

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

ANDRESSA TELLECHEA RODRIGUES

**DESEMPENHO DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) E
PACU (*Piaractus mesopotamicus*) EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA**

**Uruguiana
2016**

ANDRESSA TELLECHEA RODRIGUES

**DESEMPENHO DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) E
PACU (*Piaractus mesopotamicus*) EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Tecnologia em Aquicultura da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Tecnólogo em Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Kochenborger Fernandes

Coorientador: Prof. Dr. Giovani Taffarel Bergamin

**Uruguiana
2016**

ANDRESSA TELLECHEA RODRIGUES

DESEMPENHO DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) E PACU (*Piaractus mesopotamicus*) EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA

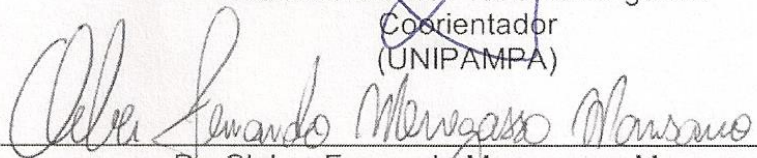
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Tecnologia em Aquicultura da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Tecnólogo em Aquicultura.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 13, dezembro de 2016.

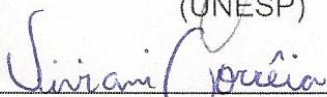
Banca examinadora:



Prof. Dr. Giovanni Taffarel Bergamin
Coorientador
(UNIPAMPA)



Dr. Cleber Fernando Menegasso Mansano
(UNESP)



Prof.ª Dr.ª Viviani Corrêa
(UNIPAMPA)



Prof. Dr. Antônio Cleber da Silva Camargo
(UNIPAMPA)

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

T696d Tellechea Rodrigues, Andressa
DESEMPENHO DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis
niloticus*) E PACU (*Piaractus mesopotamicus*) EM SISTEMA DE
RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA / Andressa Tellechea Rodrigues.

45 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, AQUICULTURA, 2016.

"Orientação: João Batista Kochenborger Fernandes".

1. Sistemas de cultivo. 2. Sistema fechado de circulação de
água. 3. Nitrificação e desnitrificação. 4. Qualidade da água.
5. Desempenho zootécnico. I. Título.

Aos meus pais, Rineu e Luciana que sempre deram apoio e incentivo aos meus estudos e a todos que contribuíram para a realização desse trabalho de conclusão com o meu mais sincero e profundo amor. Dedico.

AGRADECIMENTO

Ao Prof. Dr. João Batista Kochenborger Fernandes pela oportunidade de estágio, atenção e oportunidade de realização do trabalho de conclusão de curso durante o período vigente.

Ao Prof. Dr. Giovani Taffarel Bergamin pelo auxílio, atenção, pelas suas contribuições acadêmicas e até mesmo pessoais com os seus “puxões de orelha” e, sobretudo, pela sua paciência. Obrigada por tudo.

Aos pós doutorandos Cleber Fernando Menegasso Mansano e Thiago Matias Torres do Nascimento pela cedência dos dados, contribuições, disposição e paciência durante o período de estágio e nos períodos sucessores que foram essenciais para a redação do TCC.

A equipe comprometida e atenciosa do laboratório de peixes ornamentais do Centro de Aquicultura da Unesp- CAUNESP, como o André Zuffo Boaratti, Daniel Monge Kifayat Ullah Khan, Natália Bassi, Rafael Romaneli, Ilberto Calado e demais funcionários, como o Valdecir de Lima, Roberto Polachini, Marcio Reche, Suely, Silvinha, entre outros.

À Prof^a Dr^a Cátia Aline Veiverberg e Prof^a Dr^a Viviani Corrêia pelo auxílio durante a redação da pesquisa.

