

**SISTEMA INTENSIVO DE CRIAÇÃO DE PEIXE COM RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA  
E CONTROLE DE TEMPERATURA VIA BOMBA DE CALOR DE DUPLO EFEITO  
TÉRMICO**

**INTENSIVE FISH FARMING SYSTEM WITH WATER RECIRCULATION AND  
TEMPERATURE CONTROL BY A DOUBLE THERMAL EFFECT HEAT PUMP**

R. A. Jordan<sup>1</sup>

L. A. B. Cortez<sup>2</sup>

R. Baldassin Jr.<sup>3</sup>

J. D. Scorvo<sup>4</sup>

C. M. D. Frascá-Scorvo<sup>4</sup>

M. G. Rigolino<sup>5</sup>

Y. A. Tabata<sup>5</sup>

**RESUMO**

Este trabalho apresenta os resultados de um sistema piloto de criação intensiva de peixes com recirculação de água, onde foram avaliadas as criações de tilápias e trutas. As tilápias e as trutas foram criadas em tanques com controle de temperatura da água, mantidas em  $28 \pm 1$  °C e  $15 \pm 1$  °C, respectivamente, empregando uma bomba de calor de duplo efeito térmico para provimento da demanda de aquecimento e resfriamento da água. Na criação de tilápias vermelhas e da variedade tailandesa a conversão alimentar aparente foi de 1,37:1 e 1,16:1, respectivamente. As trutas apresentaram boa adaptação ao confinamento, obtendo um ganho de peso de 500% em 18 semanas. A taxa diária de renovação de água nos tanques foi de 5%. A produtividade estimada para a criação intensiva de tilápias tailandesas foi de 150 t ha<sup>-1</sup>. O arranjo empregado apresentou resultados satisfatórios, bem como, a bomba de calor mostrou-se eficaz e confiável, entretanto, novas formas e tecnologias devem ser estudadas para a remoção da amônia gerada, que mostrou ser o maior gargalo deste tipo de sistema.

**Palavras chave:** tilápia, truta, desempenho zootécnico, produtividade.

<sup>1</sup> Prof. Adjunto, Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD, Dourados-MS, rodrigojordan@ufgd.edu.br.

<sup>2</sup> Prof. Doutor da Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas-SP.

<sup>3</sup> Doutorando da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, Campinas-SP.

<sup>4</sup> Pesquisadores da APTA, Pólo Regional Leste Paulista, Monte Alegre do Sul-SP.

<sup>5</sup> Pesquisadores da Estação Experimental de Salmonicultura, APTA Regional, Campos do Jordão-SP.

## ABSTRACT

This work shows the first results of tilapia and trout creation in an intensive fish farming pilot system with water recirculation and temperature control. Tilapia and trout were reared in tanks with controlled water temperature maintained at  $28 \pm 1$  °C and  $15 \pm 1$  °C, respectively, using a double thermal effect heat pump to meet the heating and cooling demand. The feed conversions of tilapia were 1.37:1 and 1.25:1 for the species Red and Thai variety, respectively. The rainbow trout showed good adaptation to the feedlot, getting a weight gain of 500% in 18 weeks. The daily rate of water renewal was 5%. It was used 10% to the Thai tilapia after the 9<sup>th</sup> creation week. The estimated productivity for the intensive farm of Thai tilapia was 150 t ha<sup>-1</sup>. In general, the arrangement showed satisfactory results, as well the heat pump was effective and reliable, however, new forms and technologies should be studied for the removal of ammonia generated, which was the major bottleneck of this type of system.

**Keywords:** tilapia, trout, zootechnical performance, productivity.

## INTRODUÇÃO

Com a redução dos estoques naturais, a aquicultura tem ganhado cada vez mais espaço no mercado, contribuindo para reduzir o déficit da produção pesqueira. No entanto, a produção da aquicultura, ainda, não é suficiente para atender todo o mercado, levando a importação de algumas espécies, principalmente marinhas, como é o caso do salmão, que é importado do Chile.

Nos dias atuais, a piscicultura, é responsável por 26% da produção nacional de pescado, sendo a Região Sul e o Estado de São Paulo, responsáveis por 38% da produção (SONODA 2002).

