



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP  
CAMPUS DE JABOTICABAL



**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE EFLUENTES NA CRIAÇÃO DE RÃ-TOURO**  
*(Lithobates catesbeianus)*

**FERNANDA DE FREITAS BORGES**  
Bióloga

**JABOTICABAL/SP/BRASIL**  
2010

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP  
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE EFLUENTES NA CRIAÇÃO DE RÃ-TOURO  
(*Lithobates catesbeianus*)**

**Mestranda:** Fernanda de Freitas Borges  
**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marta Verardino De Stéfani  
**Co-orientador:** Prof. Dr. Luis Augusto do Amaral

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para Obtenção do Título de Mestre em Aquicultura.

**JABOTICABAL/SP/BRASIL  
2010**

Borges, Fernanda de Freitas  
B732a Avaliação da qualidade de efluentes na criação de rã-touro  
(*Lithobates catesbeianus*) / Fernanda de Freitas Borges. --  
Jaboticabal, 2010  
v, 85 f. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro  
de Aquicultura, 2010  
Orientador: Marta Verardino de Stéfani  
Banca examinadora: Laudicéia Giacometti Lopes, Lúcia Helena  
Sipaúba Tavares  
Bibliografia

1. Efluente. 2. Ranicultura. 3. Rã-touro. I. Título. II. Jaboticabal-  
Centro de Aquicultura.

CDU 636.95

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

## DEDICATÓRIA

*Dedico aos meus pais, principalmente à minha mãe Estela, pela compreensão do meu esforço e, também, pela ajuda com a minha filha para que eu pudesse desenvolver tudo e chegar até aqui.*

*A minha querida filha Bruna que, por muitos anos acompanhou minha batalha por reconhecimento profissional, sempre ao meu lado, onde quer que eu fosse! Minha vida não teria sentido sem você!*

*A minha irmã Marcela que me apoiou e me incentivou a acreditar que eu era capaz de realizar todos os meus sonhos.*

*Ao Thiago que, desde o início desta trajetória, me ajudou a enxergar horizontes e resolver problemas que pareciam muito maiores de que realmente foram e, que compartilha comigo e com minha filha momentos muito felizes em família.*

*Aos meus novos e eternos companheiros de trabalho do Campus de Jaboticabal.*

*Nunca deixemos de escutar a nossa fé interior... Aquela que move montanhas... Seja qual for a denominação que demos à ela!!!*

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – pela bolsa de estudo concedida.

A FAPESP pela concessão do auxílio pesquisa.

A profa. Dra. Marta Verardino De Stéfani, que confiou na realização desse projeto, mesmo sendo algo diferente de sua linha de pesquisa, cedendo as instalações do ranário para o experimento, agradeço pela oportunidade e pela atenção desprendida.

Ao prof. Dr. Luiz Augusto do Amaral, que com seu otimismo encoraja a todos e nos dá ânimo para seguir em frente.

A Dra. Laudicéia Giacometti Lopes (SAAEJ) pela participação nas bancas de qualificação e defesa, agradeço a amizade e desejo muitas felicidades.

A Dra. Fabiana Pilarski pela participação na banca de qualificação e grandes contribuições.

A profa. Dra. Lúcia Helena Siáuba-Tavares pela participação na banca de defesa com valiosas contribuições.

Ao ranário *Ranaville*, por ter gentilmente emprestado as rãs para a realização da segunda fase do experimento.

Ao prof. Dr. Samuel Lopes Lima e ao ranário Aquavale, por terem se disponibilizado a ajudar na realização do experimento, pelas contribuições ao trabalho e também pessoais.

Ao prof. Dr. Euclides Braga Malheiros por todas as análises estatísticas.

A Fernanda de Rezende Pinto, que me ensinou a fazer as análises no laboratório, sem ela teria sido muito mais difícil, obrigada pela amizade.

Ao prof. Dr. Robinson Antonio Pitelli e ao Dr. Claudinei da Cruz do NEPEAM que cederam o laboratório para minhas análises de DBO e aos estagiários Pateta e Alison que me ajudaram.

Aos profs. Drs. Jorge de Lucas Junior e Roberto Alves de Oliveira do Departamento de Engenharia Rural, pelo uso das instalações do laboratório onde realizei a maioria das análises.

A Sílvia Regina Ligeiro Lauretes do Laboratório Central, pelo empréstimo do oxímetro e calibração dos aparelhos, também pela amizade.

Ao técnico Márcio Roberto Reche (perereca) do ranário, pela graaaaaande ajuda durante o experimento e pela amizade.

Aos técnicos Diba e Lila do laboratório do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva pela ajuda e empréstimo de materiais.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural e ao técnico Luiz José Antonicheli do Laboratório de Microbiologia do mesmo departamento pela ajuda prestada e convívio.

Aos meus amigos da engenharia rural, que me ensinaram e socorreram toda vez que eu precisei. Rose, Samantha, Max, Estevão (carça), Juliana e todos que conviveram comigo durante este período, compartilhando as longas análises de coliformes!

Aos amigos Wedson e Paola, pela ajuda na estatística e também pelos bons momentos.

Aos amigos e funcionários do CAUNESP, nunca vou me esquecer de vocês.

A todos, um muito obrigado, de verdade!

*“Aqueles que confiam só no passado  
ou no presente, estão destinados a  
perder o futuro.”*

**John F. Kennedy**

## SUMÁRIO

<b>Lista de Figuras</b> .....	i
<b>Lista de Tabelas</b> .....	iii
<b>RESUMO</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES GERAIS</b> .....	01
1. Panorama brasileiro da ranicultura.....	02
2. Uso e qualidade da água e do efluente de aquicultura.....	04
3. Característica microbiológica do efluente de ranicultura.....	09
4. Legislação ambiental e sustentabilidade.....	10
5. Objetivos.....	13
6. Referências.....	14
<b>CAPÍTULO II – Características da qualidade da água de entrada e saída de tanques de girinos de rã-touro (<i>Lithobates catesbeianus</i>)</b> .....	20
Resumo.....	21
Summary.....	22
1. INTRODUÇÃO.....	23
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
2.1 Local de Estudo.....	25
2.2 Material Biológico.....	26
2.3 Delineamento Experimental.....	26
2.4 Coletas das Amostras.....	26
2.5 Análises das Variáveis Microbiológica, Físicas e Químicas da Água de Abastecimento e do Efluente.....	27
2.5.1 Análise Microbiológica.....	28
2.5.2 Análises Físicas e Químicas.....	28
2.6 Análises Estatísticas dos Dados.....	29
3. RESULTADOS.....	30
4. DISCUSSÃO.....	39
5. CONCLUSÃO.....	43
6. REFERÊNCIAS.....	44
<b>CAPÍTULO III – Características da qualidade da água de entrada e saída do setor de engorda de rã-touro (<i>Lithobates catesbeianus</i>)</b> .....	48
Resumo.....	49
Summary.....	50
1. INTRODUÇÃO.....	51
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	53
2.1 Local de Estudo.....	53
2.2 Material Biológico.....	54
2.3 Delineamento Experimental.....	54
2.4 Coletas das Amostras.....	55
2.5 Análises das Variáveis Microbiológica, Físicas e Químicas da Água de Abastecimento e do Efluente.....	56
2.5.1 Análises Microbiológicas.....	56
2.5.2 Análises Físicas e Químicas.....	57

2.6 Análises Estatísticas dos Dados.....	58
3. RESULTADOS.....	59
4. DISCUSSÃO.....	69
5. CONCLUSÃO.....	74
6. REFERÊNCIAS.....	75
RECOMENDAÇÕES.....	79
<b>Apêndice 1.....</b>	<b>81</b>
<b>Apêndice 2.....</b>	<b>82</b>
<b>Apêndice 3.....</b>	<b>83</b>
<b>Apêndice 4.....</b>	<b>84</b>
<b>Apêndice 5.....</b>	<b>85</b>

## Lista de Figuras

<b>CAPÍTULO II</b>		<b>Página</b>
1.	Tanques de criação de girinos do Setor de Ranicultura do Centro de Aquicultura da UNESP.....	25
2.	Entrada da água de abastecimento do tanque de girinos do Setor de Ranicultura.....	27
3.	Saída do efluente do tanque de girinos do Setor de Ranicultura.....	27
4.	Comportamento entre as coletas e os tratamentos (água de entrada e saída dos tanques de girino) para as variáveis temperatura, pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica.....	33
5.	Comportamento entre as coletas e os tratamentos (água de entrada e saída dos tanques de girino) para as variáveis turbidez e <i>Escherichia coli</i> .....	34
6.	Comportamento entre as coletas e os tratamentos (água de entrada e saída dos tanques de girino) para as variáveis; fósforo total (PT), amônia (NH <sub>3</sub> ) e nitrato (NO <sub>3</sub> ).....	36
7.	Comportamento entre as coletas e os tratamentos (água de entrada e saída dos tanques de girino) para as variáveis; DBO <sub>5</sub> (demanda bioquímica de oxigênio) e DQO (demanda química de oxigênio).....	37
<b>CAPÍTULO III</b>		<b>Página</b>
1.	Vista do galpão de engorda do Setor de Ranicultura do Centro de Aquicultura da UNESP.....	53
2.	Detalhes da baia de engorda contendo piscina (P), cochos vibratórios (C) e abrigos (A).....	54
3.	Torneira dentro da baia, por onde entra a água que abastece a piscina.....	55
4.	Piscina da baia, de onde foi coletado o efluente.....	56
5.	Comportamento entre as coletas e os tratamentos (água de entrada e saída das baias de engorda) para as variáveis temperatura, pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica.....	62
6.	Comportamento entre as coletas e os tratamentos (água de entrada e saída das baias de engorda da rã-touro) para as variáveis turbidez e <i>Escherichia coli</i> .....	63

	<b>Página</b>
7. Comportamento entre os tratamentos (água de entrada e saída das baias de engorda da rã-touro) e as coletas para as variáveis; fósforo total (PT) amônia (NH <sub>3</sub> ) e nitrato (NO <sub>3</sub> ).....	66
8. Comportamento entre as coletas e os tratamentos (água de entrada e saída das baias de engorda da rã-touro) para as variáveis; DBO <sub>5</sub> (demanda bioquímica de oxigênio) e DQO (demanda química de oxigênio).....	67
9. Frasco de coleta para análise microbiológica, a cor da água de abastecimento (esquerda) difere muito do efluente (direita).....	70
10. Moscas sobre a ração, no cocho (à esquerda) e larvas das moscas no piso da baía (à direita).....	70

## Lista de Tabelas

<b>CAPÍTULO I</b>		<b>Página</b>
1.	Padrão de lançamento de efluentes de acordo com a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) para água classe II.....	11
<b>CAPÍTULO II</b>		<b>Página</b>
1.	Análise estatística das variáveis físicas, químicas e microbiológica da água.....	31
2.	Valores médios das variáveis físicas, químicas e microbiológica da água de entrada (E) e saída (S) dos tanques de girinos nas diferentes coletas.....	32
3.	Valores médios dos nutrientes, DBO <sub>5</sub> e DQO da água de entrada (E) e saída (S) de tanques de girinos nas diferentes coletas.....	35
4.	Médias das variáveis bióticas e abióticas dos tratamentos ao longo do tempo comparado com os valores encontrados na legislação ambiental para águas de classe II.....	38
5.	Comparação entre os valores máximos das variáveis bióticas e abióticas encontradas nos efluentes de diferentes atividades da aquicultura com o presente trabalho.....	42
<b>CAPÍTULO III</b>		<b>Página</b>
1.	Análises estatísticas das variáveis físicas, químicas e microbiológica da água.....	60
2.	Valores médios das análises físicas, químicas e microbiológica da água de entrada (E) e de saída (S) das baias de engorda de rãs-touro nas diferentes coletas.....	61
3.	Valores médios dos nutrientes, de demanda bioquímica de oxigênio (DBO <sub>5</sub> ) e demanda química de oxigênio (DQO) da água de entrada (E) e de saída (S) das baias de engorda de rã-touro nas diferentes coletas.....	65
4.	Média das variáveis bióticas e abióticas dos tratamentos ao longo do tempo comparado com a legislação ambiental.....	68
5.	Comparação das variáveis físicas, químicas e microbiológica da água da Estação de Tratamento de Esgotos de Bueno de Andrada/SP (ETE) com o presente trabalho (valores médios).....	73

## RESUMO

O estudo foi realizado no Setor de Ranicultura do Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista, Câmpus Jaboticabal/SP em dois períodos distintos, compreendendo uma fase de girinagem e uma fase de engorda no ciclo de criação de rã-touro. Os objetivos foram verificar as características físicas, químicas e microbiológicas da água de entrada e de saída dos tanques em cada fase do ciclo. Os resultados obtidos foram comparados com a legislação ambiental CONAMA 357 de 2005, para verificar se o manejo utilizado em cada fase causa alterações na qualidade da água. Foram analisadas as variáveis temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, turbidez, nitrogênio amoniacal, nitrato, fósforo total, DBO<sub>5</sub>, DQO e *Escherichia coli* em cada etapa do ciclo. O delineamento experimental foi o Inteiramente Casualizado, com dois tratamentos, água de abastecimento e efluente e seis repetições (tanques) em um esquema de parcelas subdivididas, sendo as sub-parcelas as coletas no tempo. As coletas das amostras foram realizadas a cada quinze dias no período da manhã. Na fase de girino o experimento foi realizado entre novembro de 2008 e janeiro de 2009 e teve duração de 76 dias, até os animais completarem a metamorfose. Não foi observada diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre os tratamentos para temperatura, condutividade, turbidez, DQO e *E. coli*. Entretanto, esses parâmetros variaram nas diferentes coletas. As variáveis pH, oxigênio dissolvido, fósforo total, amônia, nitrato e DBO<sub>5</sub> tiveram diferença significativa ( $p<0,05$ ) entre os tratamentos. Porém, somente as concentrações de fósforo total e DBO<sub>5</sub> encontraram-se acima da recomendada pela legislação. A fase de recria teve duração de 77 dias, compreendendo o período de novembro de 2009 a janeiro de 2010, até os animais atingirem o peso de abate. Todas as análises apresentaram diferença significativa ( $p<0,05$ ) entre os tratamentos e entre as coletas. As variáveis; oxigênio dissolvido, fósforo total, amônia, DBO<sub>5</sub> e *E. coli* tiveram seus valores acima do permitido pela legislação. Concluiu-se que os manejos realizados na criação de rã-touro durante o período estudado provocou alterações na qualidade da água utilizada, impossibilitando seu lançamento em corpos d'água de classe II. Torna-se necessário um tratamento prévio da água residuária para remoção dos nutrientes dissolvidos como uma ferramenta de mitigação de impacto ambiental.

## ABSTRACT

The study was performed at the frog culture Sector, Aquaculture Center, Sao Paulo State University, Campus Jaboticabal, SP in two different periods, including a tadpole and grow-out phase in the cycle of creation of the bullfrog. The objectives were to verify the physical, chemical and microbiological water inlet and outlet of the tanks at each stage of the cycle. The results were compared with environmental legislation CONAMA 357, by 2005, to verify whether management used at each stage cause changes in water quality. The variables temperature, pH, dissolved oxygen, electrical conductivity, turbidity, ammonia nitrogen, nitrate, total phosphorus, BOD<sub>5</sub>, COD and *E. coli* at each stage of the cycle. The experimental design was completely random, with two treatments, water supply and sewage and six repetitions (tanks) in a split plot, and the sub-plots samples collected over time. The collections of samples were taken fortnightly during the morning. At tadpole phase, the experiment was conducted between November 2008 and January 2009 and lasted 76 days until the animals complete metamorphosis. There was no significant difference ( $p > 0.05$ ) among treatments for temperature, conductivity, turbidity, COD and *E. coli*. However, these parameters varied in different samples. The pH, dissolved oxygen, total phosphorus, ammonia, nitrate and BOD<sub>5</sub> were significantly different ( $p < 0.05$ ) among treatments. But, only the concentrations of total phosphorus and BOD<sub>5</sub> were found above the recommended legislation. The growing phase lasted 77 days, including the period November 2009 to January 2010, until the animals reach slaughter weight. All analysis showed significant differences ( $p < 0.05$ ) among treatments and between collections. The variables, dissolved oxygen, total phosphorus, ammonia, BOD<sub>5</sub> and *E. coli* had their values above those permitted by law. It was concluded that the management on the creation of the bullfrog during the study period caused to changes in water quality, preventing the disposal into water bodies to class II. Becomes a necessary pre-treatment of wastewater for removal of dissolved nutrients as a tool for mitigating environmental impact.

# **CAPÍTULO I**

## **CONSIDERAÇÕES GERAIS**

## 1. Panorama brasileiro da ranicultura

A ranicultura iniciou-se no Brasil em 1935, com a importação de alguns exemplares de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*) do Canadá, mas somente na década de 80 é que a ranicultura nacional começou a se firmar como atividade zootécnica, devido ao interesse de alguns pesquisadores em racionalizar os sistemas de criação existentes, explorando todo o potencial biológico desse animal (LIMA; AGOSTINHO, 1992). A rã é um animal muito utilizado no ensino e pesquisa biológica e médica, como cobaias, além de destinar-se também ao consumo humano como alimento (TEIXEIRA et al., 2001).

É uma atividade zootécnica que se apresenta como boa alternativa econômica, com produção média anual estimada em 649 toneladas de carne (IBAMA, 2008). O crescimento tem sido observado de forma acelerada na última década, devido à evolução da tecnologia, principalmente, ao gradativo aperfeiçoamento das instalações e das técnicas de manejo adotadas pelos técnicos e produtores (STÉFANI, 2001).

Segundo as estatísticas da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), a produção média mundial de carne de rã no período 1988-2001 situou-se em torno das 5.500 toneladas anuais. Neste mesmo período, a produção mundial cresceu 13%, enquanto no Brasil o crescimento superou 2600%, demonstrando o aumento da participação brasileira no total da produção mundial de carne de rã (FEIX et al., 2006).

Em 1999 existiam cerca de 600 ranários em atividade. Em 2005 estimou-se que apenas 15 a 20% do parque ranícola brasileiro estariam operando. De acordo com Lima (2005) ocorrem problemas relacionados às deficiências na transferência da tecnologia e na urgente necessidade de se ampliar a produção, conquistar o consumidor e de se agregar valor à atividade.

A ranicultura enfrenta o conhecido ciclo vicioso na relação oferta/demanda do principal produto, que é a carne de rã, onde o preço elevado do produto inibe o mercado, reprimindo a demanda, que por sua vez inibe a produção. A maioria dos produtores luta com a baixa produtividade da sua criação, promovida por instalações deficientes e manejos inadequados, que refletem em problemas sanitários (LIMA, 2005).

Para concorrer no mercado internacional, o Brasil tem que se preparar melhor, já que não há volume de produção suficiente para atender aos pedidos. Sem capital de giro, os grupos mais organizados de produtores (cooperativas e associações), não conseguem manter a oferta regular, nem ao mercado interno, constatando a falta de organização entre os elos da cadeia produtiva, que comercializam diretamente seus produtos e inviabilizam a indústria de

abate. Entretanto, as pressões ambientalistas contra o extrativismo da carne de rã no mercado internacional estão motivando os países produtores concorrentes a investirem na produção em cativeiro (LIMA, 2003).

Os Estados Unidos e a União Européia foram identificados como os principais importadores mundiais de coxas de rã. Tendo em vista que são justamente nessas regiões que evoluem com maior rapidez as discussões acerca da adoção de barreiras não tarifárias a produtos que fazem uso de processos produtivos degradantes ao meio ambiente ao longo do ciclo produtivo, a criação de um selo ambiental, e/ou a sujeição do produto brasileiro às normas dos programas de rotulagem ambiental desses países, é uma medida capaz de identificar a procedência ambientalmente correta da carne de rã brasileira, diferenciando-a dos seus principais competidores (FEIX et al., 2006).

Quanto ao desenvolvimento economicamente viável de novos subprodutos da ranicultura, pode-se destacar o aproveitamento do óleo, do fígado e da pele das rãs. As propriedades do óleo de rã estão sendo analisadas, existindo resultados favoráveis à sua utilização na produção de cosméticos, enquanto que o fígado é utilizado para a produção de patês (FEIX et al., 2006). A pele pode ser utilizada na indústria farmacêutica, no tratamento de queimaduras ou de vestuário (VELLY, 2001).

As rãs, como a maioria dos anfíbios, possuem dois tipos de vida, uma essencialmente aquática na fase larval, passando para terrestre e aquática na fase adulta, com diferença no tipo de locomoção, respiração e hábito alimentar (ORTON, 1953).

Atualmente, existem diferentes tipos de instalações utilizadas nos ranários comerciais: confinamento, consistindo de baias com 6 a 15 m<sup>2</sup> com área seca e com água (piscina) (OLIVEIRA, 1982); anfigranja, baias que apresentam de forma linear, cocho, abrigo e piscina (LIMA; AGOSTINHO, 1992; LIMA, 1997) e inundado, baia totalmente com água (MAZZONI et al., 1995). Muitas vezes, os produtores brasileiros mesclam os sistemas ou fazem algumas modificações em suas estruturas, originando os chamados sistemas híbridos.

De acordo com as estatísticas levantadas por Lima et al. (1999), cerca de 50% dos ranários pesquisados no Brasil em 1998 utilizavam o sistema anfigranja, ou similar, nos setores de recria das rãs. A preferência por este sistema deve-se, principalmente, a sua eficiência na redução da mortalidade e tempo de abate dos animais, assim como, ao aumento da densidade de rãs por metro quadrado.

Independente do sistema de criação utilizado, o ranário completo apresenta quatro principais setores: reprodução; incubação; girinos; metamorfose e engorda (TEIXEIRA et al., 2001).

A criação de rãs em cativeiro é baseada praticamente em sua totalidade, na exploração da rã-touro, *Lithobates catesbeianus*, originária da América do Norte. Para essa espécie, o tempo para o desenvolvimento completo da fase larvária até a metamorfose é de 60 a 70 dias e para atingir a fase adulta, de três a quatro meses (LIMA; AGOSTINHO, 1992).

Os principais desafios de pesquisa e desenvolvimento na ranicultura visam à redução dos custos e melhora da produtividade e estão voltados para o controle de temperatura, melhoramento genético e desenvolvimento de rações adequadas para a rã-touro (FEIX et al., 2006).

A questão ambiental também deve ser abordada como um dos requisitos essenciais ao uso racional da água na atividade, principalmente em relação ao efluente gerado, onde em todos os tipos de instalações, no manejo diário, este é lançado para o corpo d'água receptor sem nenhum tratamento prévio, podendo causar um impacto negativo nos recursos hídricos.

## **2. Uso e qualidade da água e do efluente de aquicultura**

A aquicultura tem apresentado grande desenvolvimento nas últimas décadas e é mais uma atividade a competir com outras pelo recurso água. Seu desenvolvimento, entretanto, apresenta riscos de deteriorar a qualidade e quantidade da água, podendo contribuir com o declínio da qualidade ambiental, social e econômica. Correntes técnicas, científicas e representativas da aquicultura brasileira têm afirmado que a atividade não consome, mas, sim, usa a água, e esta característica de não consuntividade poderia mudar enfoques e estratégias relativos à gestão do recurso hídrico voltado às criações aquáticas, distanciando-as, por exemplo, das indústrias (TIAGO; GIANESELLA, 2003).