Ao corpo de docentes do curso de Aquicultura da Universidade Federal do Pampa pelo convívio durante a graduação e as suas contribuições em inúmeras situações, tais como em atividades no campus, a compreensão com as faltas cometidas e necessárias para a realização do estágio e claro, por aguentarem-me cotidianamente desde as 8h.

Aos verdadeiros amigos de vida e aos conquistados durante a graduação.

E, não menos importante, aos meus pais pela compreensão, carinho e apoio aos meus estudos.

“Se não puder voar, corra.
Se não puder correr, ande.
Se não puder andar, rasteje.
Mas continue em frente de qualquer jeito”.

Martin Luther King

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e pacu (*Piaractus mesopotamicus*) cultivados em sistema de recirculação de água. Foram distribuídos 300 juvenis de pacu ($6,49 \pm 0,03$ g) e 300 juvenis de tilápia ($6,47 \pm 0,02$ g) em um delineamento inteiramente ao acaso com dois tratamentos e dez repetições em densidade de estocagem de 30 peixes/ unidade experimental. Foi utilizado um sistema de circulação de água com filtros mecânico e biológico e vinte unidades experimentais, as quais eram compostas por tanques de alvenaria revestidos com volume útil de 1500 litros, dotados de sistemas individuais de aeração, abastecimento e escoamento de água com renovação de 4 L/min e temperatura controlada por meio de trocador de calor. Os animais foram alimentados três vezes ao dia até a saciedade aparente com dietas experimentais contendo 23,10% de proteína digestível e 2931,28 Kcal/kg de energia digestível para juvenis de pacu e 26,89% proteína digestível e 3118,31 Kcal/kg de energia digestível para juvenis de tilápia do Nilo. Os parâmetros físico-químicos da água foram aferidos ao longo do experimento, tais como pH, oxigênio dissolvido, amônia total, nitrito e nitrato a cada dois dias, com exceção da temperatura que foi diariamente. Conclui-se que os parâmetros físico-químicos médios da água não afetaram o desenvolvimento dos indivíduos e estiveram dentro do intervalo de conforto para ambas espécies. Tanto em 40 quanto em 70 dias, juvenis de tilápia cultivados em sistema de recirculação apresentaram melhores taxas de crescimento específico, conversão alimentar aparente, peso médio, ganho em peso, fator de condição e consumo diário de ração quando comparados com juvenis de pacu. Sistemas de recirculação de água podem apresentar-se como alternativa para produção de juvenis de tilápia e pacu.

Palavras-Chave: Sistemas de cultivo. Recria. Nitrificação. Qualidade da água. Reuso de água.

ABSTRACT

Growth performance was evaluated in juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and pacu (*Piaractus mesopotamicus*) cultivated in recirculating water system. Pacu ($6,49 \pm 0,03$ g) and tilapia juveniles ($6,47 \pm 0,02$ g) were distributed in a completely randomized design with two treatments and ten replicates in a stocking density of 30 fish/experimental unit. It was utilized a circulating water system with mechanical and biological filters and twenty experimental units, which were composed of lined masonry tanks with storage volume up to 1500 litre individual aeration system, water supply and disposal with renovation of 4L/min. The animals were fed three times a day until apparent satiety with experimental diets of 23,10% of digestible protein and 2931,28 Kcal/kg of digestible energy for pacu juveniles and 26,89% of digestible protein and 3118,31 Kcal/kg of digestible energy for juveniles Nile tilapia. The water physicochemical parameters were measured throughout the trial, such as pH, dissolved oxygen, total ammonia, nitrite and nitrate every two days, except for temperature, which was measured daily. It is concluded that the average water physicochemical parameters have not affected the individuals performance and which were within the specified comfort interval for both species. Both in 40 than 70 days, Nile tilapia juveniles cultivated in recirculating system posts the best specified growth rates, feed conversion ratio, average weight, weight gain, condition factor and feed daily intake when compared to pacu juveniles. Recirculating aquaculture systems can be presented as an alternative for the production of tilapia and pacu juveniles.