Os principais organismos cultivados na aquicultura brasileira são os peixes de água doce, com destaque para a tilápia, carpa, tambaqui e pintado. Mais recentemente, o pirarucu, ainda com problemas técnicos para produção de alevinos, também tem se destacado (OSTRENSKI, 2008).

Dentre os sistemas de cultivo empregados, destaca-se o uso de viveiros escavados, geralmente manejados em regime semi-intensivo de produção (empregados nos cultivos de peixes e de camarões), os tanques-

rede (empregados, quase que exclusivamente, para a criação de tilápias) e os *long-lines* (empregados nos cultivos de moluscos e macroalgas). A aquicultura brasileira é sustentada, principalmente, por pequenos produtores.

Em 2004 o número de produtores era pouco superior a 142.000, ocupando uma área total de cerca de 126.000 ha, resultando em uma ocupação da ordem de 1,13 ha por produtor. Se considerada uma produção de 269.699 toneladas de peixe (FAO, 2006 *apud* IBAMA, 2007), tem-se que a produtividade média nacional era da ordem de 2,14 t.ha<sup>-1</sup>.

Nas últimas décadas, a criação de peixes em sistemas super-intensivos, com recirculação da água utilizada, tem atraído a atenção dos cientistas e investidores, uma vez que permitem alcançar altas produtividades, demandando relativamente pouco espaço e com baixo consumo de água. Entretanto, a viabilização do sistema passa por um rígido controle de temperatura da água, do nível de oxigênio dissolvido e de metabólitos, principalmente os nitrogenados, oriundos da alimentação

(rações), urina e fezes, que podem levar a intoxicação e morte dos peixes.

Como animais ectotérmicos, os peixes apresentam variação na velocidade dos processos metabólicos em função da temperatura da água. Dentro dos limites de tolerância térmica, quanto mais elevada a temperatura, maior será a velocidade de crescimento do peixe, sendo o contrário observado em temperaturas mais baixas (SCHMIDT-NIELSEN, 1997).

A tilápia, por ser uma espécie tropical, tem seu conforto térmico entre 22 e 28 °C (HUET, 1978). Isto significa que, fora desta faixa, a tilápia tem seu metabolismo alterado, diminuindo o apetite e ficando mais suscetível ao estresse, que conseqüentemente, reduz o crescimento e aumenta a suscetibilidade à doenças.

No caso das trutas, os limites críticos de temperatura da água para a sua sobrevivência estão entre 0 e 25 °C, apresentando melhores taxas de crescimento e conversão alimentar entre 15 e 17 °C (TABATA e PORTS, 2004).

Desta forma, ao se pensar em sistemas intensivos de produção, um aspecto imprescindível para o sucesso na criação de peixes - seja de espécies tropicais, seja de espécies de

água fria – é a manutenção da temperatura da água nos tanques nas temperaturas de conforto das espécies. Sendo assim, faz-se necessária a introdução de tecnologias e equipamentos capazes de suprir demandas de “frio” e “calor” nos mais diferentes climas e épocas do ano.

Neste contexto, as bombas de calor se mostram como uma tecnologia extremamente interessante, possibilitando prover o aquecimento e resfriamento de forma simultânea, com baixo consumo de energia. CORTEZ e NEVES FILHO (1996) apresentam que, as bombas de calor podem gerar um efeito térmico até cinco vezes superior à energia elétrica utilizada para o seu acionamento, ou seja, ou seja, é possível gerar 5 kW de energia térmica com o consumo de apenas 1 kW.

Na linha de pesquisa de sistemas intensivos, este trabalho teve por objetivo desenvolver um sistema piloto de criação intensiva de tilápias e trutas com recirculação de água, empregando uma bomba de calor de duplo efeito térmico para provimento da demanda de aquecimento e resfriamento da água.

