensure that data is provided in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our Author Gateway at <http://authors.elsevier.com>.

## 5. Proofs

Corrections to proofs must be restricted to printer's errors. Please check proofs carefully before return, because late corrections cannot be guaranteed for inclusion in the printed journal. Authors are particularly requested to return their corrected proofs to Elsevier as quickly as possible to maintain their place in the printing schedule.

## 6. Transfer of Copyright

Upon acceptance of a paper, authors will be asked to sign a Transfer of Copyright Agreement releasing copyright of the paper to Elsevier Ltd. Provision is made on the form for work performed for the United States Government (which is not subject to copyright restriction) and some United Kingdom Government work (which may be Crown Copyright).

Revised August 2004

[Privacy Policy](#) | [Terms & Conditions](#) | [Contact Us](#) © 2006 Elsevier Ltd

## 7. VITA

José Américo da Silva Aiub, filho de Américo da Silva Aiub e Rosa da Silva Aiub, nasceu em 03 de dezembro de 1969, em Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Estudou, do jardim a oitava série na Escola Estadual de Primeiro Grau Aparício Borges, nos anos de 1976 até 1985. Coursou o primeiro ano do segundo grau no curso de Edificações de Estradas na Escola Técnica Parobé, em 1985, não concluindo o curso. Realizou o segundo grau no Colégio Batista, até 1988. No ano de 1988, ingressou no Exército no Centro de Preparação de Oficiais da Reserva (CPOR), na arma de Infantaria, terminou o estágio probatório como Aspirante a Oficial no 8º Batalhão de Infantaria Motorizada em Santa Cruz do Sul. No ano de 1989 iniciou o curso de Engenharia Agrícola na ULBRA, trancou o curso em 1991, para realizar estágio como Oficial do Exército 2º Tenente em Cáceres – MT. Retornando os estudos em 1993, concluindo em 1998. Durante o curso de Engenharia Agrícola foi bolsista do CNPq, ULBRA e Cabanha Azul, trabalhando e desenvolvendo pesquisa no Setor Aquacultura da UFRGS, e prestava assistência a piscicultura Araucária-Belmont em Rolândia – PR. Pós-formado gerenciou a piscicultura Araucária-Belmont de 1998 a julho de 1999, onde foi convidado a ser sócio da estação de piscicultura Aquamalta em Recife – PE. De 2000 a 2004 morou em Cáceres–MT, desenvolvendo vários trabalhos de extensão e projetos na área.