Keywords: Production systems. Growth. Nitrification. Water quality. Water reuse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –Desempenho de juvenis de pacu e tilápia em sistema de recirculação.....	24
Figura 2 – Parâmetros de qualidade da água observados ao longo do cultivo, na entrada de água das unidades experimentais e na saída, antes da filtragem biológica.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –Ingredientes e composição das dietas experimentais para juvenis de pacu (<i>P.mesopotamicus</i>) e tilápia (<i>O.niloticus</i>).....	21
Tabela2 –Perfil de aminoácidos das dietas experimentais para juvenis de pacu (<i>P.mesopotamicus</i>) e tilápia (<i>O.niloticus</i>).....	22
Tabela 3 –Desempenho zootécnico de pacus e tilápias em sistema de recirculação de água em 40 e 70 dias de período experimental.....	25

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS.....	19
2.1Objetivo Geral.....	19
2.2Objetivos específicos.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
REFERÊNCIAS.....	32
ANEXOS	42

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura caracteriza-se pela produção de organismos com hábitat predominantemente aquático, em cativeiro, em qualquer um de seus estágios de desenvolvimento, abrangendo peixes, crustáceos, moluscos, quelônios e anfíbios (RANA, 1996; OLIVEIRA, 2009). A atividade está em expansão dentro do setor agropecuário brasileiro, com destaque para o ramo da piscicultura, representando 86,6% da produção total nacional da aquicultura continental, estando em constante crescimento em virtude do aumento da demanda por peixes (BOLETIM ESTATÍSTICO DA PESCA E AQUICULTURA DE 2011; SIDONIO et al., 2012), substituindo aos poucos o peixe oriundo da pesca extrativa (ROTTA; QUEIROZ, 2003; FAO, 2016;).

As taxas de retorno e de lucratividade da piscicultura são elevadas, comparativamente às de outras opções de investimento na atividade agropecuária (SCORVO FILHO et al., 1998). A contínua expansão nesse setor também é explicada por avanços em novas tecnologias empregadas, como o melhoramento genético e manejo alimentar e nutricional em diferentes tipos de sistemas implementados em cultivos, como os sistemas de recirculação de água (FAO, 2012).

As espécies de água doce mais produzidas no Brasil são: tilápia (253.824,1 toneladas) e tambaqui (111.084,1 toneladas), as quais somadas representaram 67,0% da produção nacional de pescado desta modalidade. Contudo, a produção de tambacu (49.818,0 toneladas), carpa (38.079,1 toneladas) e pacu (21.689,3 toneladas) também merecem destaque, pois representaram 20,1% da produção (BOLETIM ESTATÍSTICO DA PESCA E AQUICULTURA DE 2011).

A tilápia representa cerca de 35,4% do total de pescado produzido no Brasil, sendo a espécie mais cultivada em 2014 com 198,49 mil toneladas despescadas, o equivalente a 41,9% do total da piscicultura. A espécie registrou um aumento de 17,3% em relação à produção obtida em 2013. Já o grupo popularmente denominado de peixes redondos, tais como o pacu, tambaqui e patinga, juntos representam 31,4% da produção brasileira (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2014).

A tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, (Linnaeus, 1758) é a espécie de água doce mais cultivada na aquicultura brasileira (FAO, 2016) e amplamente cultivada

em todo o mundo (GAN et al., 2016). A China foi responsável por 61,7% dos organismos cultivados em 2012, seguida pela Índia com 6,3% e pelo Vietnã com 4,6%, enquanto que o Brasil ocupava a 15^o posição com 1,1% (FAO, 2014).