## **METODOLOGIA**

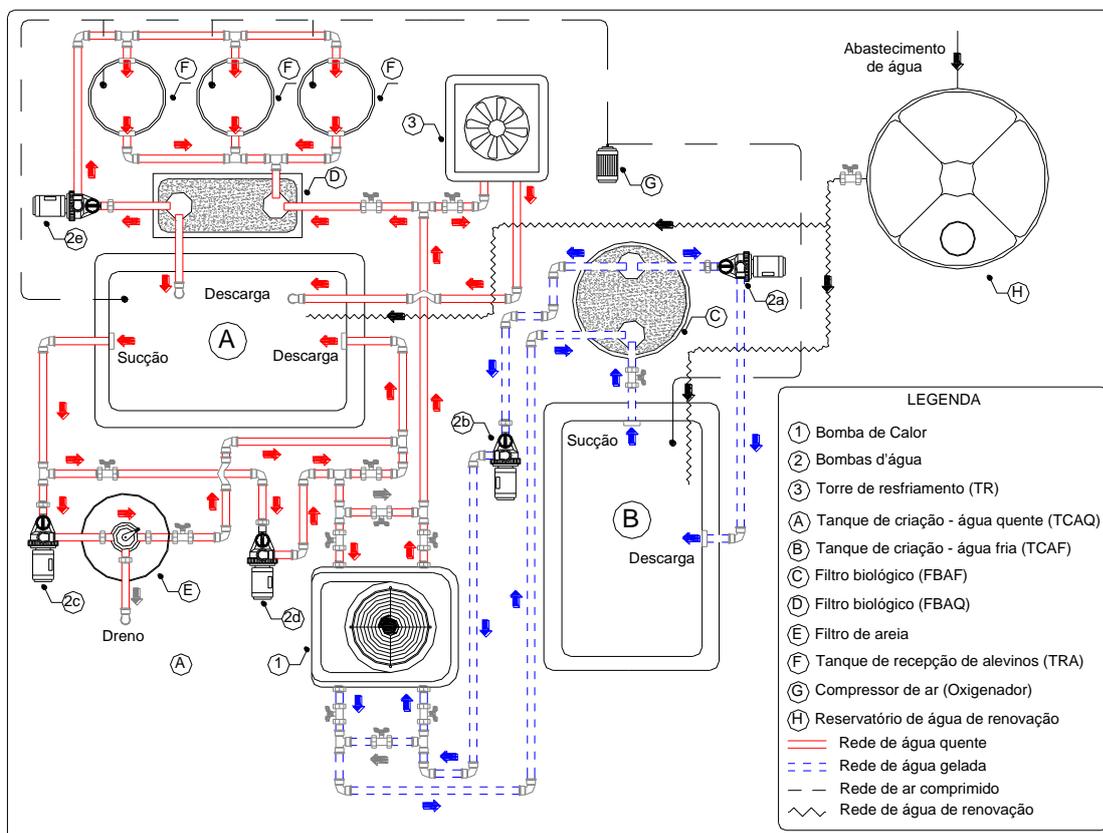
### **Montagem do sistema piloto de produção intensivo**

A montagem experimental foi realizada no Anexo I do Laboratório de Termodinâmica e Energia da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp, na cidade de Campinas, estado de São Paulo, a qual consistiu na construção de duas estufas, denominadas “estufa quente” (EQ) e “estufa fria” (EF), mais a montagem do arranjo empregado para a criação dos peixes e os processos de aquecimento e resfriamento de água (Figura 1).

A EQ recebeu fechamento de filme de polietileno de baixa densidade translúcido, enquanto a EF recebeu fechamento em filme plástico metalizado termo-reflexivo (Figura 2). A EQ, com pé direito de 2,6 m, ocupou uma área de 20 m<sup>2</sup>. Internamente, foram alocados: o tanque de criação de tilápia (piscina em fibra de vidro com volume de 3.000 litros, enterrada), o filtro biológico, o compressor de ar e os três tanques de criação de alevinos (tanques circulares com revestimento interno em lona impermeável com volume de 150 litros).

A EF, também com pé direito de 2,6 m, ocupou uma área de 6 m<sup>2</sup>. Internamente, foram alocados: o tanque de criação de truta (reservatório em fibrocimento circular com volume de 1.000 litros,

revestimento interno em epóxi e isolamento térmico de poliuretano expandido com espessura de 10 cm), o filtro biológico e as bombas de circulação de água.