A outorga e cobrança pelo uso do recurso hídrico pela aquicultura tornam-se mais pertinentes quando evidenciam aspectos de qualidade de água captada e lançada à fonte hídrica, em detrimento de aspectos que envolvem basicamente o uso de grandes volumes d'água. O maior impacto da utilização da água pela aquicultura é aquele que se verifica sobre a qualidade da água (PHILLIPS et al., 1991).

A aquicultura utiliza de maneira intensiva os recursos hídricos, competindo na disputa pela água disponível para a população e outras atividades produtivas. Entretanto, ao contrário

de outras atividades, como as industriais, a aquicultura pode colaborar com sistemas de controle de qualidade de água, pela necessidade de monitoramento constante deste recurso, com vistas ao sucesso de sua capacidade produtora de alimentos para os humanos (TIAGO; GIANESELLA, 2003).

Um modelo objetivo e consistente de outorga e cobrança pelo uso de água para a aquicultura, remete a métodos voltados aos diferenciais de qualidade, possivelmente calcados em medições de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e de níveis de nitrogênio (N) e fósforo (P), na água captada e naquela devolvida à sua fonte ou curso original. Outros fatores, como área do espelho d'água, projeto escolhido ou técnicas de manejo podem interferir em um maior consumo real de água e podem também ser levado em conta nos modelos de outorga e cobrança pelo uso de recursos hídricos para as atividades de aquicultura (TIAGO; GIANESELLA, 2003).

Analisando a evolução do uso da água nos últimos 100 anos, Telles (2002) afirmou que na média mundial, cerca de 70% da água disponível são destinados ao aproveitamento agrícola. Segundo os dados apresentados por este autor, aproximadamente 20% da água é destinada à indústria, e menos de 10%, ao abastecimento da população (higiene e consumo direto).

Em resposta a crescente demanda, a aquicultura tem avançado como a atividade zootécnica de mais rápido crescimento no mundo (TSUKAMOTO; TAKAHASHI, 1992). Na última década, a produção mundial aumentou de 6,7 para 20,9 milhões de toneladas (TACON, 2001).

Para que a atividade continue seu crescimento é necessário que esta seja sustentável econômica e ambientalmente (WATANABE et al., 1991; CHO et al., 1994). Além disso, deve ser embasada nos conceitos de segurança alimentar e desenvolvimento socioeconômico (Valenti, 2000 *in* PORTZ, 2001).

Segundo Valenti et al. (2000), a aquicultura moderna está embasada em três pilares: a produção lucrativa, o desenvolvimento social e a preservação do meio ambiente, tendo os mesmos uma relação intrínseca e interdependente para que se tenha uma atividade perene. Apesar de essa atividade proporcionar uma série de benefícios sociais e econômicos, a aquicultura deve procurar novas tecnologias a fim de reduzir impactos como desmatamentos, desvio de cursos d'água, introdução de espécies exóticas no ambiente natural e emissão de efluente nos aquíferos.

A poluição ambiental pode ser definida como toda ação ou omissão do homem que, pela descarga de material ou energia atuando sobre as águas, o solo e o ar, cause um desequilíbrio nocivo, seja ele de curto ou longo prazo, sobre o meio ambiente (VALLE, 2006).

Os impactos causados pela aquicultura têm como resultado a redução de produção, surtos de doenças nos organismos cultivados e nas populações silvestres, podendo em certos casos, restringir as operações da atividade aquícola (PIEDRATHA, 1994).

Entre os indicadores de impacto ambiental para piscicultura destacam-se: qualidade do solo, qualidade da água, riscos de introdução de espécies exóticas/biodiversidade, descarga química e orgânica no ambiente natural, reciclagem e interação com outras pisciculturas vizinhas (GUPTA; DEY, 1999).

Um tipo de impacto provocado pela aquicultura está relacionado ao acúmulo de nutrientes e resíduos orgânicos no fundo dos tanques e viveiros de criação. O impacto de resíduos na qualidade da água é dependente do tempo. Este tempo está relacionado ao alimento não consumido, uso de fertilizantes e os nutrientes presentes no sedimento que precipitam, e depois são liberados para a coluna d'água (AYOLEKE, 2002).

Os viveiros possuem elevadas concentrações de nutrientes, plâncton, matéria orgânica e inorgânica devido à ação do manejo alimentar e da morfometria desses sistemas. A entrada e saída de água constante com curto tempo de residência e o manejo não controlado da ração e da água de abastecimento são alguns dos fatores que atuam diretamente na dinâmica dos nutrientes, acelerando ou permitindo maior disponibilidade na coluna d'água (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2003).

O fluxo de entrada e saída de água, quando em grande intensidade, torna-se responsável pela remoção do excesso de nutrientes e de outros materiais do viveiro, controlando a dinâmica do fósforo no meio em relação a sua absorção no sedimento (BOYD; HULCHER, 2002).

No período de alta produção de peixes, de novembro a abril, a adição de ração é mais intensa e os fatores climáticos como temperatura e precipitação têm influência na dinâmica desses sistemas (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2003).

Os impactos da aquicultura podem ser classificados como interno, local ou regional. Os impactos internos referem-se aqueles que interferem no próprio sistema de criação, como por exemplo, a depleção de oxigênio dissolvido em viveiro de piscicultura. Em geral, os impactos locais se estendem a um quilômetro à jusante da descarga dos efluentes. Os efeitos

sobre os ambientes aquáticos, com uma escala espacial de vários quilômetros, são considerados impactos regionais (SILVERT, 1992).

Os efluentes de viveiros aquícolas possuem grande volume e baixas concentrações de nutrientes quando comparados com efluentes domésticos, que apresentam pouco volume e grande concentração de nitrogênio e fósforo (BOYD, 2003). Apesar de ser considerado elevado o valor de diluição dessas descargas de efluentes oriundas da aquicultura, o seu lançamento direto nos ambientes límnicos pode resultar em uma bioacumulação crônica e eutrofização, que pode levar ao aumento excessivo do fitoplâncton, ocasionando déficit de oxigênio dissolvido à noite e possível morte de organismos locais (REDDLING; MIDLEN, 1997). Sendo assim, com o crescimento da atividade aquícola, aumenta simultaneamente a preocupação dos órgãos ambientais e da sociedade com o impacto ambiental gerado pela mesma.

Os principais impactos negativos dos efluentes das atividades de aquicultura sobre os ecossistemas aquáticos são: o aumento das concentrações de nitrogênio e fósforo na coluna d'água e o acúmulo de matéria orgânica nos sedimentos (REDDLING; MIDLEN, 1997).

Além do efluente produzido pelos processos naturais, pelo enriquecimento de nutrientes, por fezes e ração não consumida, também são lançados resíduos de produtos químicos, os quais são utilizados na desinfecção, controles de pestes e predadores, tratamentos de doenças, hormônios para induzir a reprodução e a reversão sexual além dos anestésicos para transporte (ELER; MILLANI, 2007).

De acordo com Pillay (1992), os anestésicos, desinfetantes e biocidas podem exercer efeitos primários e secundários. Os efeitos primários resultam no impacto ecotoxicológico dos animais e os secundários estão relacionados com a mortandade (efeito letal) e efeitos subletais em espécies que não eram alvo do tratamento.

Em geral, os impactos da aquicultura sobre a diversidade raramente são positivos, o resultado final é a redução da cadeia alimentar e decréscimo nas concentrações de nutrientes e energia (BEVERIDGE et al., 1994).

Nem todas as técnicas de criação têm consequências ambientais negativas, uma vez que muitas delas são benéficas quando o manejo ambiental é efetivo e socioeconomicamente sustentável (STEPHENS; FARRIS, 2004).

Como impactos positivos da aquicultura, estão relacionados os consórcios entre a aquicultura e modalidades agrícolas (irrigação) e agropecuárias, criação de girinos com peixes

ornamentais (NAGATA, 2003) ou sistemas integrados de usos múltiplos, como recreação, gastronomia e turismo rural.

Outro aspecto positivo é a manutenção de estoques pesqueiros no mar e nos rios, protegendo e conservando espécies ameaçadas de extinção, além do emprego de efluentes industriais e doméstico (tratado) no enriquecimento de viveiros de piscicultura, ou ainda o acoplamento de um sistema de hidroponia junto aos resíduos da própria piscicultura. Deve-se ressaltar também como um aspecto positivo social e econômico as oportunidades de novas fontes econômicas e de trabalho na bacia hidrográfica (ELER; MILLANI, 2007).

O aumento crescente da indústria animal tem forçado a redução dos efeitos dos sistemas intensivos de produção sobre o ambiente. A preocupação com os aminoácidos, até as recentes considerações sobre a resposta animal, estava restrita à maximização da eficiência de produção, mas pouca ou nenhuma atenção era dada à redução da excreção de material nitrogenado (BRAGA; BAIÃO, 2001).

Existe uma preocupação dentro do contexto da aquicultura moderna em relação aos sistemas intensivos de produção – a sustentabilidade e o impacto ambiental ou poluição causada por eles. Nestes sistemas a densidade de peixes por volume de água é muito alta, exigindo o uso de rações completas, de alta densidade nutricional e com ingredientes de alta digestibilidade e palatabilidade para se produzir o mínimo de resíduos provenientes do desperdício de ração e da excreção elevada de fósforo e nitrogênio (Colt e Montgomery, 1991; Watanabe et al., 1991; Diana et al., 1997 ; Seim et al., 1997 citados por PORTZ, 2001).

O desenvolvimento de rações de alto valor nutricional e ambientalmente corretas que garantam a economicidade das criações, dependem do aprofundamento dos conhecimentos sobre as espécies produzidas, principalmente em relação ao manejo alimentar e exigências nutricionais (PORTZ, 2001).

A criação de rãs pode ser inserida entre as atividades da aquicultura que vêm ganhando importância no cenário nacional e constituindo-se em alternativa de produção no setor agrícola (FEIX et al., 2006), visto que as populações naturais de rãs na Ásia estão diminuindo, devido a contaminação ambiental e a captura descontrolada (TEIXEIRA et al., 2001).

### **3. Característica microbiológica de efluentes de ranicultura**

Os animais ectotérmicos servem de transportadores de agentes etiológicos por contato ou como veiculadores quando os agentes são ingeridos. Quando são infectados, isso resulta de um desequilíbrio na população dos microorganismos patogênicos no meio, alterações na qualidade física, química e biológica da água, deficiência imunológica desses organismos peilotérmicos e estresses de inúmeras causas (PÁDUA, 2003).

O Instituto Biológico de São Paulo identificou em uma criação de rãs alimentadas com larvas de moscas a presença da bactéria *Escherichia coli* em carga bastante elevada na musculatura de rãs doentes (infecção secundária e oportunista) e, paralelamente, no exame das fezes de suínos usadas como substrato em larvário, acusou-se uma quantidade extremamente elevada desta enterobactéria (BRAZ, 1999).

A *E. coli* é encontrada em esgotos, efluentes, águas naturais e solos que tenham recebido despejo fecal recente, sendo inativada em pouco tempo, pois dificilmente encontra condições para multiplicar-se. Quando ingerida pode se comportar como patogênica, mas é a mais utilizada como indicadora de poluição fecal no ambiente e alimentos, aparecendo em peixes, rãs, moluscos e camarões fresco e mal conservado (PÁDUA, 2003).

As bactérias do grupo coliforme também são encontradas no solo e em vegetais, algumas apresentando certa capacidade de permanecer e até multiplicar-se em ambientes úmidos com altos teores de nutrientes orgânicos e inorgânicos. Os organismos do grupo coliformes podem ser introduzidos na água e nos alimentos a partir de fontes não fecais, como plantas e particulares transportadores, já poluídos, (falta de higiene ou sanidade), como contato com outros animais ou seres humanos, mesmo sem liberação ou contato direto com suas excretas (PÁDUA, 2003).

Gray et al. (2007) sugerem que rãs em metamorfose ou imagos infectados podem continuar a liberar este patógeno, infectando outros membros da criação e, eventualmente, contaminar as fontes de água. Além disso, podem transportar os patógenos terrestres para sistemas aquáticos adjacentes. É possível que adultos de rã-touro também sejam hospedeiros adequados para *E. coli* em sistemas aquáticos estagnados. Os autores documentaram a infecção do intestino ou homogeneizado de órgãos por *E. coli* em 54% dos imagos de rã-touro e este resultado pode ser interpretado como caso de infecção sistêmica. Esta fase de metamorfose da rã está relacionada à imunocompetência reduzida, o que implica na maior susceptibilidade à infecção por esse agente.

Tem sido relatado que este microrganismo pode sobreviver em águas fluviais por até 27 dias. Assim, a persistência da *E. coli* em ambientes aquáticos deve ser mantida através de

contribuições periódicas dos reservatórios primários (animais homeotérmicos) ou contaminação por excretas de animais hospedeiros selvagens. Os resultados sugerem que a rã-touro pode funcionar como um reservatório “spill-over” de *E. coli* e assim contribuir para a sua persistência em ambientes aquáticos. Além disso, dado que os girinos em metamorfose são capazes de dispersão, podem ter um papel na epidemiologia do patógeno (GRAY et al., 2007).

#### **4. Legislação ambiental e sustentabilidade**

Considerando que o controle da poluição da água está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, o CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) na Resolução nº 357 (BRASIL, 2005), estabeleceu em sua Classificação dos Corpos D’água (doce, salobra e salina), que a água destinada ao uso aquícola deve pertencer à Classe II, das Águas Doces; que são aquelas que podem ser destinadas, entre outros, à aquicultura e à atividade de pesca.

O efluente deve obedecer aos padrões de lançamentos estabelecidos nesta resolução (Tabela 1), de acordo com a qualidade da classe em que o corpo d’água receptor estiver enquadrado - CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos) Resolução nº 91/2008 (TIAGO, 2010).

A FAO (1988) no intuito de adaptar o conceito de sustentabilidade com a realidade da agricultura e da aquicultura, definiu o desenvolvimento sustentável como sendo o manejo e a conservação dos recursos naturais, associados a uma mudança tecnológica e institucional, no intuito de assegurar a satisfação continuada das necessidades humanas presentes e das futuras gerações.

Segundo Valenti (2008a) as dimensões da sustentabilidade são: econômica, social e ambiental e os indicadores de sustentabilidade ambiental são o uso de recursos naturais (espaço, água e energia), eficiência no uso dos recursos (materiais e energia aplicados e recuperados) e liberação de poluentes (carga de nitrogênio, fósforo e matéria orgânica liberados nos efluentes/massa de pescado produzido).

Tabela 1. Padrão de lançamento de efluentes de acordo com a Resolução CONAMA n° 357 (BRASIL, 2005) para água classe II.

VARIÁVEIS	Resolução CONAMA n°357 <sup>1</sup>
	V.M.P.
Temperatura (°C)	40
pH	6,0 a 9,0
Oxigênio dissolvido (mg/L)	≥ 5,0
Turbidez (NTU)	100
Fósforo total (mg/L)	0,030
	3,7 para pH ≤ 7,5
	2,0 para 7,5 < pH ≤ 8,0
	1,0 para 8 < pH ≤ 8,5
	0,5 para pH > 8,5
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	
Nitrato (mg/L)	10,0
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	5,0
Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)	1.000

V.M.P. = Valor Máximo Permitido

<sup>1</sup>(BRASIL, 2005)

A sustentabilidade ambiental depende do uso de tecnologia de produção que minimize o impacto ambiental, mantendo a biodiversidade, a estrutura e funcionamento dos ecossistemas adjacentes. Para se atingir o desenvolvimento sustentável da aquicultura é preciso focar no desenvolvimento da atividade, ou seja, no modo como é praticada, não somente no crescimento, como ocorre atualmente (VALENTI, 2008a)

A sustentabilidade ambiental pode ser alcançada, através do estabelecimento de códigos para a prática adequada da aquicultura, suportado por regulamentações e políticas eficientes; de melhorias no aproveitamento dos recursos naturais; da preocupação em verificar se o desenvolvimento das atividades está dentro das capacidades de suporte locais e regionais; e da promoção das atividades de aquicultura em locais onde estas sejam prioridade, no intuito de aumentar a qualidade ambiental e uso dos recursos (SILVA, 2005).

Com o intuito de atingir tais objetivos, a Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca - SEAP (2004) do Paraná, baseada nos princípios de Boas Práticas de Aquicultura (BPA), nas diretrizes da Aquicultura Responsável (FAO) e no Código de Conduta da Aquicultura Européia, elaborou o Código de Conduta para o Desenvolvimento Sustentável e Responsável da Ricultura Brasileira. Este se baseia na atitude, responsabilidade e compromisso do ricultor em executar ações que respeitem o meio ambiente e o consumidor. Utilizando como instrumentos um manejo eficaz, com desenvolvimento de tecnologias “limpas”, através do profissionalismo dos ricultores, os produtores, as cooperativas, as associações e as empresas que decidirem iniciar na ricultura devem respeitar os seguintes princípios: preservar o meio ambiente; adotar os princípios de biossegurança; respeitar aos direitos e segurança de outros usuários de recursos hídricos; cumprir obrigatoriamente com as regulamentações estabelecidas por órgãos normativos e licenciadores; dispor de condições dignas de trabalho e de segurança aos empregados e empregar tecnologias que evitem ou minimizem a geração de impactos ambientais.

Portanto, o objetivo geral deste código de conduta é estabelecer normas claras para o desenvolvimento sustentável da ricultura calcado em princípios de viabilidade econômica, justiça social e equilíbrio ambiental.

Segundo Frosch (2003), o desenvolvimento adequado da ricultura deverá ser solidificado profissionalmente nas questões legais, técnicas e produtivas, para que a atividade seja reconhecida no país e no exterior.

A aquicultura sustentável pode ser definida como a produção lucrativa de organismos aquáticos, mantendo uma interação harmônica duradoura com os ecossistemas e as comunidades locais. Aquicultura responsável é um conceito diferente, seria a produção de organismos aquáticos de acordo com códigos de ética estabelecidos por instituições sociais, tais como sociedades de produtores, órgãos de governo, associações de consumidores ou outros da sociedade civil. Normalmente esses códigos de ética visam estabelecer boas práticas de manejo de modo a reduzir o impacto ambiental, a exploração da mão-de-obra, os prejuízos para as comunidades locais e sofrimento dos animais (VALENTI, 2008b).

De acordo com esse enfoque, surge a necessidade de avaliar a qualidade dos efluentes da aquicultura, em especial da ricultura, sendo este um dos indicadores citados acima, como parte dos requisitos para que se possa alcançar a sustentabilidade ambiental da atividade.

## 5. Objetivos

Sendo o estudo da qualidade dos efluentes um dos requisitos necessários para um estudo de impacto ambiental, os objetivos do presente estudo são:

- a) Verificar as características físicas e químicas da água de entrada e de saída dos tanques de criação de rã-touro em cada fase do ciclo (girinos e engorda).
  
- b) Verificar as características microbiológicas, através da determinação do número mais provável (NMP) de coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*) das águas de abastecimento e efluente nas duas fases (girinos e engorda) da rã-touro.
  
- c) Comparar os resultados obtidos com a legislação ambiental, a fim de verificar se o manejo utilizado em ambas as fases de criação causa alterações na qualidade da água utilizada.

## 6. Referências

AYOLEKE, O.E. Effects of aquaculture practices on water quality of pond-waste receiving water. **Aquaculture**, v.33, n.2, p.60-62, 2002.

BEVERIDGE, M.C.M.; ROS, L.G.;KELLY, L.A. Aquaculture and biodiversity. **Ambio**, v.23, n.8, p.497-502, 1994.

BOYD, C. E. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. **Aquaculture**, v.226, n.1-4, p.101-102, 2003.

BOYD, C. E. HULCHER, R. Best managements practices established for channel catfish farming in Alabama. **AAES Highlights**, v. 1, p. 1-4, 2002.

BRAGA, J. P.; BAIÃO, N. P. O conceito de proteína ideal na formulação de ração para frangos de corte. **Caderno Técnico de Veterinária e Zootecnia**, vol. 34, p.29-37, 2001.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília-DF, 2005. 23 p.

BRAZ, FILHO, M. S. P. **Criação de rãs**. 1999. 29 p. mbraz@pescar.com.br – www.abrappesq.com.br : www.pescar.com.br/mbraz. Disponível em: <[http://www.serrano.neves.nom.br/helcias/018\\_helcias.pdf](http://www.serrano.neves.nom.br/helcias/018_helcias.pdf)> Acessado em: 27 de abril de 2010.

CHO, C., Y.; HYNES, J., D.; WOOD, K., R.; YOSHIDA, H., K. Development of high-nutrient-dense, low-pollution diets and prediction of aquaculture wastes using biological approaches. **Aquaculture**, v. 124, p. 293-305, 1994.

ELER, M., N.; MILLANI, T. J. Métodos de estudos de sustentabilidade aplicados a aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, p.33-44, 2007.

FAO. **Aspects of FAO's policies, programs, budget and activities aimed at contributing to sustainable development**. Rome: FAO. 1988.

FEIX, R. D; ABDALLAH, P. R; FIGUEIREDO, M. R. C. Resultado econômico da criação de rã em regiões de clima temperado, Brasil. **Informações Econômicas**, v.36, n.3, p.70-80, 2006.

FROSCHE, L. Considerações sobre as legislações ambientais brasileiras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RANICULTURA, 1; CICLO DE PALESTRAS SOBRE RANICULTURA DO INSTITUTO DE PESCA, 2., 2003, São Paulo. São Paulo: Instituto de Pesca, 2003. p. 66-67. (Boletim Técnico, 34).

GRAY, M. J; RAJEEV, S.; MILLER, D. L.; SCHMUTZER, A. C.; BURTON, E. C.; ROGERS, E. D.; HICKLIN, G. J. Preliminary Evidence that American Bullfrogs (*Rana catesbeiana*) Are Suitable Hosts for *Escherichia coli* O157:H7. **Applied Environmental Microbiology**, v. 73, n. 12, p. 4066-4068, 2007.

GUPTA, M. V.; DEY, M. M. A framework for assessing the impact of small-scale rural aquaculture projects on poverty alleviation and food security. **FAO Aquaculture Newsletter**, v.23, p.18-22. 1999.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Estatística da Pesca 2006 Brasil: grandes regiões e unidades da federação**. Brasília: Ibama, 2008. 174p.

LIMA, S. L.; AGOSTINHO, C. A. **A tecnologia da criação de rãs**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1992. 168 p.

LIMA, S. L. **Criação de rãs (Sistema Anfigranja)**. Manual Técnico nº 3, Viçosa, CPT, 1997. 48p.

LIMA, S. L.; CRUZ, T. A.; MOURA, O. M. **Ranicultura: análise da cadeia produtiva**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1999. 172 p.

LIMA, S., L. Um olhar sobre a Ranicultura Brasileira. **Panorama da Aquicultura**, v. 13, n. 76, p. 22-23, 2003.

LIMA, S., L. Situação Atual e Perspectivas da Ranicultura. **Panorama da Aquicultura**. v. 15, n. 89, p. 32-34, 2005.

MAZZONI, R.; CARNEVIA, D.; ALTIERI, W.; MATSUMURA, Y. Cria de ranas em “sistema inundado”. Experiências em ranários comerciais. In: INTERNATIONAL MEETING ON FROG RESEARCH AND TECHNOLOGY, 1, ENCONTRO NACIONAL DE RANICULTURA, 8., 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1995, 121p.

NAGATA, M., K. Criação de girinos consorciada a peixes ornamentais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RANICULTURA, 1, CICLO DE PALESTRAS SOBRE RANICULTURA DO INSTITUTO DE PESCA, 2., 2003, São Paulo. São Paulo: Instituto de Pesca, 2003. p. 52-58 (Boletim Técnico, 34).