A linhagem de tilápia mais difundida no Brasil é a GIFT – Genetically Improved Farmed Tilapia (EMBRAPA, 2015). Apresenta rápida taxa de crescimento, resistência a doenças, adaptação em diferentes condições, ciclo curto de produção e rusticidade, apresentando tolerância a baixos níveis de oxigênio, elevadas concentrações de amônia, locais com alta salinidade e baixas temperaturas (MOREIRA et al., 2001; KUBITZA, 2005), além de ser apreciada, em virtude das características organolépticas do filé, elevado valor nutricional e baixos teores de gordura (BHUJEL, 2000; SCHMIDT, 1988).

A tilápia pode ser criada em diversos sistemas produtivos, tais como em viveiros escavados que podem ser fertilizados ou em sistemas integrados (EDWARDS, 1986; 1991); em sistema de bioflocos apresentando alta sobrevivência e crescimento dos animais (LONG et al., 2015); em raceways, onde os juvenis apresentaram aumento da biomassa total com o aumento da renovação de água em densidade de estocagem de 120 e 150 peixes/m³ (SILVA et al., 2002); em tanques-rede em rios, reservatórios e até mesmo em hidrelétricas confinados em determinadas densidades de estocagem (800, 2000, 2500 e 3000 peixes/tanque-rede) (AYROZA et al., 2011; GARCIA et al., 2013) e em sistemas de recirculação que quando operados adequadamente não exercem efeito negativo sobre o crescimento e sobrevivência dos animais (PUNGRASMI et al., 2016).

O pacu, *Piaractus mesopotamicus*, (Holmberg, 1887) também está entre as principais espécies nativas na aquicultura brasileira, sendo amplamente utilizada em diversas regiões do Brasil, em virtude da facilidade de manejo, rápido crescimento, rusticidade e adaptação em diferentes sistemas de produção, tolerando temperaturas mais baixas se comparado a outras espécies tropicais (CASTAGNOLLI, 1995; MILSTEIN et al., 2000; JOMORI et al., 2003; SAINT-PAUL, 1986; FURUYA, 2008; ABIMORAD et al., 2009). Todavia, pode apresentar baixas taxas de sobrevivência na larvicultura (BASILE; MARTINS et al., 1987).

Apresenta alto valor de comercialização e aceitação pelo mercado consumidor, pois sua carne é firme e com características organolépticas favoráveis. (PETRERE, 1989; CANTELMO, 1993; URBINATI; GONÇALVES, 2005). A característica que pode ser considerada limitante para a comercialização da carne

de peixes redondos é a existência de espinhas em forma de “Y” na musculatura, todavia, atualmente têm sido desenvolvidos cortes específicos para a retirada ou a comercialização na forma de carne mecanicamente separada (ANTUNES, 1997; BITTENCOURT, 2008).

O hábito alimentar onívoro, com comportamento alimentar predominantemente frugívoro-herbívoro, proporciona adaptação para o consumo de dietas formuladas a partir de ingredientes de origem vegetal. Essa capacidade de adaptação desperta o interesse para a piscicultura, podendo propiciar a redução de custos na produção (FERNANDES et al., 2000; ABIMORAD et al., 2008; HISANO et al., 2016). Bicudo et al. (2013) cita que a espécie é adaptada para o armazenamento e reaproveitamento de reservas energéticas. Consegue digerir e metabolizar de maneira mais eficiente fontes de carboidratos e lipídeos, poupando a utilização da proteína para o crescimento, em virtude da sua alimentação ser caracterizada, na natureza, por períodos de alta ingestão de carboidratos (SILVA, 2008).

Geralmente, é criado em viveiros escavados em monocultivo no sistema intensivo ou em policultivo no sistema semi-intensivo, juntamente com outras espécies (MILSTEIN et al., 2000; ABIMORAD et al., 2009). Em cultivos com a utilização de tanques-rede, Abimorad et al. (2009) indica ótimo potencial da espécie para esse sistema. Bittencourt (2008) ao avaliar diferentes densidades de pacus em tanques-rede alocados no reservatório de Itaipu, observou que os valores de conversão alimentar não diferiram entre as densidades (40, 60 e 80 peixes/m³) e salienta que as boas práticas de manejo empregadas em cultivos são fundamentais para o aproveitamento do máximo potencial zootécnico dos animais produzidos.