**FIGURA 1.** Piloto experimental do sistema de criação intensivo de peixes tropicais e água fria, com recirculação de água e controle de temperatura.



a) Montagem das estufas



b) Estufas montadas

**FIGURA 2.** Estufas “quente” e “fria”.

Para o provimento de água quente e água gelada, foi empregada uma bomba de calor desenvolvida pelos pesquisadores do Laboratório de Termodinâmica e Energia (Figura 3), que tinha como característica principal a flexibilidade do modo de operação, sendo possível realizar, simultaneamente, o aquecimento e o resfriamento de água, ou cada um dos processos de forma independente.

Para filtragem da água, foram montados filtros biológicos, compostos por cacos de telha (telha de barro vermelha), formando a camada inferior, e pedra brita (nº 2), formando a camada superior. O filtro da EF foi montado em um reservatório circular com volume de 250 litros, com as mesmas características. O filtro da EQ foi montado em um tanque retangular em fibra de vidro com volume de 250 litros. No caso da EQ, foi empregado também um filtro de areia (filtro empregado em piscinas), visando à retenção de particulados não captados no filtro biológico. Posteriormente, foi empregada ainda uma torre de resfriamento com ar forçado (tecnologia empregada para resfriamento de água de condensação em sistema de refrigeração comercial e industrial), visando à operação segundo um filtro *trickling*.



**FIGURA 3.** Bomba de calor.

O fornecimento de oxigênio para os tanques de criação foi realizado por um compressor de ar com potência de  $\frac{1}{2}$  cv. A distribuição de ar foi realizada através de uma mangueira flexível

com diâmetro de 1,25 cm, com as injeções nos tanques realizadas através de tubos capilares que derivavam da linha principal.

A concepção inicial, não contemplava a existência da torre de resfriamento no sistema de filtragem da água quente. A introdução deste componente, para operar com um filtro *trickling*, foi realizada, pois o FBAQ não estava removendo a geração diária de amônia. O ventilador da torre era ligado apenas nos dias mais quentes para regular a temperatura da água, quando essa ultrapassava 28 °C.

### Experimentos com peixes

Antes da introdução dos peixes no sistema, o mesmo foi posto em operação com 30 dias de antecedência, visando à criação de organismos e bactérias nos filtros biológicos, que posteriormente seriam os responsáveis pela eliminação da matéria orgânica e amônia. Este tempo também serviu para a realização de alguns ajustes no sistema.

A temperatura de controle do tanque para tilápia foi ajustada para  $28 \pm 1$  °C. No caso do tanque de trutas, o controle foi estabelecido em  $15 \pm 1$  °C. Nestas condições de operação (temperaturas de trabalho), a bomba de calor utilizada apresentava capacidade para atender tanques com volumes de 40 mil e 20 mil litros de água quente e fria, respectivamente.

Foram realizados testes com dois lotes de tilápia e um lote de trutas. O primeiro lote de tilápias foi composto por 42 exemplares de tilápia vermelha, fornecido pelo Pólo Regional da Apta do Leste Paulista, sediado em Monte Alegre do Sul, SP. Tais exemplares apresentavam dois anos de idade e não haviam se desenvolvido por terem sido alocados em condições inapropriadas de criação (tanques com recirculação de água sem controle da

temperatura), em que a temperatura da água sempre esteve abaixo de 20 °C. Os peixes com peso médio de 120 g foram introduzidos diretamente no tanque de criação, permanecendo neste por 60 dias, sendo depois pesados e abatidos.

O segundo lote de tilápia era da linhagem Tailandesa, fornecido por um criador local, e continham aproximadamente 500 alevinos. Primeiramente, o lote foi dividido em três frações, e os peixes alocados nos tanques para alevinos. Após a 3ª semana, 320 exemplares com peso médio de 16 g foram transferidos para o tanque de criação, resultando em uma densidade de 91 peixes por metro cúbico.