OLIVEIRA, G. A. Instalação de Ranário. In: ENCONTRO NACIONAL DE RANICULTURA, 3., 1982, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 1982, p. 41-58.

ORTON, G. L. The systematics of vertebrate larvae. In: DULLMAN. W. E., TRUEB, 1. 1986. **Biology of Amphibians**, 1953, p. 420-480.

PÁDUA, H. B. Informações sobre os coliformes totais/fecais e alguns outros organismos indicadores em sistemas aquáticos – aquicultura. 23<sup>a</sup> Procuradoria de Justiça Criminal de Goiás, **Caderno de Doutrina Ambiental**, 20 p, 2003.

PHILLIPS, M. J.; BEVERIDGE, M. C. M.; CLARK, R. M. Impact of Aquaculture on Water Resources. In: BRUNE, D.E. e TOMASSO, J.R. (Editors). *Aquaculture and Water Quality*. Baton Rouge: **The World Aquaculture Society**. 1991. p.568-591.

PIEDRATHA, R. H. Managing environmental impacts in aquaculture. **Bull. National Research Institute of Aquaculture Suppl.**, v.1, p.13-20, 1994.

PILLAY, T. V. R. **Aquaculture and the environment**. Oxford: Fishing News Books/Blakwell Scientific Publications Ltd. 1992. 189 p.

PORTZ, L. **Utilização de diferentes fontes protéicas em dietas formuladas pelo conceito de proteína ideal para o “Black Bass” (*Micropterus salmoides*)**. 2001, 111f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

REDDLING, T.; MIDLEN, A. The treatment of aquaculture wastewater – A Botanical. **Journal of Environmental Management**, v.50, p.283–299, 1997.

SEAP/PR (Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca). **Código de conduta para o desenvolvimento sustentável e responsável da ricultura brasileira**. Brasília, 2004, 14 p.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; GOMES, J. P. F. S.; BRAGA, F. M. S. Effect of liming management on the water quality in *Colossoma macropomum* (“tambaqui”) ponds. **Acta Limnol. Brasil.**, v. 15, p. 95-103, 2003.

SILVA, G. H. G. **Tratamento de efluentes da carcinocultura por macrófitas aquáticas, interações ecológicas e valor nutritivo da biomassa vegetal para tilápia do Nilo**. 2005. 65 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

SILVERT, W. Assessing environmental impact of finfish aquaculture in marine waters. **Aquaculture**, v. 107, p. 67-79, 1992.

STÉFANI, M. V. Alimentação e nutrição. In: CICLO DE PALESTRA SOBRE RANICULTURA DO INSTITUTO DE PESCA, 1., 2001, São Paulo. São Paulo: Instituto de Pesca, 2001. p. 18-20 (Boletim Técnico, 31).

STEPHENS, W. W.; FARRIS, J. L. A biomonitoring approach to aquaculture effluent characterization in channel catfish fingerling production. **Aquaculture**, v. 241, p. 319-330, 2004.

TACON, A. G. J. 2001. **Contribution to food fish supplies: food fish supplies**. Disponível em <<http://www.fao.org/DOCREP/003/W7499E/w7499e17.htm>> Acessado em: 17 de março

de 2010.

TEIXEIRA, R. D.; PEREIRA MELLO, S. C. R.; SANTOS, C.A.M.L. **The world market for frog legs**. FAO/Globefish Research Programme, v. 68. Rome, FAO, 2001. 44 p.

TELLES, D. A. Água na Agricultura e Pecuária. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Orgs.). **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. São Paulo: Escrituras Ed. e Distr. de Livros Ltda, 2002. p. 305-337.

TIAGO, G. G; GIANESELLA, S. M. F. Uso da água pela aquicultura: estratégias e ferramentas de implementação de gestão. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 29, n.1, p. 1-7, 2003.

TIAGO, G., G. **Ementário da Legislação de Aquicultura e Pesca do Brasil**. 2 ed. São Paulo: Gláucio Gonçalves Tiago (Editor), 2010. 95 p.

TSUKAMOTO, R. Y.; TAKAHASHI, N. S. Falta de proteína para ração: estrangulamento da aquicultura no Brasil? **Panorama da Aquicultura**, v. 14, p. 8-9, 1992.

VALLE, C. E. **Qualidade ambiental: ISO 14000**. 6ª ed. São Paulo: Editora Senac/SP, 2006. 96 p.

VALENTI, W. C. Aquaculture for sustainable development. Páginas 17-32. In: VALENTI, W. C.; POLI, C. R.; PEREIRA, J. A.; BORGHETTI, J. R. (Ed.). **Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável**. Brasília, CNPq/MCT, 2000. 399 p.

VALENTI, W. C. Conceitos de sustentabilidade; Índices e indicadores de sustentabilidade ambiental. Palestra apresentada durante o II Seminário sobre Aquicultura Sustentável. **Anais...**, Jaboticabal, UNESP, 2008a. Disponível em: [http://www.caunesp.unesp.br/eventos/Seminario\\_Aquicultura\\_Sustentavel\\_ago\\_2008/aquicultura\\_sustentavel.php](http://www.caunesp.unesp.br/eventos/Seminario_Aquicultura_Sustentavel_ago_2008/aquicultura_sustentavel.php); Acessado em: 13 de março de 2010.

VALENTI, W. C. A aquicultura Brasileira é sustentável? Palestra apresentada durante o IV Seminário Internacional de Aquicultura, Maricultura e Pesca, Aquafair 2008, **Anais...**,

Florianópolis, 13-15 de maio de 2008b. p. 1-11 Disponível em: <[www.avesui.com/anais](http://www.avesui.com/anais)>. Acessado em: 14 de março de 2010.

VELLY, M. L. M. A pele animal e os comportamentos mercadológicos para o novo milênio. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE RANICULTURA DO INSTITUTO DE PESCA, 1., São Paulo. São Paulo: Instituto de Pesca, 2001. p. 34-36. (Boletim Técnico, 31).

WATANABE, T.; SAKAMOTO, H.; ABIRU, M.; YAMASHITA, J. Development of a new type of dry pellet for yellowtail. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v. 57, n. 5, p. 891-897, 1991.

# CAPÍTULO II

## CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ENTRADA E SAÍDA DE TANQUES DE GIRINOS DE RÃ-TOURO (*Lithobates catesbeianus*)

Resumo: A adesão a sustentabilidade como um novo estilo de desenvolvimento está relacionado aos limites naturais, o que implica reconhecer o caráter finito dos recursos ambientais. Para que a atividade da aquicultura permaneça potencialmente ativa e em crescimento constante é preciso garantir o equilíbrio do meio ambiente. Nesse sentido, faz-se referência à importância da avaliação da qualidade do efluente da ranicultura para a gestão ambiental. O objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade do efluente da criação de rã-touro na fase de girino, através das análises físicas, químicas e microbiológica da água de entrada e saída dos tanques de cultivo. As variáveis físicas e químicas analisadas foram: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, turbidez, nitrogênio amoniacal, nitrato, fósforo total, DBO<sub>5</sub>, DQO e a bacteriológica, *Escherichia coli*. As coletas foram realizadas quinzenalmente em seis tanques de girinos do Setor de Ranicultura do Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista, Campus Jaboticabal/SP. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com dois tratamentos (água de entrada e saída) e seis repetições, num esquema em parcelas subdivididas. Os valores médios de temperatura foram 26,75 °C para água de entrada e 26,52 °C para saída, não havendo diferença significativa ao longo do período. Não foi observada diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre a água de abastecimento e do efluente para condutividade, turbidez, DQO e concentração de *Escherichia coli*. Entretanto, esses parâmetros variaram nas diferentes coletas. Os teores de pH e oxigênio dissolvido dos efluentes foram significativamente menores quando comparado com a água de abastecimento dos tanques. Apesar disso, esses valores estão dentro da faixa recomendada pela legislação ambiental para águas de classe II. As concentrações de fósforo total, amônia e nitrato foram significativamente maiores nos efluentes, em relação à água de abastecimento. Entretanto, somente a concentração de fósforo total encontra-se acima da recomendada pela legislação. A DBO<sub>5</sub> também foi significativamente maior no efluente de tanques de girinos, encontrando-se acima do valor recomendado pela legislação. O manejo realizado para a criação de girinos de *L. catesbeianus* durante o período de 76 dias provocou a deterioração na qualidade da água utilizada no viveiro. As alterações provocadas na água impossibilitam seu lançamento em ambientes aquáticos devido às altas concentrações de fósforo, podendo este provocar a eutrofização artificial do corpo d'água receptor. Torna-se necessário um tratamento prévio desse efluente para remoção dos nutrientes dissolvidos como uma ferramenta de mitigação de impacto ambiental do corpo d'água receptor.

Palavras-chave: efluente, ranicultura, girinos, *Lithobates catesbeianus*.

## CHARACTERISTICS OF WATER QUALITY OF INPUT AND OUTPUT OF TANKS BULLFROG TADPOLES (*Lithobates catesbeianus*)

Summary: Sustainable development principle is strongly related to the natural limitations of the environment, which acknowledges the finite character of environmental resources. For aquaculture to remain potentially active and constantly growing it is necessary to guarantee a balanced environment. Therefore, it is important to evaluate the quality of the effluent discarded from bullfrog rearing for the management. The objective of the work was to evaluate the quality of the effluent discarded from bullfrog tadpole ponds, by means of physico-chemical and microbiological analysis of the inlet and outlet water of the rearing ponds. The physico-chemical variables analyzed were: pH, dissolved oxygen, electrical conductivity, turbidity, ammonia nitrogen, nitrate, total phosphorus, BOD<sub>5</sub>, COD, and the bacteriological, *Escherichia coli*. The samples were collected bi-weekly in six ponds of the frog culture Sector at Aquaculture Center, in Sao Paulo State University, Campus Jaboticabal/SP. The experimental design was completely random with two treatments (inlet and outlet water) and six repetitions in a split plot, and the sub-plots samples collected over time. Temperature average values were 26.75°C and 26.52°C for inlet and outlet water, respectively, and did not differ significantly along the period. There was no significant difference ( $p>0,05$ ) between inlet and outlet water for the following variables: conductivity, turbidity, COD and concentration of *Escherichia coli*. However, these parameters varied for the different samples collected during the period. Dissolved oxygen and pH values of the effluent were significantly lower compared to supply water. Total phosphorus, ammonia and nitrate levels were significantly higher than the levels registered for inlet water. However, only total phosphorus levels were above the range recommended by the legislation. BOD<sub>5</sub> levels were also significantly higher in the effluent, and above the range recommended by the legislation. The management technique employed to rear *Lithobates catesbeianus* during the 76 day-period decrease the water quality used in the pond. The changes caused in the water made it impossible to discard the effluent in any aquatic environment due to high phosphorus concentration, which can provoke eutrophization of the receiving body of water. It is, therefore, necessary to previously treat the effluent to remove the nutrients present in order to mitigate the environmental impact.

Keywords: effluent, frog culture, tadpoles, *Lithobates catesbeianus*.

## 1. INTRODUÇÃO

A ranicultura é uma atividade que apresenta bom potencial econômico, podendo ser desenvolvida em pequenas propriedades e melhorar a qualidade de vida do produtor rural.

Para obter sucesso na produção de rãs, a fase de criação de girinos é de grande importância. Vários são os fatores que afetam o crescimento de girinos, dentre eles podem ser destacados a temperatura, o manejo inadequado, a densidade de estocagem e a qualidade da água (MORAIS, 2000).

Nesta fase, a taxa de mortalidade média é de 30%, principalmente nas primeiras semanas, associadas à deficiência alimentar, qualidade da água e dificuldades de manejo. A qualidade da água é um fator que interfere diretamente na sobrevivência dos organismos cultivados (LIMA; AGOSTINHO, 1992).

Os viveiros possuem elevadas concentrações de nutrientes, plâncton, matéria orgânica e inorgânica devido à ação do manejo alimentar e da morfometria desses sistemas. A entrada e saída de água constante com curto tempo de residência e o manejo não controlado da ração e da água de abastecimento são alguns dos fatores que atuam diretamente na dinâmica dos nutrientes, acelerando ou permitindo maior disponibilidade na coluna d'água (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2003).

O fluxo de entrada e saída da água, quando em grande intensidade, torna-se responsável pela remoção do excesso de nutrientes e de outros materiais do viveiro, controlando a dinâmica do fósforo no meio em relação a sua absorção no sedimento (BOYD; HULCHER, 2002). No período de alta produção, novembro a abril, a adição de ração é mais intensa e os fatores climáticos como temperatura e precipitação tem forte efeito na dinâmica desses sistemas (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2003).

Anfíbios, como a rã-touro, tem necessidade de água com qualidade física e química específica, tais como pH, condutividade elétrica, amônia, nitrato, fósforo, oxigênio dissolvido, entre outros. Não existem muitos dados disponíveis sobre a qualidade de água ideal para ranicultura, muitos conceitos e valores provêm de outros tipos de criações (piscicultura e carcinicultura). Os ecossistemas aquáticos são dinâmicos, mesmo em tanques com pequeno volume de água, os parâmetros físicos e químicos se interrelacionam. São dependentes uns dos outros (FERREIRA, 2003).

A sobrevivência, o tempo de metamorfose e o crescimento dos girinos estão diretamente ligados a fatores como competição por alimento, qualidade da água e inibidores químicos (BROWNE et al., 2003).

A excreção dos animais (fezes e urina) resulta em compostos à base de amônia, que é extremamente tóxica e se transforma em nitrito e em nitrato por ação de bactérias nitrificantes. Esse processo de transformação: amônia ( $\text{NH}_3$ ) \_ nitrito ( $\text{NO}_2$ ) \_ nitrato ( $\text{NO}_3$ ) chama-se desnitrificação e, irá ocorrer dependendo da temperatura e do pH da água, consumindo oxigênio existente no meio. Essa reação é uma das causas mais comuns de mortalidade em tanques de girinos, mas também pode ser facilmente contornada tomando-se precauções básicas, tais como: controle da quantidade de alimento ofertado, oxigenação constante e eficiente, renovação da água e limpeza periódica (FERREIRA, 2003).

O efeito da qualidade do efluente sobre o corpo receptor está ligado principalmente à quantidade de sólidos suspensos na água, de nutrientes dissolvidos e da redução nas concentrações de oxigênio dissolvido. O enriquecimento orgânico afeta diretamente as taxas de consumo de oxigênio. Os processos anaeróbicos que ocorrem no sedimento também colaboram com a redução nas concentrações de oxigênio dissolvido, resultando na produção de amônia, gás sulfídrico e metano, os quais podem dissipar-se pela coluna d'água. O enriquecimento de amônia na água, sob baixas concentrações de oxigênio dissolvido, pH e temperatura elevada, propiciam a mortandade de peixes (BOYD, 1982), implicando em perdas econômicas (ELER; MILLANI, 2007).

As características dos efluentes podem variar em função da espécie cultivada, da densidade dos organismos cultivados, do manejo alimentar e do nível de tecnologia empregado no cultivo (BOYD, 2000).

O enriquecimento pelo fósforo e nitrogênio age como substâncias fertilizantes, estimulando o crescimento do fitoplâncton (ELER; MILLANI, 2007); levando à competição por oxigênio dissolvido e podendo provocar grandes mortandades de peixes devido ao aparecimento de espécies potencialmente tóxicas de cianobactérias (ELER et al., 2006).

Outro efeito negativo da eutrofização é o aumento dos custos referentes ao tratamento da água para consumo humano, pois há necessidade da intensificação da tecnologia utilizada nas remoções de nutrientes, organismos patogênicos e matéria orgânica da água (TUNDISI, 2003).

No intuito de se observar as alterações causadas pela atividade, o objetivo do presente estudo foi caracterizar a qualidade da água de entrada e do efluente de tanques de girino de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*), avaliando-se as variáveis físicas, químicas e microbiológica, bem como compará-los com a legislação ambiental vigente para padrões de lançamentos de efluentes para classe II, CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Local de Estudo

O trabalho foi desenvolvido no Centro de Aquicultura da UNESP - Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal, Setor de Ranicultura. Localizado a 21° 15' S e 48° 18' W de latitude e a 595 m de altitude.

O experimento foi realizado no período de 04 de novembro de 2008 a 20 de janeiro de 2009, com duração de 76 dias, até os animais completarem a metamorfose. Foram utilizados seis tanques externos (escavados), revestidos com polietileno e com capacidade de 1600 litros cada, com sistema individual de entrada e saída de água (Figura 1) em fluxo contínuo.

Os tanques foram abastecidos com água proveniente de um viveiro, localizado a montante do Setor de Ranicultura. Neste são mantidos reprodutores de pacu, tambaqui e matrinxã e recebe água diretamente de outro viveiro e de mais 21 tanques de piscicultura que variam de 45 a 100 m<sup>2</sup>, além da água proveniente do laboratório de peixes ornamentais e larvicultura do CAUNESP. Os viveiros são utilizados para criação de peixes e recebem efluentes de tanques em paralelo e foram classificados como eutrófico ou hipereutrófico, devido ao manejo em série empregado (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2005).



Figura 1. Tanques de criação de girinos do Setor de Ranicultura do Centro de Aquicultura da UNESP.

## 2.2 Material Biológico

Foram utilizados 4.800 girinos de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*) no estágio 25 de Gosner (1960), em que a larva livre nadante começa a se alimentar, proveniente de mesma desova. Com peso médio inicial de 0,2 g e peso médio final de 8 a 10 g.

Os girinos foram distribuídos em seis tanques externos, com 2,0x1,2x0,70 m de dimensão, na densidade de estocagem de 0,5 girino/litro de água. Os tanques apresentaram fluxo contínuo de água com vazão média de 0,11 L/seg para água de abastecimento e 0,08 L/seg para água de saída dos tanques.

Os animais foram mantidos sob as mesmas condições ambientais (Apêndice 1) e receberam o mesmo manejo e alimentação. A alimentação dos girinos foi realizada com ração comercial farelada e teor de proteína bruta de 40%, sendo fornecida a “lanço” na superfície do tanque. A quantidade de alimento foi ajustada pelo cálculo da biomassa, conforme tabela recomendada por Lima et al. (2003) para a fase de girinos (Apêndice 2).

O peso dos girinos (g) foi avaliado mensalmente por uma amostra equivalente a 10% do total de girinos, presentes em cada tanque experimental, utilizando-se balança eletrônica digital com sensibilidade de 0,001g.

## 2.3 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o Inteiramente Casualizado (DIC), com dois tratamentos (água de entrada e de saída) e seis repetições (tanques), em um esquema de parcelas subdivididas, sendo as subparcelas as coletas no tempo.

## 2.4 Coletas das Amostras

As coletas da água de entrada e de saída (efluente) dos tanques de girino foram realizadas a cada quinze dias, pela manhã, por volta das 09:00 horas. Sendo as coletas: zero (inicial), um (16 dias), dois (31 dias), três (46 dias), quatro (61 dias), cinco (76 dias).

Foram coletados 250 mL de água em frasco esterilizado (para a análise microbiológica) e 1000 mL de água em garrafas do tipo PET (para as análises físico-químicas) da entrada (Figura 2) e da saída (Figura 3) de cada tanque dos girinos.



Figura 2. Entrada da água de abastecimento do tanque de girinos do Setor de Ranicultura.



Figura 3. Saída do efluente do tanque de girinos do Setor de Ranicultura.

## 2.5 Análises das Variáveis Microbiológica, Físicas e Químicas da Água de Abastecimento e do Efluente

### 2.5.1 Análise Microbiológica

Nas análises microbiológicas, a determinação do número mais provável (NMP) de *Escherichia coli* presentes em 100 mL de amostra, foram realizadas conforme metodologia dos tubos múltiplos descrita em APHA (2005), no Laboratório de Microbiologia do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva da Universidade Estadual Paulista – UNESP (Câmpus de Jaboticabal).

Na primeira etapa do método (fase presuntiva) foram preparadas três diluições sucessivas (0,1; 0,01 e 0,001 ml) de 1 ml da amostra em 9 ml de água peptonada a 0,1%. Cada diluição obtida foi inoculada em três tubos contendo 10mL de Caldo Lauril Sulfato de Sódio (LST) com tubos de Durhan invertidos, os quais foram posteriormente incubados em estufa bacteriológica a 37°C por 24 a 48 horas.

Os tubos que apresentaram turvação e formação de gás no Caldo LST, tiveram alíquotas semeadas em tubos contendo 6 mL de Caldo *Escherichia coli* (EC), com tubos de Durhan invertidos. Os tubos com EC foram incubados em banho-maria a 44,5 °C, durante 24 horas.

A positividade do teste foi observada pela turvação e produção de gás no interior dos tubos de Durhan. Os resultados foram analisados conforme tabela do Número Mais Provável (NMP).

### **2.5.2 Análises Físicas e Químicas**

Algumas variáveis foram medidas *in loco*, no Setor de Ranicultura do Centro de Aquicultura da UNESP. Para a temperatura e oxigênio dissolvido utilizou-se um oxímetro portátil da marca LUTRON; para o potencial hidrogeniônico e a condutividade elétrica, aparelhos manuais da marca PHTEK. A vazão foi calculada pela velocidade de entrada e saída de água dos tanques, assegurando o tempo gasto para encher um recipiente contendo 1 litro de água, expresso em litros/segundo.

Para a determinação da Turbidez (NTU), foi utilizado um turbidímetro portátil modelo 2100P da marca HACH, no Laboratório de Microbiologia do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

As leituras da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>) foram obtidas através de Aparelho Modelo AL 320 que utiliza solução de hidróxido de potássio a 45% como reagente e sensores de pressão internos. As modificações de pressão dentro dos frascos de amostra hermeticamente fechados foram convertidas diretamente em DBO (mg/L) Os resultados equivalem aos obtidos na metodologia descrita em APHA (2005).

As análises de  $\text{DBO}_5$  foram realizadas no laboratório do Núcleo de Estudo e Pesquisa em Matologia - NEPEAM da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

Os valores da Demanda Química de Oxigênio (DQO) foram obtidos por método colorimétrico, empregando-se espectrofotômetro modelo DR-2010 da HACH e bloco digestor para DQO de mesma marca. A metodologia descrita nos manuais do aparelho faz uso da digestão ácida em meio com dicromato de potássio e catalizadores, utilizando-se reta padrão existente na memória do aparelho. Os resultados obtidos com esta metodologia se equivalem à descrita no APHA (2005).

O fósforo total foi obtido pelo método 8180 (HACH, 1991) para água e águas residuárias, método Ácido Hidrolisável, descrito no manual do espectrofotômetro modelo DR-2010 da HACH. Os resultados obtidos com esta metodologia equivalem aos descritos no APHA (2005).

O nitrogênio amoniacal foi lido na forma de amônia pelo método colorimétrico. A coloração amarela formada pela reação de íons amônio com o reagente de Nessler é proporcional à concentração de amônia e a intensidade é quantificada em 425 nm no programa 380 do espectrofotômetro DR 2010 (HACH). Os resultados obtidos com esta metodologia equivalem aos descritos no APHA (2005).

Os valores do nitrato foram obtidos pelo método 8039 (HACH, 1991) para água e águas residuárias, método de redução do Cádmio, empregando-se o reagente Nitriver 5, conforme descrita no manual do espectrofotômetro modelo DR-2010 da HACH. Os resultados obtidos com esta metodologia equivalem aos descritos no APHA (2005).