Em sistemas de circulação fechado de água foi evidenciada a viabilidade na larvicultura intensiva na produção de juvenis de pacu (JOMORI et al., 2005). Em mesma tecnologia de cultivo, juvenis de pacu apresentaram bom desempenho referente a taxa de crescimento específico e conversão alimentar, respectivamente de 3,7% e 1,2 (MACHADO-NETO et al., 2016).

Para a implantação de empreendimentos aquícolas, após análise de mercado, disponibilidade de insumos e serviços, aptidão da propriedade e escolha da espécie, deve ser escolhido o sistema de cultivo mais adequado, levando em consideração a experiência do produtor, o recurso disponível para implantação e o tempo de retorno do capital investido (CREPALDI et al., 2006). Nos últimos anos

têm crescido o interesse em sistemas com baixa renovação de água e geração de efluentes. Entre eles, destacam-se a produção em sistemas de bioflocos bacterianos e os sistemas de recirculação de água (LONG et al., 2015; KUBITZA, 2006).

As tecnologias de recirculação auxiliam na minimização de problemas ambientais, tais como a limitação no uso da água em relação à qualidade e quantidade, limitações da emissão de efluentes ao meio ambiente e impactos ambientais (GOLDBURG et al., 2001). Além disso, através da utilização dessa tecnologia é possível ter maior produtividade com as exigências de recursos- tais como água e área disponível para as instalações-, inferiores ao necessário para outros tipos de cultivo (TIMMONS et al., 2002).

Em determinadas regiões, pode haver baixa disponibilidade e qualidade de água para piscicultura em sistemas convencionais (D'ORBCASTEL et al., 2009). A utilização de sistemas de recirculação de água nesses casos pode ser uma alternativa, pois reduz descargas de efluentes gerados pelo acondicionamento da água, além de proporcionar maior controle da entrada de patógenos (GOLDBURG et al., 2001; TIMMONS et al., 2001; CARVALHO, 2005).

Em comparação a outros sistemas, o mesmo utiliza quantidades relativamente baixas de água por unidade produtiva. A tecnologia de recirculação reutiliza a água, geralmente com menos de 10% do volume total de água substituído por dia ao incorporar determinados tipos de tratamentos (físico, biológico e químico), sendo o abastecimento feito apenas para reposição das perdas por evaporação (HUTCHINSON et al., 2004; TIMMONS et al., 2006).

A nitrificação da água promove a transformação do nitrogênio amoniacal. Para isso, é necessária filtragem mecânica e biológica. Na filtragem mecânica, as partículas sólidas podem ser removidas (CHEN et al., 1993), mas para o processo final de transformação, há dependência principalmente da filtração biológica para a renovação de água e retorno ao sistema (RIDHA; CRUZ, 2001; CHEN; BLANCHETON, 2006). A nitrificação é o principal processo que ocorre nos filtros biológicos, pois as bactérias nitrificantes autotróficas oxidam a amônia ($\text{NH}_4 + \cdot \text{N}$) em nitrato ($\text{NO}_3^- \text{N}$) com nitrito ($\text{NO}_2\text{-N}$) como componente intermediário (GUERDAT et al., 2011).

No cultivo de tilápias em densidade moderada (10 kg/m^3), a utilização de pedra-pomes como substrato no filtro biológico, pode controlar tais concentrações,

como amônia e nitrito dentro da faixa de segurança ao longo do período de cultivo de 121 dias, onde a amônia, nitrito e nitrato foram removidos com sucesso do sistema de recirculação sem efeito negativo sobre o crescimento e sobrevivência dos animais (PUNGRASMI et al., 2016).