O lote de trutas - introduzido juntamente com este último lote de tilápias - era composto por 20 exemplares de truta arco-íris e foi fornecido pela Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Campos de Jordão, SP (Pólo Regional da Apta do Vale do Paraíba). Os peixes foram transportados até o local do experimento (Campinas-SP), em sacos plásticos insuflados com oxigênio e alocados em caixas térmicas com gelo, visando a manutenção da temperatura desejada ao longo do traslado.

Na medição de pH, cloro e amônia, foram empregados kits colorimétricos.

No que se refere ao manejo alimentar, o primeiro lote de tilápias foi alimentado com ração extrusada, com 28% de proteína bruta, na proporção de 2% do peso vivo dos peixes (Ostrensky & Boeger, 1998), e

distribuída em duas porções diárias. As trutas foram alimentadas com ração extrusada de 42% de proteína bruta (específica para a espécie), na proporção de 3% do peso vivo dos peixes, dividida em quatro porções diárias.

O segundo lote de tilápias, também seguindo a recomendação de Ostrensky & Boeger (1998), foi alimentado com ração extrusada, com 28% de proteína bruta. O arraçoamento do segundo lote de tilápias era realizado duas vezes ao dia, na proporção inicial de 10% do peso vivo dos peixes até a 3ª semana, passando para 2% até a 9ª semana. Após este período, os peixes foram mantidos no sistema por mais cinco meses. Entretanto, devido ao aumento no teor de amônia, passou-se a utilizar ração com 24% de proteína e ministrada em uma proporção inferior a 1% do peso vivo estimado. Após este período foi realizada a despesca.

No caso das trutas, devido ao stress gerado, o monitoramento de peso foi realizado somente 4 vezes durante todo o período de criação, que ocorreu no momento que os peixes foram introduzidos, na 8ª, na 14ª e na 18ª semana, quando foi realizada a despesca.

No que se refere à renovação de água dos tanques, para o primeiro lote de tilápias, a taxa de renovação foi de 5% do volume total do tanque de criação, sendo a mesma taxa empregada para as trutas. No segundo lote de tilápias, a taxa inicial foi de 5% até a 9ª semana, posteriormente, passando para 10% e chegando a 20% nas proximidades da despesca.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as tilápias vermelhas, que constituíram o primeiro lote introduzido no sistema (Figura 4), o peso médio verificado foi de 274 g (33 exemplares), com o maior exemplar

atingindo 450 g e o menor exemplar 184 g. Durante o tempo de criação nove exemplares morreram por saltarem fora do tanque, o que levou a colocação de uma tela plástica sobre a

superfície do tanque para evitar que o fato voltasse a ocorrer. A conversão alimentar aparente foi de 1,37:1, valor muito próximo ao apresentado por



a) Tilápias vermelhas retiradas do tanque de criação.



a) Pesagem (tilápia com 450 g).

Figura 4. Exemplos de tilápias vermelhas – primeiro lote.

Neste primeiro experimento ficou evidente a importância da manutenção da temperatura da água nos níveis de conforto das tilápias, pois no período estudado (60 dias) a média de ganho de peso dos peixes (154 g) foi superior ao peso médio dos peixes quando da recepção dos exemplares (120 g), demonstrando que os peixes tiveram um melhor desenvolvimento em 60 dias quando mantidos a  $28 \pm 1$  °C, do que quando mantidos cerca de dois anos em temperatura da ordem de 20 °C.

No primeiro lote de tilápias, devido à baixa densidade populacional ( $0,011$  peixe  $m^{-3}$ ), os níveis de amônia se mantiveram baixos, em torno de  $0,001$  mg  $L^{-1}$  de amônia tóxica (inferior a  $0,25$  mg  $L^{-1}$  de amônia total). De acordo com BOYD e TUCKER (1998) os limites máximos de N na forma de amônia ( $NH_3$ ) em viveiros de aquicultura devem estar entre  $0,4$  e  $2,0$  mg  $L^{-1}$  e a EMATER-PR (2004), cita que uma concentração de amônia de  $0,5$  mg  $L^{-1}$  é a ideal para tilápias.