As análises de DQO, fósforo total, amônia e nitrato foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

## **2.6 Análises Estatísticas dos Dados**

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, para verificar se houve ou não diferença significativa entre os tratamentos.

Foi feita uma análise de regressão, para verificar o efeito polinomial dos tratamentos ao longo do tempo. O software estatístico utilizado foi o SAS versão 9.1 (SAS Inc; 2006).

Os resultados das análises foram comparados com os padrões de qualidade dos

efluentes, específico para a classe de enquadramento em questão, estabelecidos na legislação ambiental brasileira vigente, conforme resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

### 3. RESULTADOS

A análise estatística das variáveis estudadas encontra-se na Tabela 1.

Pode-se observar que não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre a temperatura da água de entrada e de saída (efluente) dos tanques de girinos. Entretanto, na coleta 4 houve uma diminuição significativa de ambas temperaturas da água em relação às outras coletas (Tabela 2 e Figura 4A).

Para os valores de pH, houve diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre os tratamentos, sendo os valores do efluente menores que da água de abastecimento nas coletas 3, 4 e 5. Entre os períodos de coletas também houve diferença significativa ( $p < 0,01$ ) (Tabela 2 e Figura 4 B).

A concentração média de oxigênio dissolvido foi significativamente maior ( $p < 0,01$ ) na água de abastecimento do viveiro, em relação ao efluente nas coletas 2, 3 e 4. Observa-se também que houve diferença significativa entre as coletas ao longo do tempo (Tabela 2 e Figura 4C).

Para a condutividade elétrica, somente houve diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre as coletas no tempo. Entre a água de entrada e saída dos tanques de girinos não foi observado diferença significativa (Tabela 2 e Figura 4D).

A turbidez da água apresentou o mesmo comportamento da condutividade elétrica, observando-se diferença significativa ( $p < 0,01$ ) apenas entre as diferentes coletas (Tabela 2 e Figura 5A).

Também não foi observada diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos (água de entrada e saída dos tanques de girinos) para o NMP de *Escherichia coli*. Entretanto, nas diferentes coletas observou-se um efeito significativo ( $p < 0,01$ ) (Tabela 2 e Figura 5B).

Tabela 1. Análise estatística das variáveis físicas, químicas e microbiológica da água.

ESTATÍSTICAS	VARIÁVEIS										
	T°C	pH	OD	Cond	Turb	PT	NH <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	DBO <sub>5</sub>	DQO	<i>E. coli</i>
F (TR)	1,23	19,62**	29,90**	0,15	0,32	11,48**	77,41**	4,52*	28,50**	2,78	0,19
F (CL)	56,40**	114,01**	29,64**	4,37**	27,91**	8,29**	138,44**	37,52**	17,47**	9,09**	8,65**
F (TRxCL)	0,96	10,84**	5,25**	0,53	10,54**	10,61**	35,08**	3,94**	1,34	3,69**	0,21
CV parcela (%)	3,28	2,88	8,11	16,84	13,30	51,93	17,40	14,92	42,73	50,19	54,40
CVsubparcela (%)	1,13	1,73	9,70	16,80	13,41	32,99	14,01	12,27	52,25	43,13	107,93

\* significativo a 5% de probabilidade; \*\* significativo a 1% de probabilidade.

TR = tratamentos; CL = coletas; CV = coeficiente de variação.

T = temperatura; OD = oxigênio dissolvido; Cond = condutividade; Turb = turbidez; PT = fósforo total; NH<sub>3</sub> = amônia; NO<sub>3</sub> = nitrato;

DBO<sub>5</sub> = demanda bioquímica de oxigênio; DQO = demanda química de oxigênio; *E. coli* = *Escherichia coli*.

Tabela 2. Valores médios das variáveis físicas, químicas e microbiológica da água de entrada (E) e saída (S) dos tanques de girinos nas diferentes coletas.

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS	COLETAS (DIAS)					MÉDIA GERAL	EFEITO POLINOMIAL
		0 (1)	1 (16)	2 (31)	3 (46)	4 (61)		
Temperatura (°C)	E	26,50	26,88	27,37	26,77	25,60	27,37	26,75
	S	26,57	26,70	27,05	26,58	25,25	26,97	26,52
	MÉDIA GERAL	26,53	26,79	27,21	26,68	25,43	27,17	26,63
pH	E	7,92a	7,37a	7,70a	8,83a	8,28a	7,70a	7,97
	S	7,97a	7,35a	7,55a	8,23b	7,80b	7,48b	7,73
	MÉDIA GERAL	7,94	7,36	7,63	8,53	8,04	7,59	7,85
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	E	6,10a	7,14a	7,50a	8,34a	6,62a	5,28a	6,83
	S	6,63a	7,84a	6,50b	7,30b	4,70b	4,92a	6,15
	MÉDIA GERAL	6,37	6,99	7,00	7,83	5,67	5,11	6,49
Condutividade Elétrica (µS.cm)	E	77,68	52,00	66,50	69,00	65,50	72,00	66,86
	S	72,20	57,33	66,17	66,83	73,83	72,83	68,03
	MÉDIA GERAL	75,67	54,67	66,33	67,92	69,67	72,42	67,43
Turbidez (NTU)	E	19,48	14,27	14,17	15,47	20,40	14,42	16,37
	S	13,00	12,10	15,38	15,40	26,16	17,95	16,43
	MÉDIA GERAL	16,52	13,18	14,78	15,43	22,85	16,18	16,40
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	E	39,17	1210,50	84,17	35,00	1026,67	1020,00	569,25
	S	52,33	1308,83	105,67	338,83	814,52	991,23	587,18
	MÉDIA GERAL	45,75	1259,67	94,92	186,92	957,27	989,09	577,96

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

\*\* significativo a 1% de probabilidade

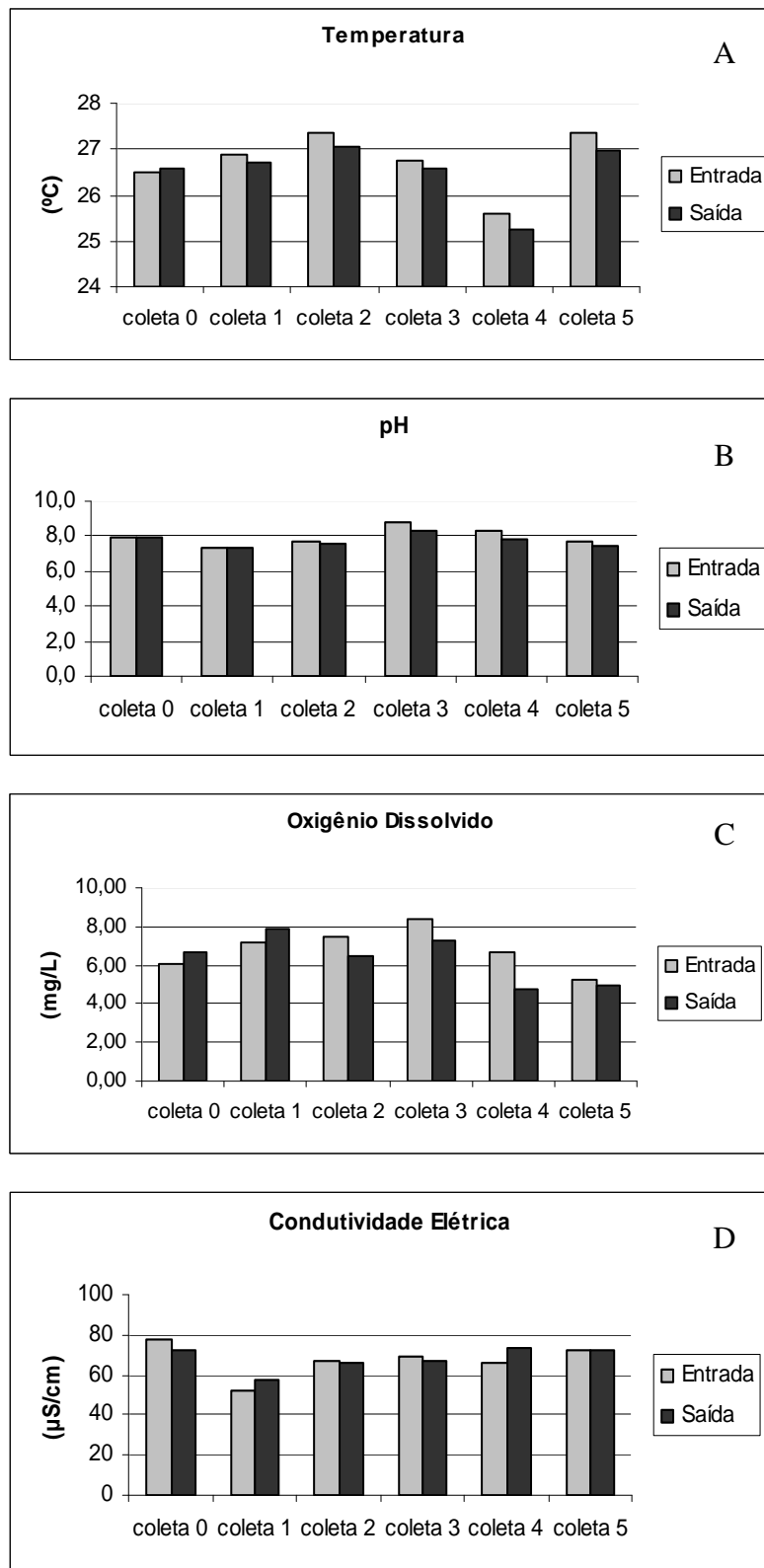


Figura 4. Comportamento entre as coletas e os tratamentos (água de entrada e saída dos tanques de girino) para as variáveis; temperatura, pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica.

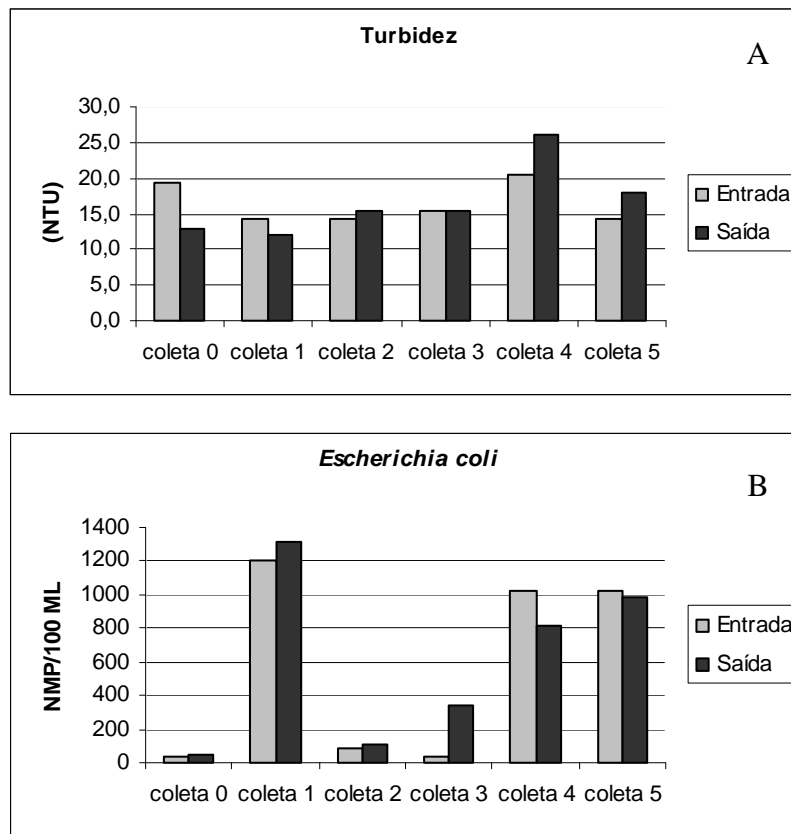


Figura 5. Comportamento entre as coletas e os tratamentos (água de entrada e saída dos tanques de girino) para as variáveis turbidez e *E. coli*.

A concentração de fósforo total foi significativamente maior na água de saída (efluente) dos tanques de girinos nas coletas 1, 4 e 5. Entre as coletas no tempo também foi observado diferença significativa (Tabela 3 e Figura 6A).

Os valores médios de amônia foram significativamente maiores ( $p < 0,01$ ) nos efluentes, em relação à água de abastecimento dos tanques, nas coletas 2, 3, 4 e 5. Entre as diferentes coletas também houve efeito significativo (Tabela 3 e Figura 6B).

As concentrações de nitrato apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (água de entrada e saída) somente nas coletas 2 e 4, sendo os maiores valores obtidos no efluente. Também foi observado efeito significativo entre as diferentes coletas (Tabela 3 e Figura 6C).

Para a  $DBO_5$  foi observado efeito significativo entre os tratamentos ( $p < 0,01$ ) onde a água do efluente apresentou valores maiores aos da água de entrada, nas coletas 2, 4 e 5. Entre as diferentes coletas também houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) (Tabela 3 e Figura 7A).

Para a DQO não foi observado diferença significativa entre a água de entrada e de saída (efluente) dos tanques. Entretanto, entre as diferentes coletas foi observado efeito significativo (Tabela 3 e Figura 7B).

Tabela 3. Valores médios dos nutrientes, DBO<sub>5</sub> e DQO da água de entrada (E) e saída (S) de tanques de girinos nas diferentes coletas.

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS	COLETAS (DIAS)					MÉDIA GERAL	EFEITO POLINOMIAL
		0 (1)	1 (16)	2 (31)	3 (46)	4 (61)		
Fósforo Total (mg/L)	E	0,59a	0,83b	1,21a	0,59a	0,39b	0,77b	5° Grau *
	S	0,58a	1,23a	1,17a	0,64a	1,88a	1,24a	5° Grau **
	MÉDIA GERAL	0,52	1,03	1,19	0,61	1,14	1,00	
Amônia (mg/L)	E	0,17a	0,18a	0,23b	0,34b	0,39b	0,30b	3° Grau **
	S	0,16a	0,20a	0,33a	0,39a	0,82a	0,43a	5° Grau **
	MÉDIA GERAL	0,16	0,19	0,28	0,36	0,60	0,37	
Nitrito (mg/L)	E	0,43a	0,37a	0,37b	0,45a	0,58b	0,53a	3° Grau **
	S	0,36a	0,37a	0,48a	0,47a	0,68a	0,58a	5° Grau **
	MÉDIA GERAL	0,40	0,37	0,43	0,46	0,63	0,56	
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)	E	11,00a	4,17a	3,00b	1,33a	3,17b	1,50b	3° Grau **
	S	12,33a	6,33a	8,00a	2,00a	8,55a	4,67a	5° Grau **
	MÉDIA GERAL	11,67	5,25	5,50	1,67	5,45	3,08	
Demanda Química de Oxigênio (mg/L)	E	15,67	17,50	36,50	16,50	23,00	26,50	
	S	17,50	11,67	33,50	24,33	50,50	27,83	
	MÉDIA GERAL	16,58	14,58	35,00	20,42	36,75	27,17	5° Grau **

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*\* significativo a 1% de probabilidade; \* significativo a 5% de probabilidade

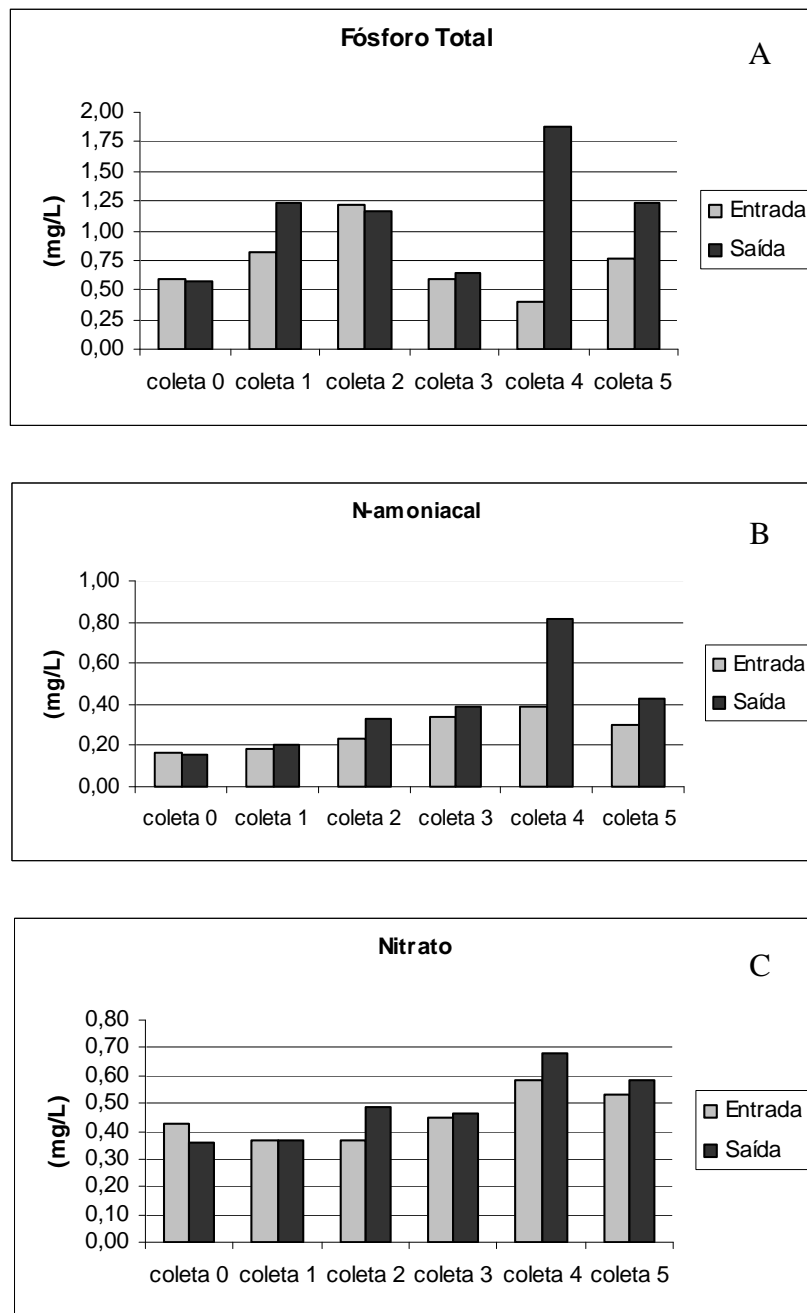


Figura 6. Comportamento entre as coletas e os tratamentos (água de entrada e saída dos tanques de girino) para as variáveis; fósforo total (PT), amônia ( $\text{NH}_3$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3$ ).

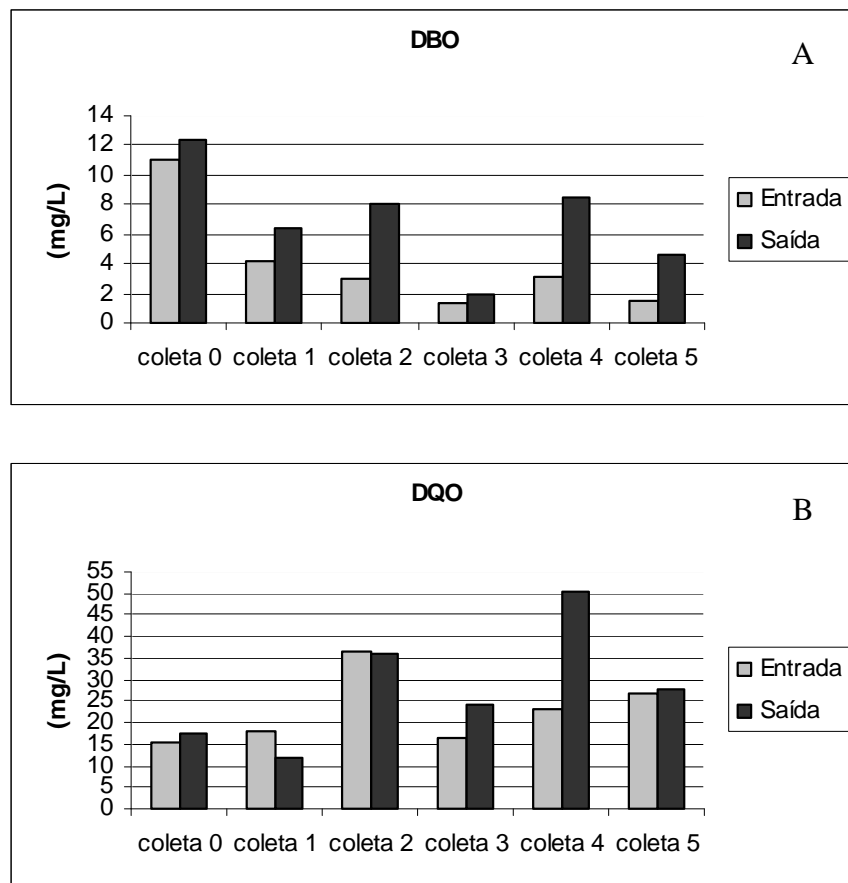


Figura 7. Comportamento entre as coletas e os tratamentos (água de entrada e saída dos tanques de girino) para as variáveis; DBO<sub>5</sub> (demanda bioquímica de oxigênio) e DQO (demanda química de oxigênio).

Na Tabela 4, são comparados os valores das variáveis limnológicas da água de abastecimento e do efluente dos tanques de girinos de rã-touro durante o período experimental, com os valores máximos permitidos (V.M.P.) pela resolução N° 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 17 de março de 2005 para água doce (Classe II), destinada a aquicultura e à atividade de pesca.

Os maiores acréscimos foram observados para DBO<sub>5</sub> com 6,88 mg/L e fósforo total com concentração de 1,12 mg/L nos efluentes, sendo que ambos os valores ficaram acima do permitido pela legislação e, neste último, além da água de saída, a de abastecimento já entra no sistema de produção com a qualidade alterada.

Tabela 4. Médias das variáveis bióticas e abióticas dos tratamentos ao longo do tempo comparado com os valores encontrados na legislação ambiental para águas de classe II.

Variáveis	Valores médios + desvio padrão dos tratamentos		CONAMA 357 <sup>1</sup>
	Entrada	Saída	
Temperatura (°C)	26,75 ± 0,66	26,52 ± 0,80	40
pH	7,97 ± 0,50	7,73 ± 0,34	6,0 a 9,0
Oxigênio dissolvido (mg/L)	6,83 ± 1,14	6,15 ± 1,15	≥ 5,0
Condutividade (µS/cm)	66,86 ± 14,66	68,03 ± 10,0	-
Turbidez (NTU)	16,37 ± 3,16	16,43 ± 4,94	100
Fósforo total (mg/L)	0,73 ± 0,38 *	1,12 ± 0,58 *	0,030
Amônia (mg/L)	0,27 ± 0,08	0,39 ± 0,22	3,7 para pH ≤ 7,5 2,0 para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 para 8 < pH ≤ 8,5 0,5 para pH > 8,5
Nitrato (mg/L)	0,45 ± 0,10	0,49 ± 0,12	10,0
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	4,03 ± 3,77	6,89 ± 4,55 *	5,0
DQO (mg/L)	22,61 ± 11,84	27,56 ± 16,90	-
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)	569,25 ± 768,94	587,18 ± 705,03	1.000

V.M.P. = valor máximo permitido

\*Valores em desacordo com a legislação

<sup>1</sup> (BRASIL, 2005)

#### 4. DISCUSSÃO

A produção de rãs é realizada no período quente devido à melhor adaptação e desenvolvimento dos animais em uma temperatura média de 26 °C (FERREIRA et al., 2002). A temperatura da água se apresentou dentro dos padrões considerados ideais para a produção, sendo a temperatura mínima de 26 °C para a água de entrada e 25 °C para a água de saída e a máxima de 27 °C para ambas.