As espécies para cultivo nesse sistema devem apresentar potencial de mercado ou de alto valor, pois é necessário investimento considerável e capital operacional, em virtude dos custos de capitalização associados aos sistemas de tanques e filtros (GUTIERREZ-WING; MALONE, 2006; KUBITZA, 2006; TIMMONS et al., 2006). Pode tornar-se economicamente viável para a criação de larvas de espécies marinhas, reprodutores, recria e engorda de espécies de água doce com alto valor comercial (BUCKLING et al., 1993; HINSHAW; THOMPSON, 2000).

Nos Estados Unidos, em virtude das baixas temperaturas, a sazonalidade da produção da tilápia foi um dos fatores que levaram à utilização de sistemas de circulação fechado de água, propiciando o desenvolvimento da produção durante todo o ano (HELSLEY, 2001).

No Brasil, a utilização de um sistema de criação intensivo de larvas poderia proporcionar aumento na disponibilidade de juvenis *P. mesopotamicus* (CESTAROLLI; PORTELLA, 1994). Há estudos apontando a vantagem econômica, em virtude da maior produtividade em larga escala na larvicultura intensiva, além disso para a produção de juvenis de pacu foi evidenciada a viabilidade desse sistema, em vez de estocarem diretamente em viveiros escavados para a produção dos mesmos (JOMORI et al., 2003; 2005).

Weiss et al. (2015) ao avaliarem o desempenho de juvenis de tilápia da linhagem GIFT cultivadas em sistemas de fluxo de água aberto e fechado, recomendaram a utilização do sistema com fluxo de água fechado, em razão das contribuições no melhor desempenho zootécnico dos juvenis do Nilo, pois o ganho médio diário e sobrevivência dos juvenis não foram influenciados, mas o peso médio final foi superior ao dos animais criados em sistema de fluxo aberto.

Deve-se atentar a taxa de troca de água, pois Mota et al. (2017) ao testarem diferentes taxas de troca de água (150 L/ kg de ração/ dia) e (1500 L/ kg de ração/ dia), abordaram que quando há baixa troca de água e a inadequada gestão nesse sistema, ambos fatores propiciam o acúmulo de cortisol proveniente do estresse que os animais podem estar submetidos, como o manuseio, pois o acúmulo de

esteroides liberados pelos peixes na água podem potencialmente influenciar na sua fisiologia e comportamento.

Em razão da qualidade da água e a produção de peixe estarem fortemente atrelados, a tecnologia de recirculação pode proporcionar melhores condições ambientais ao longo do ano, em áreas subtropicais pode ser considerado o sistema mais adequado para espécies sensíveis à qualidade da água (ZHANG et al., 2011).

Badiola (2012) aborda que para essa tecnologia desempenhar um papel importante na produção aquícola, é imprescindível a qualificação de profissionais para assumir a responsabilidade pela qualidade da água e problemas operacionais, além disso, melhorar o desempenho de equipamentos, por intermédio do desenvolvimento de pesquisas em escala comercial e adequação dos componentes utilizados na filtragem mecânica e biológica.

O emprego dessa tecnologia é uma realidade em diversos países e para o sucesso é necessária a adoção de estratégia eficiente e econômica para o tratamento e reuso da água e cuidados durante a condução do cultivo (KUBITZA, 2006). Em virtude da aquicultura brasileira estarem franca expansão em sua produtividade (SILVA, 2012), torna-se interessante a redução de efluentes gerados por produções aquícolas e a avaliação do desempenho produtivo de espécies nativas e exóticas, como pacu e tilápia do Nilo, que possuem potencial de mercado e zootécnico para cultivos em sistemas intensivos, como em sistemas fechados de circulação de água.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o desempenho produtivo de tilápia e pacu cultivados em sistema de recirculação de água na fase de recria.

2.2 Objetivos específicos

Comparar o crescimento de pacu e tilápia durante 70 dias de cultivo em sistema de recirculação de água.