No caso das tilápias tailandesas (Figura 5), a conversão alimentar aparente desde a introdução dos alevinos (peso médio de 3,7 g), até a 9ª semana (peso médio de 63 g) foi de 1,16:1, valor igual ao encontrado em

EMATER-PR (2004), de 1,39:1 na fase de engorda (entre 100 e 450 g).

EMATER-PR (2004) para a fase de crescimento de 25 a 100 g.

Como os níveis de amônia ficaram críticos a partir da 9ª semana, atingindo a concentração de  $0,044$  mg  $L^{-1}$  de amônia tóxica ( $6,5$  mg  $L^{-1}$  de amônia total), acima do valor suportado pelos peixes, de acordo com ALCON (2011), que é de  $0,04$  mg  $L^{-1}$  de amônia tóxica, a partir desse período, a alimentação foi reduzida para a metade do valor recomendado por OSTRENSKY & BOEGER (1998). Houve também, a introdução de uma torre de resfriamento no sistema, para operar como filtro *trickling*, a qual atuou de forma eficaz no controle da concentração de amônia tóxica, mantendo a concentração numa faixa entre  $0,014$  e  $0,025$  mg  $L^{-1}$  (entre 2 e  $3,5$  mg  $L^{-1}$  de amônia total).

O peso médio observado na despesca, após 7 meses, foi de 320 g e os maiores exemplares alcançaram 600 g. Durante este período aconteceram algumas falhas duradouras de energia elétrica, que obrigaram a troca completa da água do tanque, causando mudanças bruscas de temperatura. Em alguns finais de semana, não houve fornecimento de alimento aos peixes (indisponibilidade de mão-de-obra).

Segundo apresentado por EMATER-PR (2004), os melhores resultados de criação em sistemas abertos (tanques escavados, também conhecidos como criação semi-intensiva), dura cerca de 5 meses, considerando a introdução de juvenis de 20 a 30 g. Por outro lado, em regiões frias, pela dificuldade de manejo durante os meses de julho a agosto, o tempo total de um ciclo,

pode vir a ser de até 8 meses. Assim, é possível verificar que, apesar dos problemas com o sistema intensivo, os resultados obtidos foram satisfatórios, pois, estima-se caso o experimento tivesse sido realizado na sua normalidade, o tempo total de criação poderia ter sido de 4 meses, ou seja, ou mês a menos que o apresentado por EMATER-PR (2004).



a) Tilápia com 8 semanas no sistema.



b) Tomates introduzidos no filtro biológico.



c) Drenagem do tanque de criação para despeca.



d) Exemplar de 600 g.

**FIGURA 5.** Etapas do ciclo de criação das tilápias tailandesas.

Fazendo-se uso dos resultados obtidos - produção total de 94 kg de peixe, distribuídos em 295 exemplares (com mortalidade de 7,8%, 25 exemplares) - e considerando a área total ocupada pela estufa de tilápia (20 m<sup>2</sup>), caso fosse extrapolado essa produção para 1 ha, ter-se-ia uma produtividade da ordem de 47 t ha<sup>-1</sup>. Entretanto, se considerada apenas a área ocupada pela lâmina d'água (aproximadamente 7 m<sup>2</sup>), este valor chega a 150 t ha<sup>-1</sup>, ou seja, 1,2 vezes o

valor de 121 t ha<sup>-1</sup> apresentado por PROVENZANO JR e WINFIELD (1987) na produção intensiva de tilápia com recirculação de água, cerca de 14 vezes a produtividade de 10 a 12 t ha<sup>-1</sup> de lâmina d'água encontrada pela EMATER-PR (2004) para sistema semi-intensivos, e cerca de 70 vezes a média de produtividade calculada por OSTRENSKI (2008), que foi de 2,14 t ha<sup>-1</sup>, segundo os dados nacionais de 2004.

Se analisadas as demandas de água dos dois sistemas (intensivo e semi-intensivo) os resultados são extremamente satisfatórios. EMATER-PR (2004) menciona uma vazão mínima de  $15 \text{ L s}^{-1}$  por hectare de lâmina d'água, o que resulta, para um sistema semi-intensivo, uma demanda de água de aproximadamente  $16.200 \text{ L kg}^{-1}$  de peixe produzido, considerando um ciclo de 5 meses. No sistema intensivo, considerando todas as renovações, estima-se que durante todo o ciclo, a tilápia utilizou cerca de 84,7 mil litros de água, resultando em uma demanda aproximada de  $901 \text{ L kg}^{-1}$  de peixe produzido. Ou seja, a

demanda de água pode ser reduzida em até 94,4% caso adotado o regime intensivo de produção.