Os valores de pH não apresentaram grandes alterações entre os tratamentos durante o período avaliado, apresentando valores médios de 7,97 e 7,73 para água de abastecimento e efluente, respectivamente, permanecendo dentro dos padrões recomendados pela Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) (pH entre 6,0 e 9,0 para águas de classe II).

Apesar da diminuição do teor de oxigênio dissolvido no efluente, quando comparado à água de abastecimento, este ficou acima do valor mínimo exigido pela legislação (5,0 mg/L), exceto no efluente das duas últimas coletas (4 e 5).

A vazão média para a água de entrada foi de 0,11 L/seg e para a água de saída foi 0,08 L/seg, acima do valor encontrado por Pereira et al. (2007), de 0,064 L/seg. A boa oxigenação da água manteve, no geral, os valores médios de oxigênio dissolvido acima dos limite mínimo exigido pela legislação.

A condutividade elétrica obteve os valores mínimos de 52  $\mu\text{S/cm}$  e 57  $\mu\text{S/cm}$  para água de entrada e água de saída e máximos de 78  $\mu\text{S/cm}$  e 74  $\mu\text{S/cm}$ , respectivamente. Sipaúba-Tavares et al. (2007) trabalhando com viveiros sequenciais de produção semi-intensiva de peixes do Caunesp observou variação média entre 46 e 113  $\mu\text{S/cm}$  nos viveiros 3 (que abastece os tanques de criação de girinos) e 4 (que recebe o efluente do setor de ranicultura), respectivamente, no período de chuva. A mesma autora afirma que, quando os valores são altos, estes indicam grau de decomposição elevado e o inverso (valores reduzidos), acentuada produção primária.

O limite máximo para a turbidez em efluentes, segundo o CONAMA 357 (BRASIL, 2005) é de 100 NTU. O valor máximo obtido para a água de entrada foi de 20 NTU e para saída de 26 NTU, permanecendo, portanto, dentro da faixa permitida. Sipaúba-Tavares (1994) discute que, altos níveis de turbidez podem estar relacionados com a presença de argilas e matéria orgânica coloidal ou dissolvida, o que não foi observado no presente estudo.

A amônia e o nitrato se mantiveram bem abaixo do limite estabelecido pela legislação durante o período experimental. Apesar disso, a partir da coleta 2 (31 dias de experimento) as concentrações foram maiores na água de saída, com valores médios de 0,40 mg/L e 0,49

mg/L, respectivamente, evidenciando a decomposição da matéria orgânica e o rápido processo de nitrificação, devido à boa oxigenação dos tanques.

Sipaúba-Tavares et al. (2008) encontraram concentrações mais elevadas de amônia nos tratamentos contendo ração, atingindo o valor máximo de 2,36 mg/L. Para o nitrato foi observado maiores concentrações nos tratamentos sem ração, com valor máximo de 0,54 mg/L, no tratamento contendo somente alga.

Flores-Nava; Gasca-Leyva (1997) verificaram que as fezes de girino liberam altas taxas de amônia e fósforo no meio, conseqüentemente atingindo concentrações acima de 2,0 mg/L, o que não foi observado no presente estudo.

Os principais fatores que levam ao aumento de nitrogênio e fósforo na água são o alimento não digerido e as excretas dos organismos aquáticos. Segundo Hardy (2000), os ingredientes alimentares devem ter baixo teor de fósforo e serem de fácil digestão, uma vez que os organismos retêm apenas cerca de 25% do fósforo e que a maior parte é excretada como fezes (fósforo insolúvel) ou urina (fósforo solúvel).

Furuya (2007) salienta que o uso de pró-nutrientes como a fitase, melhora a utilização dos nutrientes e favorece a redução de suas perdas, os quais compõem o efluente. A utilização desta enzima em rações possibilita aumentar a digestibilidade da proteína e a disponibilidade de fósforo para o organismo, contribuindo com menor excreção no ambiente aquático.

As concentrações de fósforo total observado na água de abastecimento e do efluente encontram-se acima do recomendado pelo CONAMA (BRASIL, 2005). Os teores de fósforo encontrados no efluente podem estar relacionados com o alto teor de proteína (40%) da ração não consumida ou não digerida.

Esta quando não consumida, acarreta na lixiviação de seus nutrientes, disponibilizando-os para a coluna d'água. Além disso, a água de abastecimento (entrada), foi proveniente de um viveiro à montante do setor de ricultura que recebe os efluentes de tanques sequenciais de criação de peixes do Centro de Aquicultura da Unesp (CAUNESP).

Segundo estudo realizado por Macedo; Sipaúba-Tavares (2005), os seis viveiros do Caunesp, que são utilizados para a criação de peixes, recebem efluentes de tanques em paralelo. Estes foram classificados como eutrófico ou hipereutrófico. Os autores concluíram que a distribuição sequencial dos viveiros de criação de peixes estudada, favoreceu a um aumento gradativo das concentrações de nutrientes do viveiro 1 para o viveiro 6, conseqüentemente, aumentando o grau de eutrofização desses sistemas.

Os tanques de girinos do ranário que recebem o efluente do viveiro 3 e mais o aporte de nutrientes via alimentação com ração e as excretas dos animais cultivados, contribuem para

o aumento da eutrofização do viveiro subsequente, pois o efluente é lançado sem nenhum tipo de tratamento diretamente no viveiro 4.

Foram observados índices de mortalidades variando de 24 a 42 %, com média de 31% em todo período de cultivo, permanecendo dentro da normalidade, de acordo com Lima; Agostinho (1992).

Na coleta zero, valores elevados de  $DBO_5$  tanto na água de entrada quanto na água de saída teve relação com a ocorrência de chuva no dia anterior ao da coleta, ocorrendo um revolvimento do fundo do tanque e elevando assim a demanda por oxigênio na decomposição da matéria orgânica.

Os valores de  $DBO_5$  foram relativamente baixos, apesar de em alguns momentos permanecer acima da legislação. Pode estar relacionada com a presença de chuvas frequentes nesta época do ano, aumentando a quantidade de matéria orgânica em suspensão.

A DQO do efluente se manteve relativamente baixa em todo o período, exceto na coleta 4 (61 dias de experimento). Valente et al. (1997) demonstraram que um efluente é considerado biodegradável quando a relação DQO/DBO for menor que 5. Neste estudo, a relação média DQO/DBO do efluente no período todo obteve o valor 4.

Quanto à contaminação por *Escherichia coli*, ocorreram valores maiores que o permitido pela legislação ambiental para o efluente somente na coleta 1. Nas coletas 1, 4 e 5 os valores ultrapassaram o limite de 1000 NMP/100 ml na água de abastecimento dos tanques, indicando que a contaminação ocorre previamente, no viveiro que abastece os tanques. Podendo ocorrer um aumento na concentração devido a fatores externos aos tanques de criação e também ao aumento de nutrientes dissolvidos na água.

Segundo Pianetti et al. (2004) ocorre correlação entre o elevado número de coliformes fecais nos meses mais quentes e chuvosos do ano, com o aporte de matéria orgânica alóctone e a ressuspensão de sedimentos do tanque carregados de coliformes fecais.

Nas 48 horas anteriores aos das coletas (exceto a coleta 3) houve a ocorrência de chuvas (Apêndice 1), podendo interferir nos resultados de alguns parâmetros analisados. Tundisi (2005) salienta que este fator climático desempenha papel importante em relação à transparência, atuando também nas concentrações de nutrientes primários.

Nas últimas duas coletas (4 e 5) havia muitos imagos nos tanques, o que contribuiu para o aumento de sobra da ração e maior poluição da água. Observou-se também a presença de juvenis de tilápia em alguns tanques, provenientes da represa que os abastece.

Na Tabela 5 pode-se observar a qualidade de efluentes provenientes de diferentes atividades aquícolas, sendo que todos os organismos citados foram criados em tanques escavados, sem nenhum tipo de controle de temperatura, chuva e vento.

Tabela 5. Comparação entre os valores máximos das variáveis bióticas e abióticas encontradas nos efluentes de diferentes atividades da aquicultura com o presente trabalho.

Variáveis	Piscicultura (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2005) <sup>1</sup> (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2006) <sup>2</sup> (MACEDO et al., 2009) <sup>3</sup>	Carcinicultura (HENARES, 2008) <sup>1</sup> (PEREIRA, 2004) <sup>2</sup> (KEPPELER, 2005) <sup>3</sup>	Ranicultura (girinagem)
Condutividade elétrica (µS/cm)	96 <sup>2</sup>	70 <sup>2</sup>	74
OD (média) (mg/L)	8,40 <sup>2</sup>	4,63 <sup>2</sup>	6,15
P-total (mg/L)	0,25 <sup>2</sup>	0,29 <sup>1</sup>	1,88
Nitrato (mg/L)	0,13 <sup>2</sup>	0,62 <sup>3</sup>	0,68
Amônia (mg/L)	0,10 <sup>2</sup>	0,13 <sup>3</sup>	0,82
DBO (mg/L)	7 <sup>1</sup>	7 <sup>3</sup>	12
DQO (mg/L)	18 <sup>1</sup>	-	51
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)	4X10 <sup>6</sup> <sup>3</sup>	-	1,3X10 <sup>3</sup>

Os valores observados por Macedo; Sipaúba-Tavares (2005) foram obtidos em seis viveiros sequenciais de criação semi-intensiva de peixes do Centro de Aquicultura da Unesp. Os viveiros apresentaram-se em forma sequencial, onde a água de um passou diretamente para o outro e receberam água proveniente de outros tanques e viveiros menores dos setores de nutrição, ranicultura, piscicultura e carcinicultura. Os dados correspondem ao período de chuva (verão), o mesmo do presente estudo.

Sipaúba-Tavares et al. (2006) realizou o trabalho em três viveiros rasos de criação semi-intensiva de peixes, situados de forma sequencial, no Centro de Aquicultura da Unesp. Os dados correspondem aos meses de janeiro e outubro, período de chuva. Os viveiros foram classificados como mesotróficos.

Macedo et al. (2009) verificaram aspectos sanitários em viveiros de criação semi-intensiva de peixes com sistema de fluxo contínuo de água e disposição sequencial, no Centro de Aquicultura da Unesp. Os valores correspondem ao período de chuva para os coliformes fecais (*Escherichia coli*).

Os trabalhos realizados com carcinicultura, também foram desenvolvidos no Centro de Aquicultura da Unesp, em Jaboticabal, na mesma época do ano que ocorre a produção de girinos da rã-touro, assim como os outros organismos aquáticos citados. Pereira (2004) e Henares (2008) trabalharam com tanques de manutenção de reprodutores, já Keppeler (2005) com sistema semi-intensivo de crescimento final de camarão.

Podemos observar que os efluentes dos tanques dos girinos apresentaram maiores teores de fósforo total, nitrato e amônia quando comparado com os demais efluentes. A DBO e a DQO também foram superiores nos efluentes da criação de girinos. Já para a condutividade, oxigênio dissolvido e *E. coli*, os valores foram mais elevados nas outras atividades.

## 5. CONCLUSÃO

Nas condições em que este estudo foi desenvolvido, podemos concluir que:

- O efluente dos tanques de girinos de rã-touro tem um potencial poluidor, principalmente quanto à carga de fósforo no ambiente aquático, sendo este o principal responsável pela eutrofização de corpos d'água;
- Algumas variáveis do efluente dos tanques de girinos demonstraram valores muito próximos às demais atividades da aquicultura, como por exemplo, a piscicultura e a carcinicultura;
- Tornam-se necessários estudos para a remoção de compostos nitrogenados e fosfatados do efluente de tanques de girinos, devolvendo a água em condições apropriadas para o meio ambiente.

## 6. REFERÊNCIAS

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for examination of water and wastewater**, 21<sup>th</sup> ed. Washington, 2005. 1220 p.

BOYD, C.E. **Water quality in Warmwater fish Culture**. Auburn University, 1982. 359 p.

BOYD, C.E. **Water Quality: An Introduction**. Kluwer Academic Publishers, Norwell, 2000. 330 p.

BOYD, C. E.; HULCHER, R. Best managements practices established for channel catfish farming in Alabama. **AAES Highlights**, v. 1, p. 1-4, 2002.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília-DF, 2005. 23 p.

BROWNE, R. K.; POMERING M.; HAMER A. J. High density effects on the growth, development and survival of *Litoria áurea* tadpoles. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 215, n. 1-4, p. 109-121, 2003.

ELER, M. N.; ESPÍNDOLA, E. L.; ESPÍNDOLA, E. A. et al. Avaliação sócio-econômica dos empreendimentos de pesque-pague. In: **Avaliação dos impactos de pesque-pague: Uma análise da atividade na bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu**. Eler, M. N. Espíndola (org.). São Carlos: Rima. 2006, p. 31-75.

ELER, M., N.; MILLANI, T. J. Métodos de estudos de sustentabilidade aplicados a aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, p.33-44, 2007.

FERREIRA, C. M.; PIMENTA, A. G. C.; PAIVA NETO, J. S. 2002. Introdução à ranicultura. **Boletim Técnico do Instituto de Pesca**, São Paulo, v 33, 15 p.

FERREIRA, C. M. A importância da água e sua utilização em ranários comerciais. **Revista Panorama da Aquicultura**, v. 13, n. 79, p. 15-17, 2003.

FLORES-NAVA, A., GASCA-LEYVA, E. Use of artificial grazing substrates in bullfrog tadpole culture. **Aquaculture**, v. 152, p. 91-101, 1997.

FURUYA, W. M. Redução do impacto ambiental por meio de ração. In: SEMINÁRIO DE AVES E SUÍNOS, 7., 2007. Belo Horizonte; SEMINÁRIO DE AQUICULTURA, MARICULTURA E PESCA, 3., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Avesui, 2007. p. 121-139.

GOSNER, K.L. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. **Herpetologica**, v.16, n.2. p. 183-190, 1960.

HACH COMPANY. DR/2010. **Spectrophotometer Handbook**, Loveland, Co, Ed. 3, Rev. 5, 1991. 824 p.

HARDY, R. W. Advances in the development of low pollution feeds for salmonids. **Advocate**, v. 3, n. 2, p. 63-74, 2000.

HENARES, M., N., P. **Utilização de macrófitas aquáticas flutuantes no tratamento de efluentes de carcinicultura**. 2008. 81 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

KEPPELER, E. C. **Características limnológicas da água, sedimento e efluentes em viveiros de crescimento final do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*, submetidos a diferentes níveis de arraçoamento e tipos de despesas**. 2005. 95 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

LIMA, S. L., AGOSTINHO, C. A. **A tecnologia da criação de rãs**. Imprensa Universitária – UFV, Viçosa, 1992. 168 p.

LIMA, S., L.; CASALI, A., P.; AGOSTINHO, C., A. Desempenho Zootécnico e Tabela de Alimentação de Girinos de Rã-Touro (*Rana catesbeiana*) Criados no Sistema Anfigranja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.512-518, 2003.

MACEDO, C. F., SIPAÚBA-TAVARES, L. Variação de nutrientes e estado trófico em viveiros sequenciais de criação de peixes. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 405-411, 2005.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L.; AMARAL, L. A. Aspectos sanitários em viveiros de criação de peixes com disposição sequencial. **Magistra**, Cruz das Almas/BA, v. 21, n. 2, p. 73-80, 2009.

MORAIS, J. C. L. **Dinâmica da qualidade da água e comportamento alimentar de girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana*) em tanques de cultivo**. 2000. 56 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

PEREIRA, A., M., M. **Influência da velocidade de corrente no tratamento de efluentes de carcinicultura com a macrófita aquática *Pistia stratiotes***. 2004. 44 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

PEREIRA, J. S.; MESCADANTE, C. T. J; LOMBARDI, J. V.; CARUSO, N. P. P.; OSTI, J. A. S.; MIASHIRO, L.; EVANGELISTA, L. C. S. Caracterização da qualidade da água, através de fatores abióticos, da entrada e saída de um sistema de produção de rãs (*Rana catesbeiana Shaw*). In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu. **Anais...** Caxambu: Instituto de Pesca, 2007.

PIANETTI, A.; BRUSCOLINI, F.; SABATINI, L.; COLANTONI, P. Microbial characteristics of marine sediments in bathing área along Pesaro-Gabicce coast (Italy): a preliminary study. **Journal of Applied Microbiology**, v. 97, p. 682-689, 2004.

SAS. SAS 9.1 for windows, **Institute Cary**, North Carolina-USA: SAS Inc; 2006.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia aplicada à aquicultura**. Funep, São Paulo, 1994. 72 p.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; GOMES, J. P. F. S.; BRAGA, F. M. S. Effect of liming management on the water quality in *Colossoma macropomum* (“tambaqui”) ponds. **Acta Limnol. Brasil.**, v. 15, p. 95-103, 2003.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; BACHION, M. A.; COLUS, D. S. O. Estudos limnológicos em três viveiros de criação de peixes com fluxo contínuo de água. **Boletim Técnico do CEPTA**, Pirassununga, v. 19, p. 35-47, 2006.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; GUARIGLIA, C. S. T.; BRAGA, F. M. S. Effects of rainfall on water quality in six sequentially disposed fishponds with continuous water flow. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, n. 4, p. 643-649, 2007.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; MORAIS, J. C. L.; STÉFANI, M. V. Comportamento alimentar e qualidade da água em tanques de criação de girinos de rã-touro *Lithobates catesbeianus*. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 95-101, 2008.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. da. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no Ribeirão Lavapés/Botucatu – SP. **Eclética Química**, v. 22, p. 49-66, 1997.

TUNDISI, J. G. **Água do Século 21: Enfrentando a escassez**. Rima, São Carlos, 2003. 250 p.

TUNDISI, J. G. Gerenciamento integrado de bacias hidrográficas e reservatórios: estudos de caso e perspectivas. In: NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R.; JORCIN, A. (Ed.). *Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: Rima, v. 1, p 1-21, 2005.

## **CAPÍTULO III**

## CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ENTRADA E SAÍDA DO SETOR DE ENGORDA DE RÃ-TOURO (*Lithobates catesbeianus*)

Resumo: Com a expansão da ranicultura brasileira, há uma grande preocupação com a qualidade e quantidade de água disponível para tal fim, a maneira que ela é utilizada e sua poluição no ambiente. Com o intuito de garantir a disponibilidade dos recursos naturais para as próximas gerações, bem como para a produção de organismos aquáticos, o objetivo do presente estudo foi caracterizar a qualidade do efluente na fase de recria da rã-touro. Foram avaliados parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água de cultivo e seu respectivo efluente, comparando-se os dados com a legislação ambiental vigente. As coletas foram realizadas quinzenalmente em seis baias cobertas do Setor de Ranicultura do Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista, Câmpus Jaboticabal/SP. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com dois tratamentos (água de entrada e saída das baias) e seis repetições, num esquema em parcelas subdivididas, sendo as subparcelas as coletas no tempo. Todas as análises apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para os tratamentos e entre as coletas. Os valores médios de temperatura foram 30 °C para água de entrada e 28 °C para a de saída. O pH obteve valores médios de 8,01 para a água de abastecimento e 7,24 para o efluente. Os teores médios de oxigênio dissolvido da água de abastecimento dos tanques foram maiores (4,89 mg/L) que dos efluentes (1,23 mg/L), permanecendo fora da faixa recomendada pela legislação. Para condutividade, os valores médios da água de entrada e de saída foram 201,64 e 248,92  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente. A turbidez ultrapassou o valor máximo permitido pela legislação (100 NTU) na coleta 5, para o efluente (232,93 NTU), sendo maior do que a água de abastecimento, com valor médio de 0,42 NTU. As concentrações de fósforo total, amônia e nitrato foram significativamente maiores nos efluentes, em relação à água de abastecimento, permanecendo somente a amônia acima da recomendada pela legislação com valor médio de 6,94 mg/L. A DBO<sub>5</sub> foi significativamente maior no efluente (74,08 mg/L) das baias, encontrando-se bem acima do valor recomendado pela legislação (5 mg/L). A DQO também foi significativamente maior no efluente (378,36 mg/L) do que na água de abastecimento (10,0 mg/L). O número de *Escherichia coli* foi significativamente maior no efluente (11.953 NMP/100 ml) do que na de abastecimento (1,19 NMP/100 ml), permanecendo o efluente acima do permitido pela legislação desde a coleta zero (inicial). O manejo realizado para a engorda de rã-touro durante o período estudado provocou uma alteração na qualidade da água utilizada. As altas concentrações de compostos nitrogenados e fosfatados e também de sólidos totais, provenientes de restos de ração, peles e excretas, impossibilitam seu lançamento em ambientes aquáticos sem um tratamento prévio, podendo este efluente provocar uma eutrofização artificial no corpo d'água receptor. É necessária a utilização de tecnologias para minimizar o impacto ambiental causado pela atividade.

Palavras-chave: rã-touro, qualidade de água, poluição, sustentabilidade ambiental.

## CHARACTERISTICS OF WATER QUALITY OF INPUT AND OUTPUT OF SECTOR FATTENING OF BULLFROG (*Lithobates catesbeianus*)

Summary: As frog culture grows in Brazil, there is great concern with the quality and quantity of water available for this purpose, the way it is used and the impact on the environment to guarantee the availability of the natural resources for the coming generations, as well as the production of aquatic organisms, the objective of the present study was to characterize the effluent from bullfrog rearing ponds during the grow-out phase. Microbiological and physico-chemical parameters of culture water and its respective effluent were analyzed, of both treatments and the data were then compared to the values established by environmental regulations. Samples were collected bi-weekly in six covered bays in the frog culture Sector, Aquaculture Center, Sao Paulo State University, Campus Jaboticabal, SP. The experimental design was completely random with two treatments (bay inlet and outlet water) and six repetitions in a split plot, and the sub-plots samples collected over time. All the results were significantly different ( $p < 0,05$ ) for the treatments and along the period. Temperature mean values were 30C for inlet water and 28C for outlet water. Mean pH values were 8.01 and 7.24 for inlet and outlet water, respectively. Mean values of dissolved oxygen for inlet water were higher (4.89 mg/L) compared to effluent (1.23 mg/L), and within the range recommended by legislation. Electrical conductivity mean values were 201.64 and 248.92  $\mu\text{S}/\text{cm}$  for inlet and outlet water, respectively. Turbidity mean value was above the range allowed by the legislation (100 NTU) for effluent sample 5 (232.2 NTU), and it was higher than the inlet water, which presented a mean value of 0.42 NTU. Levels of total phosphorus, ammonia and nitrate were significantly higher in the effluents compared to inlet water, although only ammonia level was above the limit recommended by the legislation, with mean value of 6.94 mg/L. BOD<sub>5</sub> level was significantly higher in the bay effluents (74.08 mg/L), a value that was well above the one recommended by the legislation (5 mg/L). COD was also significantly higher in the effluent (378.36 mg/L) compared to inlet water (10.0 mg/L). The number of *Escherichia coli* was significantly higher in the effluent (11,953 NMP/100 ml) compared to supply water (1.19 NMP/100 ml), and it remained above the recommended value since the initial sample (sample zero). The management used in the grow-out ponds populated with bullfrog caused the water quality to change during the studied period. High concentrations of nitrogen and phosphate compounds, as well as total solids, resulting from leftover ration, skin and feces, made impossible to discard the effluent into any water body without previous treatment. In order to avoid eutrophication of the receiving water body it is necessary to use technologies in order to decrease the environmental impact caused by this activity.

Keywords: bullfrog, water quality, pollution, environmental sustainability.

## 1. INTRODUÇÃO

As rãs, por se tratarem de organismos dependentes da água, para eliminação de excretas, controle da temperatura corporal, respiração, reprodução, proteção e segurança, torna a qualidade deste recurso de suma importância na criação (FERREIRA; HIPOLITO (2001); HIPOLITO (2004).

A qualidade da água usada em criações de organismos aquáticos é um dos fatores essenciais para o sucesso desses empreendimentos. Na ranicultura, os animais deixam suas excretas na água, além de restos de pele oriundos de trocas constantes. Por isso, é importante a constante renovação da água e limpeza dos tanques e baias. Esses cuidados são imprescindíveis à prevenção e profilaxia de doenças, pois, quando uma doença se instala, a mortalidade é certa (FERREIRA, 2003).

Segundo o mesmo autor, a água deve ser de boa qualidade, sem coliformes fecais, metais pesados e ferro, com pH neutro, sendo preferencialmente de nascente ou poço artesiano. Recomendam-se locais com temperatura ambiente mais elevada, pois as rãs são animais ectotérmicos, apresentando crescimento mais acelerado em temperaturas mais altas.

Para manter a qualidade da criação, a água utilizada na ranário deve proceder de uma fonte própria e protegida, não receber carga poluidora de qualquer tipo, ter seus reservatórios protegidos e limpos periodicamente e apresentar quantidade suficiente para atender à demanda da criação e das atividades correlacionadas, como limpeza (HIPOLITO, 2006).

De acordo com o Código de Conduta para o Desenvolvimento Sustentável e Responsável da Ranicultura Brasileira (SEAP, 2004), os projetos de ranicultura devem contemplar o conhecimento da hidrografia local e primar pelo uso racional da água, para que sejam minimizados os impactos sobre os recursos hídricos bem como sobre os demais usuários. Não devendo ser construídos empreendimentos em áreas ecologicamente sensíveis de importância à preservação ambiental, como as áreas de preservação permanente (APPs).

O Instituto de Pesca sugere que a vazão necessária para instalação de ranários comerciais de 500 m<sup>2</sup> seja de 0,5 l/s (ABRAPOA, 2006), o que resulta em um montante de 43.200 litros ao dia. Porém este volume não deve ser descartado no corpo d'água receptor sem um tratamento prévio.

A qualidade dos efluentes deve ser periodicamente monitorada e os projetos devem prever a instalação de um sistema de tratamento desses efluentes. Deve-se buscar aumentar a eficiência dos alimentos, a fim de assegurar a redução das cargas de resíduos gerados pela atividade. A adoção de medidas que visem promover a diminuição e eliminação de doenças

com ações preventivas (manejo sanitário) e a manutenção de densidades populacionais eficientes e sustentáveis também é importante (Código de Conduta para o Desenvolvimento Sustentável e Responsável da Ranicultura Brasileira, 2004).

O principal impacto ambiental negativo observado nesta fase está relacionado à degradação da ração não consumida, liberando para a água os nutrientes, aumentando a concentração de nitrogênio e fósforo. A excreção dos animais (uréia) também liberada para água resulta no aumento da concentração de amônia. Restos de pele contribuem para aumento da quantidade de matéria orgânica (sólidos totais). Devido aos processos de nitrificação que ocorre dentro das baías, a quantidade de oxigênio dissolvido diminui drasticamente, chegando a níveis quase anóxicos.

Segundo Paiva Neto et al. (2001), Ferreira et al. (2002) e Hipólito (2004), a qualidade da criação está baseada na aplicação de boas práticas de criação animal, no qual os fatores que se destacam são: conhecimento técnico sobre a ranicultura, qualidades ideais do terreno (espaço), água em qualidade e quantidade, temperatura média do ambiente alta e constante, mão-de-obra treinada e responsável e projetos que contemplem um planejamento econômico.

Como impactos positivos da atividade podem estar associados a consórcios com modalidades agrícolas, como irrigação e, agropecuárias (consórcio girino-peixe ornamental) ou sistemas integrados de usos múltiplos. Também podem estar associado a um aspecto positivo social e econômico, as oportunidades de novas fontes de geração de renda e de trabalho (ELER; MILLANI, 2007), se conduzida de forma sustentável. Podendo o ranário agregar valores com recreação, gastronomia, excursões escolares, turismo rural, entre outras atividades.

Devido à necessidade de se conhecer esse efluente, o objetivo do presente estudo foi caracterizar a qualidade da água de entrada e saída do setor de engorda de rã-touro, avaliando-se os parâmetros físicos, químicos e, microbiológico, comparando os dados obtidos com a legislação ambiental vigente para padrões de lançamentos de efluentes para classe II – CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Local de Estudo**

O trabalho foi desenvolvido no Centro de Aquicultura da UNESP - Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal, no Setor de Ranicultura. Localizado a 21° 15' S e

48° 18' W de latitude e a 595 m de altitude.

O experimento foi realizado no período de 02 de novembro de 2009 a 18 de janeiro de 2010, com duração de 77 dias, até os animais atingirem o peso de abate (aproximadamente 250 g).

Foram utilizadas seis baias de engorda, cobertas, construídas de alvenaria e com 12m<sup>2</sup>. Cada baia possui um sistema individual de entrada e saída de água, com fluxo contínuo, sendo o volume das piscinas de aproximadamente 300-400 litros, construídas de acordo com Lima (1997) (Figuras 1 e 2).

A água que abastecia as baias de engorda foi proveniente de poço artesiano, localizado do lado de fora do Centro de Aquicultura, ficando próximo a fábrica de ração da universidade. No entorno do poço há pastagem de bovinos provenientes do hospital veterinário, que também fica próximo do local e, um pouco mais acima, há plantações de diversas culturas, provenientes de experimentos do departamento de agronomia da Unesp.



Figura 1. Vista do galpão de engorda do Setor de Ranicultura do Centro de Aquicultura da UNESP.

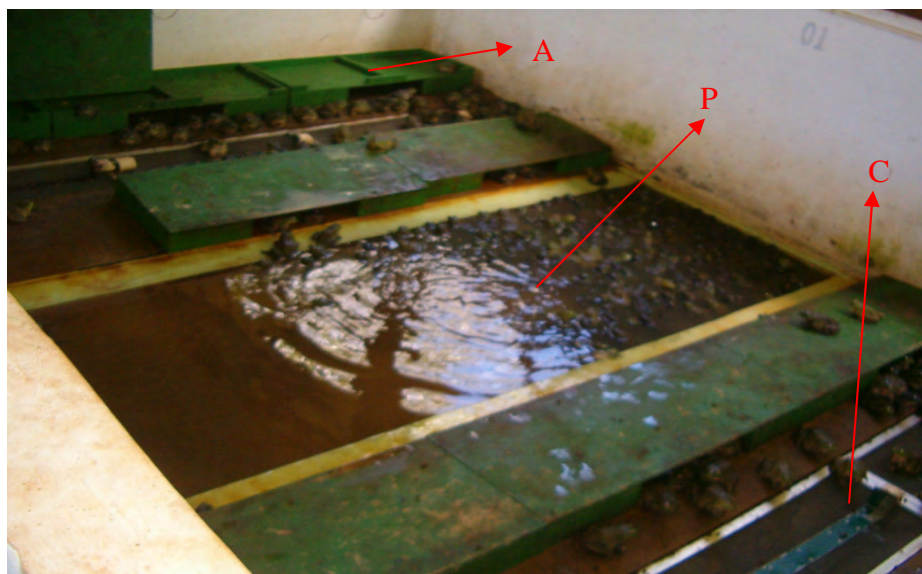


Figura 2. Detalhes da baia de engorda contendo piscina (P), cochos vibratórios (C) e abrigos (A).

## 2.2 Material Biológico

Foram utilizados 2.160 imagos de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*), provenientes de um ranário comercial do estado de São Paulo, com peso médio inicial de 19 g. Os animais foram distribuídos nas seis baias de engorda, na densidade de 30 animais/m<sup>2</sup>, totalizando 360 animais/baia.

Os animais foram mantidos sob as mesmas condições ambientais (Apêndice 3) e receberam o mesmo manejo e alimentação (ração comercial com 40% de proteína bruta) até atingirem o peso médio de 288 g.

A ração foi fornecida nos cochos vibratórios e a quantidade ajustada conforme a tabela proposta por Lima et al. (2003) para a fase de engorda (Apêndice 4).

Foram realizadas pesagens mensais de uma amostra equivalente a 10% do total de rãs de cada baia, para acompanhar o crescimento e ganho de peso dos animais, bem como ajustar a quantidade de ração fornecida. Foi utilizada uma balança com sensibilidade de 100g.

## 2.3 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o Inteiramente Casualizado; com dois tratamentos (água de entrada e saída das baias de engorda) e seis repetições, em um esquema em parcelas subdivididas, sendo as sub-parcelas as coletas no tempo.

## 2.4 Coletas das Amostras

As coletas da água de entrada e de saída (efluente) das baias de engorda foram realizadas quinzenalmente, pela manhã, por volta das 9:00 horas, antes da limpeza das mesmas. Sendo as coletas: zero (inicial), um (16 dias), dois (31 dias), três (46 dias), quatro (61 dias), cinco (76 dias).

A água da piscina foi homogeneizada com o auxílio de uma vassoura antes da coleta da amostra. Este instrumento é utilizado para auxiliar na limpeza das baias, sendo que cada uma possui a sua própria vassoura, procedimento que evita a disseminação de doenças.

Foram coletados 250 mL de amostra em frasco esterilizado (para a análise microbiológica) e 1500 mL de água em garrafa plástica do tipo PET (para as análises físicas e químicas) da entrada (torneira) (Figura 3) e do efluente (piscina) (Figura 4) de cada baia de engorda.

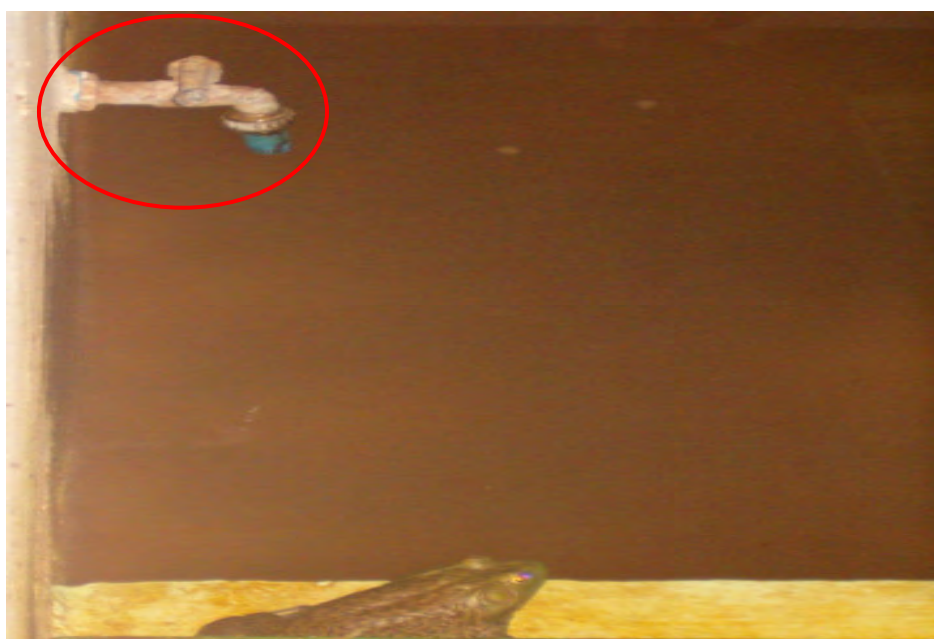


Figura 3. Torneira dentro da baia, por onde entra a água que abastece a piscina.



Figura 4. Piscina da baía, de onde foi coletado o efluente.

## **2.5 Análises das Variáveis Microbiológica, Físicas e Químicas da Água de Abastecimento e do Efluente**

### **2.5.1 Análises Microbiológicas**

Na análise microbiológica, a determinação do número mais provável (NMP) de *Escherichia coli* presentes em 100 mL de amostra, foi realizada conforme metodologia dos tubos múltiplos descrita em APHA (2005).

Para a análise da água de abastecimento, proveniente de poço e considerada potável, foi utilizada uma metodologia recomendada para análise de água destinada ao consumo humano. Consistiu na mesma sequência descrita para o efluente, porém para a inoculação da amostra, não há diluição em água peptonada. Utiliza-se 10 ml da amostra em 10 porções iguais contendo 10 ml de Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) em concentração dupla e a apresentação do resultado é determinado em uma tabela de NMP adequada descrita pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

Para o efluente foi utilizada a seguinte metodologia: na primeira etapa do método (fase presuntiva) foram preparadas três diluições sucessivas (0,1; 0,01 e 0,001 ml) de 1 ml da amostra em 9 ml de água peptonada a 0,1%. Cada diluição obtida foi inoculada em três tubos contendo 10mL de Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) com tubos de Durhan invertidos, os quais foram posteriormente incubados em estufa bacteriológica a 37°C por 24 a 48 horas.

Os tubos que apresentaram turvação e formação de gás no Caldo LST, tiveram alíquotas semeadas em tubos contendo 6 mL de Caldo *Escherichia coli* (EC), com tubos de Durhan invertidos. Os tubos com EC deixados em banho-maria de 44,5 °C durante 24 horas.

A positividade do teste foi observada pela turvação e produção de gás no interior dos tubos de Durhan. Os resultados foram analisados pela tabela do Número Mais Provável (NMP).

As análises foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

### 2.5.2 Análises Físicas e Químicas

Algumas variáveis foram medidas *in loco*, no Setor de Ranicultura do Centro de Aquicultura da UNESP. Para a temperatura e oxigênio dissolvido utilizou-se um oxímetro portátil da marca LUTRON; para o potencial hidrogeniônico e a condutividade elétrica, aparelhos manuais da marca PHTEK.

A vazão foi calculada pela velocidade de entrada e saída de água dos tanques, assegurando o tempo gasto para encher um recipiente contendo 1 litro de água, expresso em litros/segundo.

Para a determinação da Turbidez (NTU), foi utilizado um turbidímetro portátil modelo 2100P da marca HACH. As análises de turbidez foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

O fósforo total foi obtido pelo método 8180 (HACH, 1991) para água e águas residuárias, método Ácido Hidrolisável, descrito no manual do espectrofotômetro modelo DR-2010 da HACH. Os resultados obtidos com esta metodologia equivalem aos descritos no APHA (2005).

O nitrogênio amoniacal foi lido na forma de amônia pelo método colorimétrico. A coloração amarela formada pela reação de íons amônio com o reagente de Nessler é proporcional à concentração de amônia e a intensidade é quantificada em 425 nm no programa 380 do espectrofotômetro DR 2010 (HACH).

Os valores do nitrato foram obtidos pelo método 8039 (HACH, 1991) para água e águas residuárias, método de redução do Cádmio, empregando-se o reagente Nitriver 5, conforme descrita no manual do espectrofotômetro modelo DR-2010 da HACH.

As análises de fósforo total, amônia e nitrato foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

As leituras da Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $DBO_5$ ) foram obtidas através de Aparelho Modelo AL 320 que utiliza solução de hidróxido de potássio a 45% como reagente e sensores de pressão internos. As modificações de pressão dentro dos frascos de amostra hermeticamente fechados foram convertidas diretamente em DBO (mg/L). Os resultados equivalem aos obtidos na metodologia descrita em APHA (2005).

As análises de DBO foram realizadas no Núcleo de Estudo e Pesquisa em Matologia - NEPEAM da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

Os valores da Demanda Química de Oxigênio (DQO) foram obtidos por método colorimétrico, empregando-se espectrofotômetro modelo DR -2010 da HACH e bloco digestor para DQO de mesma marca. A metodologia descrita nos manuais do aparelho faz uso da digestão ácida em meio com dicromato de potássio e catalizadores, utilizando-se reta padrão existente na memória do aparelho. Os resultados obtidos com esta metodologia equivalem à descrita em APHA (2005).

As análises de DQO foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

Para a determinação dos sólidos totais foi utilizado uma estufa de secagem com ventilação forçada da marca FANEM. A amostra foi armazenada em um recipiente de alumínio com capacidade de 500 mL e, depois de completamente seca, pesada em balança digital com sensibilidade de 0,001 g. Posteriormente, foram realizados os cálculos para determinar as concentrações (mg/L). As análises foram realizadas no próprio Setor de Ranicultura do Centro de Aquicultura da Unesp, conforme metodologia descrita em APHA (2005).

## **2.6 Análises Estatísticas dos Dados**

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, para verificar se houve ou não diferença significativa entre os tratamentos.

Foi realizada análise de regressão para verificar o efeito polinomial das coletas no tempo, o software estatístico utilizado foi o SAS versão 9.1 (SAS Inc; 2006).

Os resultados das análises foram comparados com os padrões de qualidade dos efluentes, específicos para a classe de enquadramento em questão (Classe II), estabelecidos na legislação ambiental, para avaliação de conformidade com a resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

### 3. RESULTADOS

O peso médio das rãs medidas nos meses de novembro e dezembro de 2009 e janeiro (dias 07 e 27) de 2010 foram 19 g, 90 g, 218 g e 288 g, respectivamente. As médias do peso inicial (g), ganho de peso (g), conversão alimentar e sobrevivência (%) dos animais encontram-se no Apêndice 5.

As análises estatísticas das variáveis estudadas encontram-se na Tabela 1. Pode-se observar que todas as variáveis apresentaram diferença significativa ( $p < 0,01$ ) para os tratamentos e entre as coletas.

Os valores médios de temperatura foram significativamente menores ( $p < 0,01$ ) nos efluentes das baias de engorda, com valor médio de 28°C, em relação à água de abastecimento, com valor médio de 30°C (Tabela 2 e Figura 5A).

O pH do efluente também foi significativamente menor ( $p < 0,01$ ) em relação a água de abastecimento das baias, com valores médios de 7,24 e 8,01, respectivamente (Tabela 2 e Figura 5B).

A concentração média de oxigênio dissolvido foi significativamente ( $p < 0,01$ ) maior na água de abastecimento (4,89 mg/L) em relação ao efluente (1,23 mg/L) em todas as coletas, exceto na zero (inicial) (Tabela 2 e Figura 5C).

Houve diferença significativa ( $p < 0,01$ ) para a condutividade elétrica entre os tratamentos, exceto na coleta zero (inicial), sendo os valores médios de 202  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para a água de entrada e 249 202  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para a água de saída (Tabela 2 e Figura 5D).

A turbidez apresentou diferença significativa ( $p < 0,01$ ), sendo os valores maiores no efluente do que na água de abastecimento em todo o período. Os valores médios foram 0,42 e 66,14 NTU para a água de entrada e saída, respectivamente (Tabela 2 e Figura 6A).

Nas análises de *Escherichia coli* houve diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre os tratamentos em todas as coletas, tendo o efluente apresentado as maiores concentrações quando comparado com a água de abastecimento, apresentando valores médios de 11.953 e 1,19 NMP/100ml, respectivamente. Entre as diferentes coletas, somente houve diferença significativa no efluente (Tabela 2 e Figura 6B).

Tabela 1. Análises estatísticas das variáveis físicas, químicas e microbiológica da água.

ESTATÍSTICAS	VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS										
	T	pH	OD	Cond	Turb	PT	NH <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	DBO <sub>5</sub>	DQO	<i>E. coli</i>
F (TR)	203,29**	745,25**	1331,37**	87,18**	298,84**	313,00**	109,45**	127,79**	10156,3**	187,17**	1082,16**
F (CL)	3,46**	14,65**	194,00**	11,08**	396,01**	9,23**	26,59**	27,82**	65,15**	18,91**	31,21**
F (TRxCL)	4,46**	13,73**	106,94**	12,46**	395,17**	9,18**	26,62**	24,58**	70,00**	18,48**	23,24**
CV parcela (%)	1,83	1,58	13,00	9,54	55,83	46,80	84,63	66,83	8,21	58,83	21,12
CV subparcela (%)	1,82	0,95	8,40	7,98	19,86	65,93	50,74	40,69	13,85	57,39	13,13

\*\* significativo a 1% de probabilidade; \* significativo a 5% de probabilidade.

TR = tratamentos; CL = coletas; CV = coeficiente de variação.

T = temperatura; OD = oxigênio dissolvido; Cond = condutividade; Turb = turbidez; PT = fósforo total; NH<sub>3</sub> = amônia; NO<sub>3</sub> = nitrato; DBO<sub>5</sub> = demanda bioquímica de oxigênio; DQO = demanda química de oxigênio; *E. coli* = *Escherichia coli*.

Tabela 2. Valores médios das análises físicas, químicas e microbiológica da água de entrada (E) e de saída (S) das baias de engorda de rês-touro nas diferentes coletas.