A respeito das trutas (Figura 6), houve uma boa adaptação, atribuída ao sistema de agitação de água implantado no tanque de criação, que possibilitava que as mesmas ficassem em movimento. O uso de um tanque circular, com a injeção de água tangencialmente na borda superior do tanque e saída pela parte inferior central, além de possibilitar melhor movimentação da água, propiciou uma melhor remoção de fezes e restos de ração, quando comparado ao tanque das tilápias.



a) Trutas arco-íris no tanque de criação.



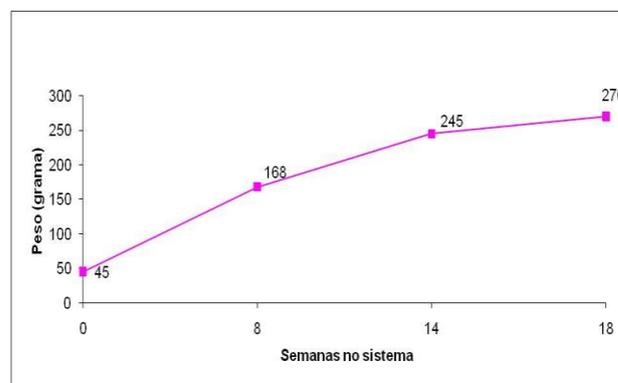
b) Exemplar de truta arco-íris na despeca.

**FIGURA 6.** Trutas arco-íris criadas no sistema intensivo.

Ocorreram 5 mortes consecutivas, causadas por ração contaminada por fungos. Outros cinco exemplares foram perdidos por saltarem para fora do tanque. Assim, dos 20 exemplares introduzidos no sistema com idade aproximada de 6 meses e peso médio de 45 g, sobreviveram 10 exemplares, cujo peso médio ao final de 18 semanas foi 270 g, com o maior exemplar pesando 339 g e o menor, 211 g. A Figura 7 apresenta a curva de crescimento das trutas, confeccionada a partir da média de peso para os peixes.

Os problemas ocorridos no início da criação com a ração contaminada e a grande mortalidade (50% do lote), prejudicaram obtenção de dados,

impossibilitando assim que o cálculo de conversão alimentar fosse realizado.



**Figura 7.** Curva de crescimento das

De acordo com Tabata (2006), o tempo que a truta necessita para

alcançar o peso comercial de truta-porção (250 a 350 g) é variável para cada sistema de produção, podendo ser de 10 a 18 meses de cultivo, a partir do início da alimentação. Isto demonstra que os resultados obtidos com o sistema de circuito fechado de água foram bastante satisfatórios, pois a truta alcançou o peso comercial dentro do menor prazo preconizado, isto é, ao redor de 10 meses de

## CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que o sistema intensivo proposto, com recirculação de água, para criação de duas espécies distintas em termos de exigências climáticas é viável tecnicamente. Foi evidente a importância da temperatura da água, no caso da criação da tilápia rosa, como um fator preponderante no desenvolvimento dos peixes.

A bomba de calor atendeu de maneira satisfatória e de forma confiável o sistema de criação intensiva, fornecendo aquecimento para a criação de tilápias e resfriamento para a criação de trutas de forma simultânea e/ou individualmente.

Apesar das dificuldades iniciais e dos problemas encontrados, o arranjo proposto para criação intensiva de peixes mostrou-se adequado, bem como, os resultados obtidos foram satisfatórios. Entretanto, novos estudos devem ser conduzidos de modo a aumentar a confiabilidade do sistema e o ganho de eficiência.

O sistema de filtragem, no que se refere à remoção de amônia, foi o grande gargalo técnico do sistema

cultivo, considerando o tempo até atingir o peso de 45 g mais o tempo no sistema.