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS	COLETAS (DIAS)					MÉDIA GERAL	EFEITO POLINOMIAL
		0 (1)	1 (16)	2 (31)	3 (46)	4 (61)		
Temperatura (°C)	E	29,53 a	30,35 a	30,02 a	29,75 a	30,50 a	29,98 a	4° grau **
	S	28,43 b	27,38 b	28,68 b	27,93 b	28,62 b	27,32 b	5° grau **
	MÉDIA GERAL	28,98	28,87	29,35	28,84	29,56	29,15	
pH	E	7,90 a	8,00 a	8,00 a	8,02 a	8,10 a	8,07 a	4° grau *
	S	7,37 b	6,98 b	7,18 b	7,23 b	7,33 b	7,32 b	5° grau *
	MÉDIA GERAL	7,63	7,49	7,59	7,63	7,72	7,69	
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	E	5,47 a	5,02 a	4,88 a	5,11 a	4,63 a	4,34 a	5° grau *
	S	5,34 a	0,57 b	0,64 b	0,74 b	0,38 b	0,32 b	4° grau **
	MÉDIA GERAL	5,41	2,79	2,76	3,12	2,51	2,33	
Condutividade Elétrica (µS/cm)	E	200,50 a	203,00 b	204,33 b	205,00 b	197,33 b	199,67 b	5° grau *
	S	201,00 a	230,50 a	231,33 a	258,00 a	271,00 a	301,67 a	1° grau **
	MÉDIA GERAL	200,75	216,75	217,83	231,50	234,17	250,67	
Turbidez (NTU)	E	0,34 b	0,30 b	0,28 b	0,57 b	0,59 b	0,44 b	3° grau **
	S	8,63 a	31,12 a	44,00 a	61,30 a	76,36 a	232,93 a	4° grau **
	MÉDIA GERAL	4,49	15,71	22,14	30,93	35,80	92,46	
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)	E	1,04 b	0,93 b	1,02 b	0,77 b	1,89 b	1,49 b	NS
	S	8,799 a	9,632 a	11,453 a	13,102 a	12,887 a	15,846 a	4° Grau *
	MÉDIA GERAL	4,919	5,283	6,237	6,937	7,388	8,666	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*\* significativo a 1% de probabilidade; \* significativo a 5% de probabilidade

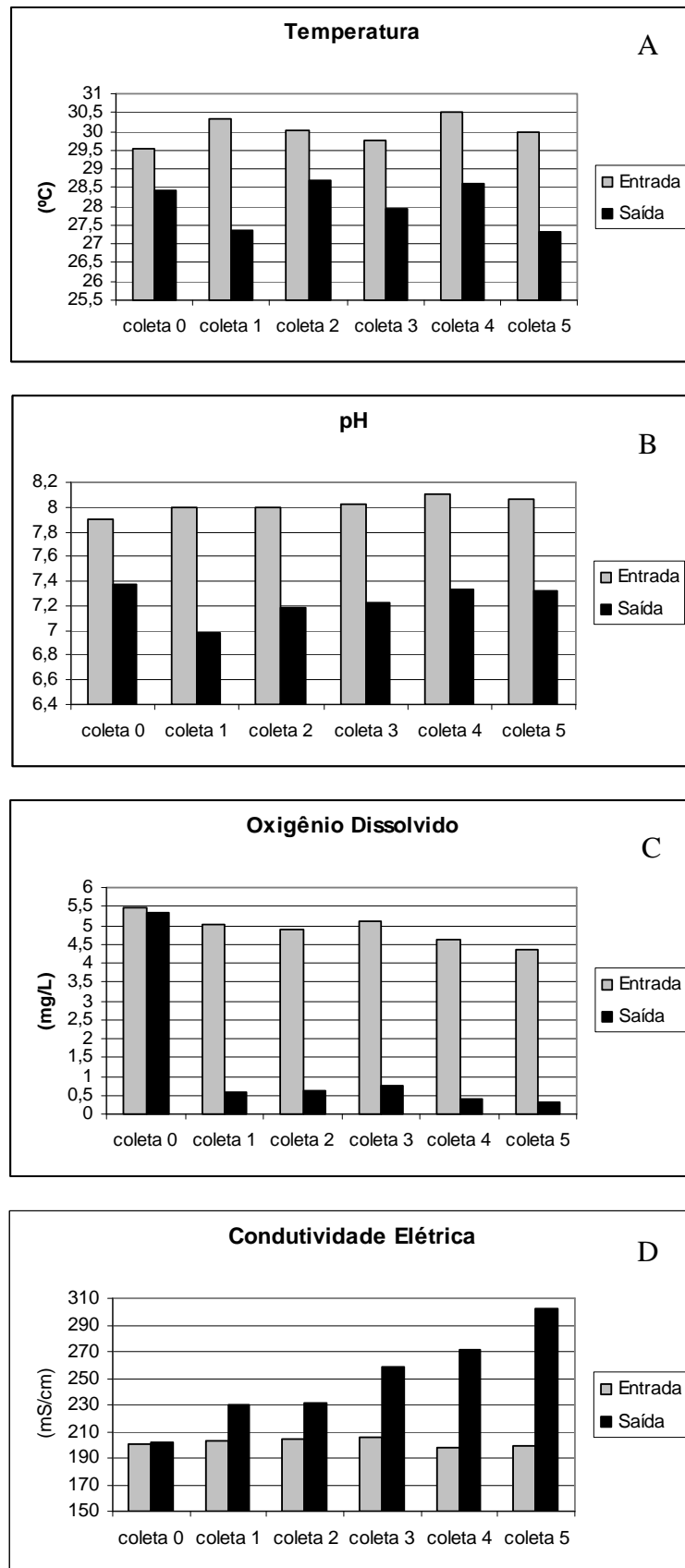


Figura 5. Comportamento entre as coletas e os tratamentos (água de entrada e saída das baias de engorda) para as variáveis; temperatura, pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica.

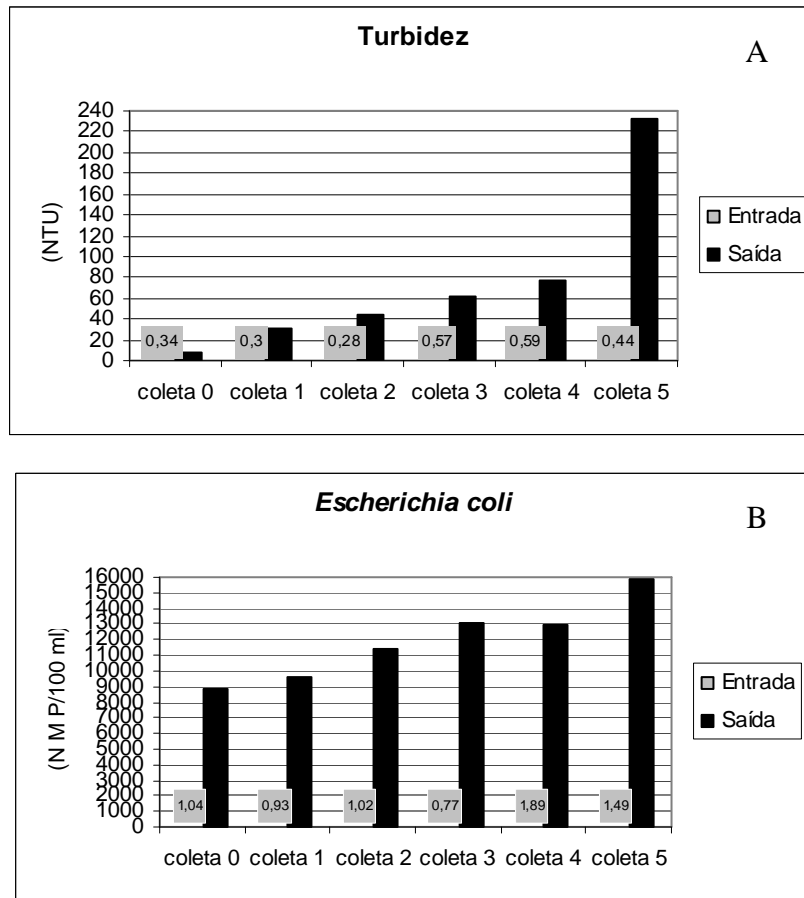


Figura 6. Comportamento entre as coletas e os tratamentos (água de entrada e saída das baias de engorda da rã-touro) para as variáveis; turbidez e *E. coli*.

As concentrações de fósforo total tiveram diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre os tratamentos. A partir da coleta 1, foram observadas concentrações maiores no efluente. Entre as diferentes coletas, somente houve diferença significativa no efluente (Tabela 3 e Figura 7A).

Os valores médios de amônia foram significativamente maiores ( $p < 0,01$ ) nos efluentes, em relação à água de abastecimento exceto na coleta inicial (zero), apresentando valores médios de 6,94 e 0,04 mg/L, respectivamente. Houve diferença significativa entre as diferentes coletas para ambos os tratamentos (Tabela 3 e Figura 7B).

As concentrações de nitrato também foram significativamente maiores ( $p < 0,01$ ) nos efluentes, em relação à água de abastecimento nas coletas 1, 2, 3, 4 e 5, apresentando valores médios de 2,37 e 0,14 mg/L, respectivamente. Houve diferença significativa entre as diferentes coletas para ambos os tratamentos (Tabela 3 e Figura 7C).

Para a  $DBO_5$  houve diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre os tratamentos, sendo os maiores valores do efluente (74,08 mg/L) do que na água de abastecimento (0,94 mg/l). Entre as diferentes coletas, houve diferença significativa para ambos os tratamentos (Tabela 3 e Figura 8A).

Para a DQO também foi observada diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre os tratamentos, exceto para a coleta inicial (zero), encontrando-se valores maiores para o efluente do que na água de abastecimento, apresentando valores médios de 378,36 mg/L e 10 mg/L, respectivamente. Também houve diferença significativa entre as diferentes coletas para ambos os tratamentos (Tabela 3 e Figura 8B).

Foram realizadas análises de sólidos totais para a água de saída (efluente) das baias, obtendo os seguintes valores médios: 217 mg/L, 245 mg/L, 285 mg/L, 293 mg/L, 335 mg/L e 817 mg/L para as coletas 0, 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente. A média obtida foi de 365 mg/L, ficando dentro do limite estabelecido pelo CONAMA, de 500 mg/L.

Não foram realizadas amostragens para a água de entrada, por esta ser proveniente de poço artesiano e, em geral, não possuírem sólidos em suspensão. Portanto, não foi realizada análise estatística deste parâmetro.

Na Tabela 4 podem-se observar as médias das variáveis da água de abastecimento e do efluente das baias de engorda de rã-touro, bem como compará-los com os valores máximos permitidos pela legislação ambiental CONAMA.

Tabela 3. Valores médios dos nutrientes, de demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>) e demanda química de oxigênio (DQO) da água de entrada (E) e de saída (S) das baias de engorda de rã-touro nas diferentes coletas.

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS	COLETAS (DIAS)					MÉDIA GERAL	EFEITO POLINOMIAL
		0 (1)	1 (16)	2 (31)	3 (46)	4 (61)		
Fósforo Total (mg/L)	E	0,06 a	0,07 b	0,10 b	0,08 b	0,09 b	0,05 b	NS
	S	0,07 a	3,65 a	7,67 a	8,66 a	7,07 a	9,41 a	2° Grau **
	MÉDIA GERAL	0,06	1,86	3,89	4,37	3,58	4,73	3,08
Amônia (mg/L)	E	0,03 a	0,02 b	0,008 b	0,12 b	0,04 b	0,02 b	5° Grau **
	S	1,01 a	3,89 a	6,07 a	7,26 a	8,72 a	16,80 a	3° Grau *
	MÉDIA GERAL	0,52	1,95	3,04	3,69	4,38	7,39	3,44
Nitrito (mg/L)	E	0,07 a	0,08 b	0,15 b	0,15 b	0,22 b	0,20 b	1° Grau **
	S	0,18 a	1,90 a	2,32 a	2,54 a	2,48 a	4,83 a	3° Grau **
	MÉDIA GERAL	0,13	0,99	1,23	1,23	1,35	2,52	1,24
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)	E	2,50 b	0,50 b	0,50 b	1,00 b	0,67 b	0,50 b	3° Grau **
	S	40,17 a	52,00 a	66,67 a	93,33 a	95,67 a	96,67 a	5° Grau *
	MÉDIA GERAL	21,33	26,25	33,58	47,17	48,17	48,58	37,51
Demanda Química de Oxigênio (mg/L)	E	3,83 a	6,17 b	11,33 b	13,17 b	21,50 b	4,00 b	4° Grau **
	S	70,67 a	175,50 a	242,50 a	384,83 a	580,67 a	816,00 a	2° Grau *
	MÉDIA GERAL	37,25	90,83	126,92	199,00	301,08	410,00	194,18

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*\* significativo a 1% de probabilidade; \* significativo a 5% de probabilidade; NS = não significativo.

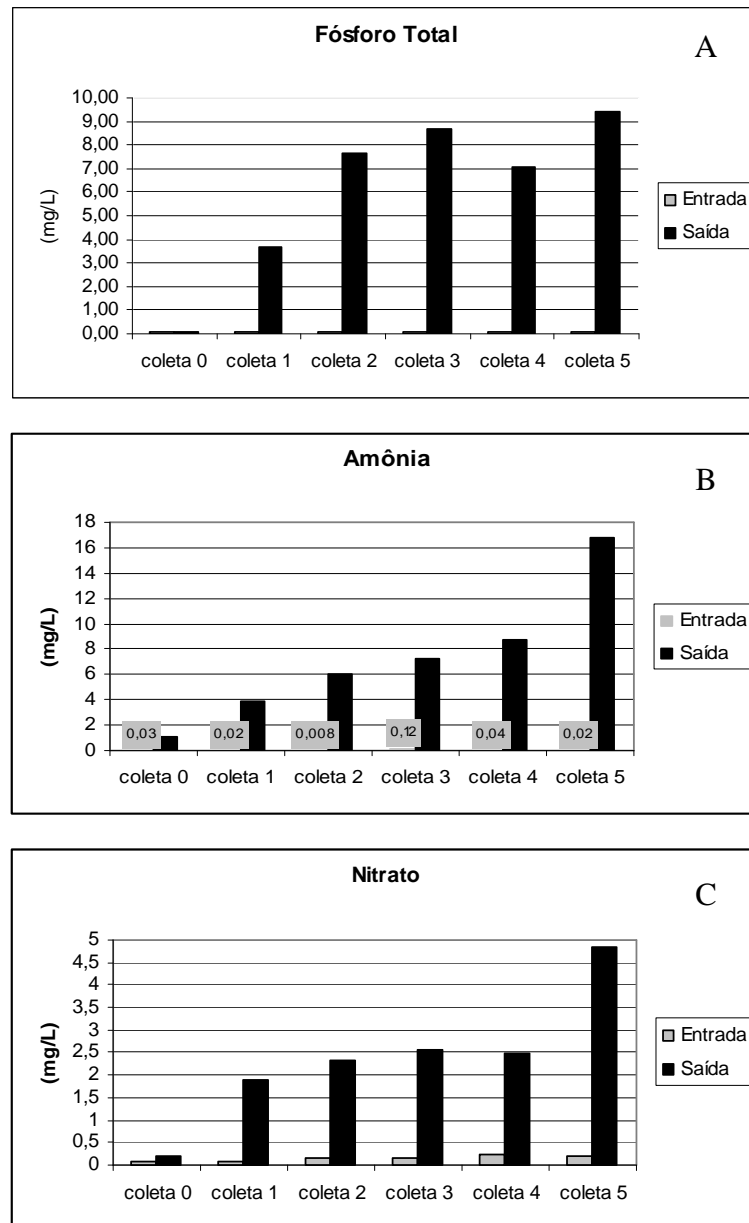


Figura 7. Comportamento entre os tratamentos (água de entrada e saída das baias de engorda da rã-touro) e as coletas para as variáveis; fósforo total (PT) amônia ( $\text{NH}_3$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3$ ).

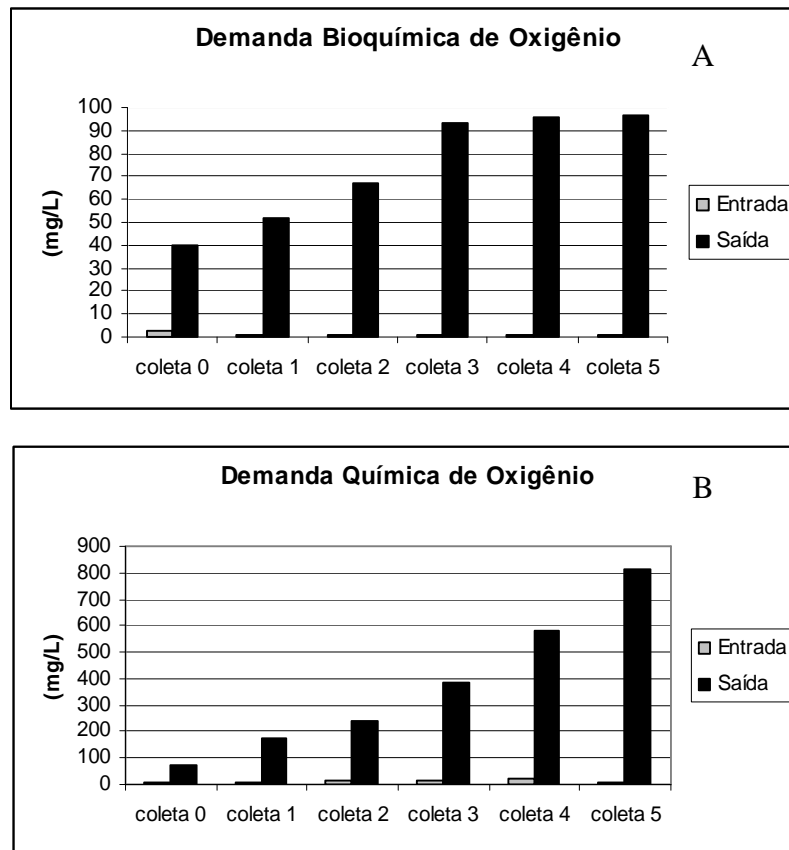


Figura 8. Comportamento entre as coletas e os tratamentos (água de entrada e saída das baias de engorda da rã-touro) para as variáveis  $DBO_5$  (demanda bioquímica de oxigênio) e DQO (demanda química de oxigênio).

Tabela 4. Médias das variáveis bióticas e abióticas dos tratamentos ao longo do tempo comparado com a legislação ambiental.

Variáveis	Valores médios + desvio padrão dos tratamentos		CONAMA 357 <sup>1</sup> Classe II V.M.P.
	Entrada	Saída	
Temperatura (°C)	30,02 ± 0,60	28,23 ± 0,66	40
pH	8,01 ± 0,09	7,24 ± 0,16	6,0 a 9,0
Oxigênio dissolvido (mg/L)	4,89 ± 0,40 *	1,23 ± 1,77 *	≥ 5,0
Condutividade (µS/cm)	201,64 ± 3,54	248,92 ± 40,84	-
Turbidez (NTU)	0,42 ± 0,18	66,14 ± 67,10	100
Fósforo Total (mg/L)	0,07 ± 0,04 *	6,09 ± 4,16 *	0,030 3,7 para pH ≤ 7,5
Amônia (mg/L)	0,04 ± 0,05	6,94 ± 5,31 *	2,0 para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 para 8 < pH ≤ 8,5 0,5 para pH > 8,5
Nitrato (mg/L)	0,14 ± 0,12	2,37 ± 1,59	10,0
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	0,94 ± 1,01	74,08 ± 23,70 *	5,0
DQO (mg/L)	10,00 ± 7,67	378,36 ± 296,24	-
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)	1,19 ± 0,92	11.953,04 ± 2,56 *	1.000

V.M.P. = Valor Máximo Permitido  
<sup>1</sup> (BRASIL, 2005)

\*Valores em desacordo com a legislação

#### 4. DISCUSSÃO

A temperatura média da água das baías se manteve ideal para a criação de rãs em todo o período, sendo as médias de 30 °C para a entrada e 28 °C para a saída. Pereira et al. (2007) em levantamento realizado em ranário comercial do Estado de São Paulo, durante um ciclo de produção de rãs, encontraram as temperaturas médias para a água de abastecimento e para o efluente de 24 °C, para ambas.

O valor médio de pH se manteve dentro do limite aceitável pela resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), sendo os valores médios da água de abastecimento de 8,01 e do efluente 7,24, ocorrendo uma diminuição devido ao processo de nitrificação da amônia. Pereira et al. (2007), encontraram valores variando entre 6,2 e 6,7 para ambos, durante o ciclo de produção.

O oxigênio dissolvido em alguns momentos (coletas 2, 4 e 5) entra no sistema com valor pouco abaixo do permitido pela resolução, porém, as concentrações do efluente excederam em muito a mínima exigida. Com exceção da coleta zero, as subsequentes apresentaram valores abaixo de 1,00 mg/L, sendo o mínimo encontrado de 0,32 mg/L. Melhores resultados foram encontrados por Pereira et al. (2007) nos efluentes, com valor mínimo de 4,37 mg/L e, 4,78 mg/L para a água de abastecimento.

Porém, se comparar as vazões do levantamento feito por Pereira et al. (2007), com valor médio de 0,064 L/s para a água de entrada e saída das baías, com o presente estudo, de 0,030 e 0,022 L/s, para água de abastecimento e efluente das baías. Pode-se observar que a circulação da água foi bem menor, podendo colaborar para a baixa concentração de oxigênio dissolvido nas baías.

Para condutividade elétrica, os valores obtidos foram superiores àqueles observados por Pereira et al. (2007), que encontraram valores máximos de 44  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 136  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para a entrada e saída de água, respectivamente. No presente trabalho foram encontrados valores máximos de 205  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 302  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para águas de entrada e saída, respectivamente.

A variável turbidez somente extrapolou os limites estabelecidos pelo CONAMA para o efluente na coleta 5, com 233 NTU (Figura 9). Os efluentes das outras coletas permaneceram dentro do exigido pela legislação, que é de 100 NTU.



Figura 9. Frasco de coleta para análise microbiológica, a cor da água de abastecimento (esquerda) difere muito do efluente (direita)

Duda; Oliveira (2009) encontraram o valor de  $9,0 \times 10^4$  NMP/100 ml para *Escherichia coli* no efluente de suinocultura tratado em reator anaeróbico, superiores à água residuária *in natura* da ranicultura, com valores médios de  $1,1 \times 10^4$ .

Mouriño et al. (2005) isolando o agente patogênico causador de mortalidade em imagos do Centro de Aquicultura da Unesp, Câmpus Jaboticabal, constataram ser a *E. coli* o principal responsável pelo surto. Segundo Nataro; Kaper (1998) essa bactéria é um habitante do trato intestinal desses animais.

Em todas as baias foi constatada a presença de muitas moscas (Figura 10), podendo estas servir de veículo de contaminação de coliformes fecais (*E. coli*), oriundas das fezes de animais homeotérmicos (reservatório primário), presente nas imediações do ranário, podendo contaminar a água das baias e, sendo as rãs um agente dispersor dessas bactérias no meio.

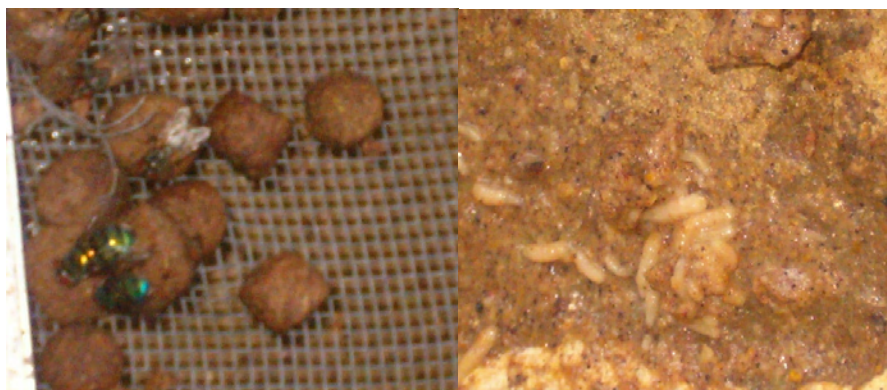


Figura 10. Moscas sobre a ração, no cocho (à esquerda) e larvas das moscas no piso da baia (à direita).

Os imagos provenientes do ranário comercial provavelmente podem já terem vindos contaminados por coliformes fecais. A população desses microorganismos pode ter aumentado devido à piora na qualidade da água das baías, rica em nutrientes, com o passar do tempo.

A presença de alto número de *Escherichia coli* no efluente da engorda da rã-touro pode ter tido como origem, além da contaminação prévia dos animais, outras fontes difusas de poluição fecal no local de recria. Tais como moscas e outros insetos, roedores, pássaros, animais domésticos ou selvagens. Outras possíveis fontes de contaminação seriam a vassouras utilizadas para homogeneização das baías, uma vez que estas não foram desinfetadas no início do experimento.

Biudes (2007) avaliando os efluentes de viveiros de reprodutores de *Macrobrachium rosenbergii* nos meses de novembro, dezembro e janeiro, os mesmos do presente experimento, encontrou as respectivas cargas para fósforo total: 1,20 g/dia, 1,08 g/dia e 1,37 g/dia. Na recria da rã-touro foram encontradas as respectivas cargas para fósforo total: 1,12 g/dia, 4,89 g/dia e 4,94 g/dia, nos mesmos meses citados anteriormente. Pode-se observar que no final da engorda a carga de nutrientes é maior na criação da rã do que a encontrada na do camarão, considerando o volume das baías de 300 litros/dia.