Devido a baixa densidade populacional, a concentração de amônia no tanque das trutas se manteve em níveis aceitáveis durante todo o ciclo de criação, entre 0,0001 e 0,0002 mg L<sup>-1</sup> para amônia tóxica (abaixo de 0,25 mg L<sup>-1</sup> de amônia total).

intensivo, aspecto este verificado na criação de tilápias, com elevada densidade populacional. Desta forma, para viabilizar a produção e operar com altos índices de produtividades, são necessários novos estudos sobre novas formas e métodos de filtragem, seja por métodos físicos (elementos filtrantes), biológicos (microorganismos), químicos (soluções), orgânicos (aquaponia), seja pela combinação deles.

No que compete à alimentação, verificou-se a necessidade do desenvolvimento de rações específicas para uso em sistemas fechados, de modo a reduzir a carga orgânica gerada, propiciar uma melhor conversão alimentar e um rápido crescimento, bem como, a condução de novos trabalhos abordando os possíveis ganhos de eficiência na conversão alimentar neste tipo de ambiente. Visando analisar os ganhos da qualidade, é de suma importância avaliar as possíveis alterações da qualidade da carne devido ao aumento da densidade populacional no criatório (impacto do estresse).

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ALCON. Indústria e Comércio de Alimentos Desidratados Alcon Ltda. Labcon Test Amônia Tóxica - Água doce. 2011. Disponível em:

[http://www.labcon.com.br/peixesaquario/testes/test\\_amonia\\_toxica\\_agua\\_doc\\_e.htm](http://www.labcon.com.br/peixesaquario/testes/test_amonia_toxica_agua_doc_e.htm). Acesso em: 24 fev. 2011.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. Pond aquaculture water quality management. Boston: Kluwer, 700 p. 1998.

CORTEZ, L. A. B.; NEVES FILHO L. C. Aplicação de bombas de calor na agricultura e na agroindústria brasileira. Anais do III Congresso Nacional de Energia. La Serena, Chile. 17-19 de abril de 1996. p. 337-343.

EMATER-PR. Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural. Modelo Emater de produção de tilápia. 2004. Disponível em [http://www.emater.pr.gov.br/arquivos/File/Comunicacao/Premio\\_Extensao\\_Rural/1\\_Premio\\_2005/ModeloEmaterProd\\_Tilapia.pdf](http://www.emater.pr.gov.br/arquivos/File/Comunicacao/Premio_Extensao_Rural/1_Premio_2005/ModeloEmaterProd_Tilapia.pdf). Acesso em: 21 fev. 2011.

HUET, M.T. Tratado de Piscicultura, 2ª ed. Madrid: Mundi-Prensa, 744p, 1978.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Estatística da Pesca 2005 - Brasil: grandes regiões e unidades da federação. Brasília, 137p, 2007.

OSTRENSKY, BOEGER, W. **Piscicultura**: fundamentos e técnicas de manejo. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária 1998. 211p.

OSTRENSKI, A.; BORGHETTI, J. R.; SOTO, D. Aquicultura no Brasil – O

Desafio é Crescer. Brasília, 276 p, 2008.

PROVENZANO, A. J.; WINFIELD, J. G. Performance of a Recirculating Fish Production System Stocked with Tilapia Hybrids. Aquacultural Engineering, v.6, n.1, 15-26p, 1987.

SCHMIDT-NIELSEN, K. Animal physiology: adaptation and environment, 5th ed. Cambridge University Press, Cambridge, 607 pp, 1997.

SONODA, D. Y. Análise econômica de sistemas alternativos de produção de tilápias em tanques-rede para diferentes mercados. Dissertação de Mestrado em Ciências, Área de Concentração: Economia Aplicada, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, 2002.

TABATA, Y.A.; PORTZ, L. Truticultura em clima tropical. p.239-266, 2004. In. Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva. Editores: Cyrino, J.E.P., Urbinati, E.C., Fracalossi, D.M. e Castagnolli, N.

TABATA, Y. A. Criação de truta arco-íris. 2006. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2006\\_2/Truta/Index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/Truta/Index.htm). Acesso em: 23 fev. 2011.