Eler; Espíndola (2006) trabalhando com viveiros de 100 pesque-pagues da bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu, encontraram as seguintes concentrações de nutrientes: 5,20 mg/L para nitrato e 6,70 mg/L para amônia. A concentração média de amônia do efluente das baías do presente estudo foi de 6,94 mg/L e a de nitrato 2,37 mg/L. O baixo valor de nitrato pode ser explicado pela falta de oxigênio suficiente para que as bactérias pudessem completar o ciclo do nitrogênio (amônia-nitrito-nitrato).

Bezerra et al. (2002) caracterizando efluentes agroindustriais do Mato Grosso do Sul, observaram em Matadouro/Frigorífico as características médias do efluente bruto tratado por meio de sistemas de lagoas de estabilização encontrando para o parâmetro DBO o valor de 71,4 mg/L e, em abatedouro de aves, cujo efluente bruto foi tratado da mesma forma, obteve a concentração de 78 mg/L de DBO. Estes valores foram próximos aos encontrados no efluente bruto (sem tratamento) das baías de engorda de rã-touro, com valor médio de 74 mg/L para DBO.

Para a água residuária de suinocultura tratada em reator anaeróbio por batelada foram determinados os valores referentes à DQO de 2.756 mg/L e de sólidos totais de 1.553 mg/L, considerando o tempo de detenção hidráulica de 96 h, que corresponde ao

melhor tratamento, com eficiência de remoção de 84 e 85%, respectivamente (DUDA; OLIVEIRA, 2009). No presente trabalho a maior média de DQO foi 816 mg/L e para sólidos totais 817 mg/L, ambas obtidas na última coleta, sendo ambas inferiores aos efluentes tratados da suinocultura.

Um efluente é considerado biodegradável quando a relação DQO/DBO for menor que 5 e este fato permite estimar a DBO por meio da DQO (VALENTE et al., 1997). Na engorda da rã-touro, à medida que os animais vão crescendo a qualidade da água vai se deteriorando, aumentando o valor desta relação. Porém, na média das coletas o efluente foi biodegradável, obtendo o valor 5 na relação DQO/DBO, evidenciando uma biodegradabilidade da matéria orgânica presente na água residuária da ranicultura, ainda que poluída.

A quantidade de sólidos totais no efluente das baias de engorda teve um aumento gradativo ao longo do período amostrado. O valor médio encontrado, de 365 mg/L, foi próximo ao do efluente da Estação de Tratamento de Esgotos de Bueno de Andrada/SP (SCALIZE et al., 2002) de 420 mg/L (Tabela 5).

Esses sólidos totais na água são oriundos de sobras de ração que caem na água, apesar da boa conversão alimentar obtida (Apêndice 4), presença de fezes e pele dos animais na água das baias de engorda.

Tabela 5. Comparação das variáveis físicas, químicas e microbiológica da água da Estação de Tratamento de Esgotos de Bueno de Andrada/SP (ETE) com o presente trabalho (valores médios).

Variáveis	Afluente ETE	Efluente ETE	Efluente - Recria Ranicultura
DQO (mg/L)	895	15	378
DBO (mg/L)	402	6	74
pH	7,1	7,0	7,2
Condutividade ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	675	580	249
Sólidos totais (mg/L)	800	420	365
Oxigênio dissolvido (mg/L)	-	6,6	1,23
Turbidez (NTU)	-	4,7	66,1
Amônia (mg/L)	38,69	0,40	6,94
Nitrato (mg/L)	0,78	8,20	2,37
Fósforo Total (mg/L)	10,0	4,8	6,1
<i>Escherichia coli</i> (NPM/100 mL)	$2,0 \times 10^6$	0,33	$1,1 \times 10^4$

As características do efluente gerado pela atividade aquícola são bastante semelhantes às daquelas de efluente doméstico, apresentando elevada DBO e grandes concentrações de sólidos em suspensão, compostos nitrogenados e fosfatados. Esta similaridade permite uma analogia dos impactos provocados pelos cultivos, contribuindo para a eutrofização dos corpos d'água (ZANIBONI FILHO, 1999).

A adição de resíduos de alimentos, fertilizantes, pesticidas, antibióticos e cloro tendem a aumentar os valores de sólidos em suspensão, partículas de nutrientes orgânicos e compostos inorgânicos, tais como, amônia, nitrato, nitrogênio, fósforo, além de influenciar a demanda bioquímica de oxigênio (STANLEY, 2000).

Os coliformes e outros indicadores fecais devem ser suplementados com indicadores adicionais, como o monitoramento da rede de esgoto, conhecimento sobre o escoamento e infiltração da água de chuva e superficial ao solo, manejo de animais, higiene e trânsito de pessoas, entre outros. Compensando a amplitude da poluição diversificada, possivelmente presente, por exemplo, em águas naturais, em áreas

alagadas e abertas, lagos, represas e em sistemas diversos de criação de organismos aquáticos (PÁDUA, 2003).

Alguns parâmetros analisados na água de entrada, que apesar de ser proveniente de poço artesiano, tinha seus valores alterados, podendo-se atribuir à infiltração de água de escoamento e de chuva ao solo nas proximidades do poço, tendo em vista as características de seu entorno.

## 5. CONCLUSÃO

Nas condições em que o estudo foi desenvolvido podemos concluir que:

- O manejo utilizado no setor de engorda de rã-touro altera a qualidade da água utilizada, principalmente, em relação a compostos nitrogenados e fosfatados.

- Das variáveis estudadas, os teores de oxigênio dissolvido, amônia, fósforo total, a demanda bioquímica de oxigênio e o número de coliformes fecais (*E. coli*) encontraram-se em desacordo com a legislação ambiental, podendo este efluente causar um impacto negativo no corpo d'água receptor.

- Este tipo de efluente deve ser tratado antes de ser lançado, para isto, estudos devem ser realizados para testar os métodos de tratamento disponíveis, a fim de adequar aos padrões de lançamento para águas destinadas à aquicultura.

- Para colaborar com a sustentabilidade da atividade também é necessária a aplicação de boas práticas de manejo nos ranários, a fim de se evitar a poluição e a contaminação dos animais e garantir a biossegurança alimentar.

## 6. REFERÊNCIAS

ABRAPOA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PATOLOGISTAS DE ORGANISMOS AQUÁTICOS. Ranicultura. **Boletim Eletrônico**, 2006. Disponível em: <<http://www.abrapoa.org.br/boletimeletronico/n13/index.html#oque>>. Acessado em: 26 de março de 2010.

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for examination of water and wastewater**, 21<sup>th</sup> ed. Washington, D.C. 2005. 1085 p.

BEZERRA, L. P.; BARBEDO, A. G. A.; IDE, C. N.; IMOLENE, L. M., OLIVEIRA, K. R. F.; CASTRO, R. A. Efluentes agroindustriais em Mato Grosso do Sul – características. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO OESTE, 2., 2002, Campo Grande. **Anais...** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Disponível em: <[http://www.abrh.org.br/novo/ii\\_simp\\_rec\\_hidric\\_centro\\_oeste\\_campo\\_grande72.pdf](http://www.abrh.org.br/novo/ii_simp_rec_hidric_centro_oeste_campo_grande72.pdf)> Acessado em: 02 de abril de 2010.

BIUDES, J. F. V. **Uso de *wetlands* construídas no tratamento de efluentes de carnicultura**. 2007. 103 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília-DF, 2005. 23 p.

DUDA, R. M.; OLIVEIRA, R. A. Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reator anaeróbio operado em batelada seqüencial. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.14, n.4, 2009.

ELER, M. N.; ESPÍNDOLA, E. L. G. **Avaliação dos impactos de pesque-pague: uma análise da atividade na bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: RiMa, p 116, 2006.

ELER, M. N.; MILLANI, T. J. Métodos de estudos de sustentabilidade aplicados a aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, p.33-44, 2007.

FERREIRA, C. M.; HIPOLITO, M. Qualidade da Água. In: ENCONTRO NACIONAL DE RANICULTURA, 11., 2001, Bragança Paulista. **Anais...** Bragança Paulista: Academia Brasileira de Estudos Técnicos em Ranicultura (ABETRA) - Ranário Beija-Flor, 2001, p. 58-62.

FERREIRA, C., M.; PIMENTA, A. G. C.; PAIVA NETO, J. S. Introdução à ranicultura. **Boletim Técnico do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 33, p. 1-13, 2002.

FERREIRA, C., M. A importância da água e sua utilização em ranários comerciais. **Revista Panorama da Aquicultura**, v. 13, n. 79, p. 15-17, 2003.

HACH COMPANY. DR/2010. **Spectrophotometer Handbook**, Loveland, Co, Ed. 3, Rev. 5, 1991. 824p.

HIPOLITO, M. Manejo sanitário no cultivo de rã. In: RANZANI-PAIVA, M. J. T.; TAKEMOTO, R. M.; LIZAMA, M. A. P. (orgs.). **Sanidade de organismos aquáticos**. São Paulo, Ed. Varela, p. 333-353, 2004.

HIPOLITO, M. Qualidade dos produtos da aquicultura – ranicultura. In: SILVA-SOUZA, A. T. (org.). **Sanidade dos organismos aquáticos no Brasil**. Maringá, PR: **Associação Brasileira de Patologia de organismos Aquáticos (Abrapoa)**, 2006, p. 353-367, 387 p.

LIMA, S. L. **Criação de rãs (Sistema Anfigranja)**. Viçosa, CPT. Manual Técnico n. 3, 1997. 48 p.

LIMA, S. L.; CASALI, A. P.; AGOSTINHO, C. A. Desempenho Zootécnico e Percentual de Consumo de Alimento de Rã-Touro (*Rana catesbeiana*) na Fase de Recria (Pós-Metamorfose) do Sistema Anfigranja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.505-511, 2003.

MOURIÑO, J. L. P.; URBANO, T.; MARTINS, M. L.; FENERICK, J. Jr.; SCHOCKEN-ITURINO, R. P.; STÉFANI, M. V. Isolamento e caracterização de possível agente patogênico causador de mortalidade em imagos de *Rana catesbeiana* Shaw, 1802. **ARS Veterinária**, v. 21, p. 160-163, 2005.

NATARO, J. P.; KAPER, J. B. Diarrheagenic *Escherichia coli*. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 11, p. 142-201, 1998.

PÁDUA, H. B. Informações sobre os coliformes totais/fecais e alguns outros organismos indicadores em sistemas aquáticos – aquicultura. 23ª Procuradoria de Justiça Criminal de Goiás, **Caderno de Doutrina Ambiental**, 20 p, 2003.

PAIVA NETO, J. S. PIMENTA, A. G. C.; FERREIRA, C. M. Noções básicas sobre criação de rãs. In: ENCONTRO NACIONAL DE RANICULTURA, 11., Bragança Paulista, 2001. **Anais...** Bragança Paulista: ABETRA/Ranário Beija-Flor, 2001, p. 44-53.

PEREIRA, J. S; MERCANTE, C., T., J.; LOMBARDI; J., V.; CARUSO, N., P., P.; OSTI, J., A., S.; MIASHIRO, L.; EVANGELISTA, L., C., S. Caracterização da qualidade da água, através de fatores abióticos, da entrada e saída de um sistema de produção de rãs (*rana castebeiana shaw*). In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu. **Anais...** Caxambu, 2007.

SAS. SAS 9.1 for windows, **Institute Cary**, North Carolina-USA: SAS Inc; 2006.

SCALIZE, P., S.; SITA, W.; LEITE, W., C. de A. Desempenho de uma estação de tratamento de esgoto pelo processo de lodos ativados operando por batelada. **Boletim do Departamento Autônomo de Água e Esgotos de Araraquara (DAAE-Araraquara/SP)**, 2002.

SEAP/PR (Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca). **Código de conduta para o desenvolvimento sustentável e responsável da ranicultura brasileira**. Brasília. 14p. 2004.

STANLEY, D. L. Nacen técnicas acuícolas que protegen al medio ambiente. **Panorama Acuícola**, v. 5, n. 3, p. 20-21, 2000.

VALENTE, J. P. S., PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. da. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no Ribeirão Lavapés/Botucatu – SP. **Eclética Química**, v. 22, p. 49-66, 1997.

ZANIBONI FILHO, E. O impacto ambiental de efluentes da piscicultura. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 3., Campinas. **Anais...** Campinas, 1999. p. 1-13.

## RECOMENDAÇÕES

A aquicultura é uma atividade cada vez mais necessária como complementação à pesca. Com a crescente diminuição dos estoques pesqueiros em todo o mundo, devido à poluição, as mudanças climáticas, a capacidade de suporte dos ecossistemas aquícolas e, também, a alta demanda por alimentos, aumenta a necessidade de se produzir biomassa animal em grandes escalas e em menores espaços e tempo.

Dessa maneira, produzir os organismos aquáticos poluindo os recursos naturais não estaria resolvendo o problema da falta de alimento. Fica evidente a necessidade de uma aquicultura sustentável visto a sua responsabilidade em suprir tais demandas.

Porém, nem todas as técnicas de criação têm consequências ambientais negativas, podem ser benéficas quando há um manejo ambiental e socioeconômico. Assim como na agroecologia, há a necessidade de se criar um conceito de “aquiecologia”, baseado no manejo integrado e na utilização racional dos recursos naturais, reutilizando os insumos e resíduos da produção de um sistema em outro.

Dentre as várias formas de se produzir organismos aquáticos, os sistemas intensivos são os mais impactantes, pois utilizam altas densidades de estocagens e grandes quantidades de rações, produtos químicos e antibióticos. Porém, existem outras menos agressivas, em que é possível aliar duas ou mais espécies em um único espaço, como os policultivos.

Quanto aos efluentes gerados é possível utilizá-lo para irrigação em canteiros agrícolas, obedecendo aos padrões de lançamento da legislação ambiental. Nos sistemas fechados, onde há uma recirculação da água com utilização de biofiltros, ocorre uma economia significativa no uso de água limpa, com a reutilização da água residuária tratada.

Outra técnica de mitigação dos impactos ambientais negativos são os tratamentos dos efluentes antes de serem lançados no corpo d’água receptor. Utilizando-se macrófitas aquáticas ou *wetlands*, e até mesmo reatores e biodigestores, mas estas duas últimas técnicas são utilizadas para águas residuárias com cargas maiores de poluentes, necessitando ainda serem testadas na aquicultura.

Porém, as técnicas mais conhecidas como forma de redução de impactos são as boas práticas de manejo (BPM), que consistem na aplicação de métodos de controle de poluição. Estas são referentes à estrutura do empreendimento, cobertura vegetativa e manejos alimentares e sanitários.

A qualidade da criação de rãs está baseada na aplicação de boas práticas de criação animal<sup>1</sup> e todos os procedimentos estão alicerçados em três bases de manejo: zootécnico (crescimento e fecundidade dos animais e eclodibilidade dos ovos), alimentar (formulação e conservação adequada da ração e quantidade ofertada) e higiênico-sanitário (instalações físicas – limpeza e desinfecção, qualidade e fluxo da água, uso de produtos químicos, controle de animais invasores e da densidade de estocagem e responsabilidade dos tratadores). Tais práticas visam à prevenção de doenças e uma boa produção, garantindo a qualidade do produto para o consumidor (biossegurança alimentar).

Entretanto, uma quarta base de manejo complementar à qualidade da ranicultura e outras atividades da aquicultura, a ambiental. Visando a racionalização do uso de insumos, como água e energia, reutilização e reciclagem de materiais, tratamento dos efluentes, controle de escape dos animais e reflorestamento das matas ciliares.

Pode ser integrado à Educação Ambiental, para que as pessoas que desempenham esta atividade tenham uma consciência da importância das questões ambientais na sustentabilidade da atividade exercida e da segurança do alimento produzido.

<sup>1</sup> HIPOLITO, M. (2006).

Apêndice 1 – Tabela de dados meteorológicos (temperatura e precipitação) da Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal/SP no período estudado da criação de girinos (fase I).

DIAS	TEMPERATURA MÉDIA DIÁRIA (°C)			PRECIPITAÇÃO TOTAL DIÁRIA (MM)		
	MÊS/ANO			MÊ/ANO		
	NOV/2008	DEZ/2008	JAN/2009	NOV/2008	DEZ/2008	JAN/2009
1	24,2	26,8	24,4	0	0	0
2	24,2	25,4	23,6	2,0	0	0
3	26,0	22,5	23,2	0	18,9	17,7
4	25,0	22,2	20,2	0	0	12,0
5	25,1	24,1	21,2	15,8	0	7,1
6	24,5	26,2	22,6	0	0	0
7	22,4	27,1	23,9	5,7	0	0
8	25,8	25,6	25,4	5,2	2,2	0
9	25,0	26,9	25,0	0	0	0
10	24,7	26,2	24,5	0,8	0	6,3
11	23,2	23,4	25,9	0	35,3	0
12	23,6	22,5	26,6	6,7	2,8	0
13	23,1	22,2	27,3	2,3	0	0
14	23,8	22,7	24,6	0,4	0	1,0
15	25,7	22,3	24,3	5,0	0	32,2
16	26,7	21,1	23,6	0	27,0	0
17	25,0	23,4	22,8	0	10,5	8,2
18	23,5	24,5	22,7	20,2	0	12,1
19	23,9	23,6	24,5	0	0	1,8
20	23,2	23,1	25,9	0	20,4	0
21	22,8	22,1	24,3	0	4,2	1,0
22	23,8	22,9	23,5	0	37,5	0
23	23,3	24,7	23,2	0	1,6	0
24	24,0	25,3	22,9	0,7	0	0,4
25	24,	22,7	23,3	0	30,3	36,3
26	22,9	22,3	22,1	0	1,1	9,3
27	24,1	21,2	22,1	10,0	83,6	17,4
28	25,5	24,1	22,0	0,9	3,5	23,8
29	24,1	25,4	24,0	0	0	32,7
30	24,4	25,7	23,8	6,1	0	6,9
31	-	24,0	24,6	-	0	11,8
<b>MÉDIA</b>	<b>24,3</b>	<b>23,9</b>	<b>23,8</b>	<b>TOTAL 81,8</b>	<b>278,9</b>	<b>238,0</b>

Apêndice 2 – Tabela de alimentação para girinos de rã-touro (LIMA et al., 2003) em função do peso médio (g) e da temperatura da água (°C).

Temperaturas <i>Temperatures</i>	18 a 20 °C	21 a 23°C	24 a 26°C	27 a 29°C
n° de parcelas <i>n° portions</i>	4	5	6	7
Peso médio dos girinos <i>Tadpoles average weight</i>	Consumo estimado (%) <i>Estimated intake</i>	Consumo estimado (%) <i>Estimated intake</i>	Consumo estimado (%) <i>Estimated intake</i>	Consumo estimado (%) <i>Estimated intake</i>
0,1	8,00	9,0	11,7	13,6
0,2	7,00	7,5	9,0	10,4
0,3	6,80	6,8	8,2	9,5
0,4	6,50	6,5	7,8	9,0
0,5	6,00	6,3	7,6	8,8
0,6	5,90	6,3	7,6	8,8
0,7	5,80	6,3	7,5	8,7
0,8	5,70	6,2	7,5	8,6
0,9	5,60	6,2	7,4	8,6
1	5,50	6,1	7,3	8,4
2	4,40	5,2	6,2	7,2
3	4,00	4,8	5,6	6,5
4	3,80	4,6	5,5	6,3
5	3,40	4,3	5,3	6,2
6	3,20	4,0	5,0	5,8
7	2,80	3,5	4,4	5,1
8	2,60	3,3	4,1	4,7
9	2,30	2,9	3,6	4,2
10	2,10	2,6	3,3	3,6
11	1,90	2,4	3,0	3,3
12	1,70	2,1	2,7	2,8
13	1,55	1,9	2,4	2,4
14	1,45	1,8	2,3	2,3
15	1,35	1,7	2,1	2,1
16	1,25	1,6	2,0	2,0
17	1,20	1,5	1,9	1,9
18	1,10	1,4	1,4	1,4
19	1,05	1,3	1,3	1,3
20	1,00	1,3	1,3	1,3
21	0,95	1,2	1,2	1,2
22	0,90	1,1	1,1	1,1
23	0,85	1,1	1,1	1,1
24	0,80	1,0	1,0	1,0
25	0,75	0,9	0,9	0,9
26	0,70	0,88	0,88	0,88

Apêndice 3 – Tabela de dados meteorológicos (temperatura e precipitação) da Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal/SP no período estudado de recria da rã-touro (fase II).

DIAS	TEMPERATURA MÉDIA DIÁRIA (°C)			PRECIPITAÇÃO TOTAL DIÁRIA (MM)		
	MÊS/ANO			MÊ/ANO		
	NOV/2008	DEZ/2008	JAN/2009	NOV/2008	DEZ/2008	JAN/2009
1	25,8	24,4	23,7	0	0	2,8
2	27,3	24,4	25,9	0	0	0,2
3	27	23,5	26,9	5,2	44,9	0
4	25,8	22,3	27,2	7,5	0	0
5	24,1	22,5	26,5	2,3	0	0
6	24,1	23,5	25,4	0	11,4	3,8
7	23,2	21,3	24,5	30,2	18	20
8	22,8	22,7	22,7	15	52,8	8,9
9	23,5	23,8	25	3,4	53,2	0
10	25,7	23,7	24,9	0	0	0
11	24,9	25,4	25,1	9,6	13,4	0
12	25,9	23,5	23,8	0	7,7	7,2
13	26,8	21,8	24,7	0	3	0,3
14	28	22	22,6	0	3,5	25
15	26,8	24,2	23	0	0	0
16	25,3	24,7	22,7	0	0	17
17	25,6	23,4	23,3	0	0	1,4
18	26,9	23,9	25,5	0,7	0	0,4
19	26,6	27,1	24,8	1,9	3,1	0
20	25,3	25,7	25,4	2,1	0	50,5
21	25,4	25	22,2	0	15,5	16,6
22	26,2	25,5	22,1	0	0	0
23	23,9	25,7	22,6	49	0	0
24	23,4	24,8	23,3	0,4	27,4	0,5
25	25,5	23,6	23,2	1,4	2,6	0
26	25,1	24,5	24,7	0	4,6	30,6
27	25,3	23,7	22,9	0	5	0
28	23,5	23,7	22,5	34,3	32,8	38,8
29	22,7	22,6	21,4	0,3	51,2	16,7
30	23,8	22,4	22,7	6,6	23,7	1,3
31	-	24,2	23,9	-	2,4	0,6
<b>MÉDIA</b>	<b>25,2</b>	<b>23,9</b>	<b>24,0</b>	<b>TOTAL 169,9</b>	<b>376,2</b>	<b>242,6</b>

Apêndice 4 - Tabela de alimentação para recria de rã-touro (LIMA et al., 2003), em relação ao peso médio de rã-touro criada no sistema anfigranja.

Faixa de peso (g)	8 a 19	20 a 29	30 a 39	40 a 109	110 a 149	150 a 209	210 a 230
<i>Weight (g)</i>							
Percentual (%)	5,2	3,9	3,2	2,5	2,1	1,8	1,2
<i>Percentual (%)</i>							

Apêndice 5 – Valores médios de peso inicial (g), ganho de peso (g), conversão alimentar e sobrevivência (%) dos animais na fase de recria.

Repetições	Peso Médio Inicial (g)	Ganho de Peso (g)	Conversão Alimentar	Sobrevivência (%)
Baia 1	16,36	283,64	1,03	88,9
Baia 2	16,80	259,20	1,10	86,7
Baia 3	22,47	284,53	1,24	75,0
Baia 4	22,00	285,00	1,11	82,8
Baia 5	19,11	267,89	1,11	87,5
Baia 6	17,61	233,39	1,25	87,2