Avaliar a dinâmica dos parâmetros físico-químicos da água ao longo do cultivo e sua interferência no desempenho das espécies.

Avaliar a adoção da tecnologia de sistema de circulação fechado de água como alternativa para produção de juvenis de pacu e tilápia.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal, Laboratório de Peixes Ornamentais, com um período experimental de 70 dias, de março a maio de 2016.

Foi utilizado um sistema de circulação fechado de água com vinte unidades experimentais, as quais eram compostas por tanques de alvenaria revestidos com volume útil de 1500 litros, dotados de sistemas individuais de aeração, abastecimento e escoamento de água com renovação de 4 L/min e temperatura controlada por meio de trocador de calor com temperatura constante.

Foram utilizados filtros mecânicos (vórtex e cachimbo) e biológico (argila expandida), os quais eram divididos em 3 caixas d'água de fibra de vidro com volume de 4000 Litros (1^a- utilização do vórtex para a retenção de partículas da saída de água do sistema; 2^a- decantação das partículas ainda existentes com a utilização do cachimbo e 3^a- argila expandida para a formação de colônias de bactérias nitrificantes e oxidação da amônia a nitrato) (Anexo 1).

Foram distribuídos 600 animais em um delineamento inteiramente ao acaso, com dois tratamentos e dez repetições em densidade de estocagem de 30 peixes/unidade experimental. Os juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) da linhagem GIFT sexualmente revertidos e pacu (*Piaractus mesopotamicus*) utilizados foram provenientes de pisciculturas comerciais localizadas no estado de São Paulo, Brasil. Foi realizada biometria para determinar o peso médio inicial para direcioná-los ao período de quarentena e adaptação. No período de quarentena foram alimentados com ração comercial com teor de 40% de proteína bruta e submetidos a avaliação referente à presença de organismos patogênicos.

Para análise da composição química dos ingredientes, a matéria seca foi obtida em estufa a 105^o C por 12 horas. A proteína bruta foi determinada através do método de Dumas em aparelho Leco 528 LC (ETHERIDGE et al., 1998). A determinação do extrato etéreo foi realizada através da extração com éter de petróleo em aparelho Soxlet. As cinzas foram determinadas em mufla a 550^o C, por incineração. As metodologias utilizadas foram descritas por Silva e Queiroz (2002).

De acordo com as análises prévias da composição química dos ingredientes, foram formuladas duas dietas de acordo com a exigência nutricional

de cada espécie: tilápias (FURUYA, 2010) e pacus (ABIMORAD et al., 2010) (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1-Ingredientes e composição das dietas experimentais para juvenis de pacu (*P.mesopotamicus*) e tilápia (*O.niloticus*).

	Pacu	Tilápia
Ingredientes (%)		
Farinha de Peixe	11,12	9,50
Glúten de milho	5,00	7,20
Farinha de carne e ossos	–	5,00
Farelo de soja	21,00	27,00
Quirera de arroz	0,00	9,00
Milho	31,05	26,46
Farelo de trigo	24,50	10,16
Óleo de soja	0,50	2,00
L-lisina	1,20	0,50
DL-metionina	0,30	0,15
L-treonina	0,14	0,30
L-phenilalanina	–	0,10
Triptofano	0,15	0,10
Fosfato bicálcico	2,08	0,80
Calcário	2,13	0,90
Antifúngico	0,30	0,30
Hidroxitolueno butilado antioxidante	0,03	0,03
Suplemento mineral e vitamínico	0,50	0,50
Composição analisada		
Matéria Seca (%)	84,84	87,1
Proteína Bruta (%)	25,85	30,6
Proteína Digestível (%)	23,10	26,89
Extrato Etéreo Bruto (%)	4,42	6,05
Extrato Etéreo Digestível (%)	3,34	4,63
Energia Bruta (kcal/kg)	3824,38	4066,47
Energia Digestível (kcal/kg)	2931,28	3118,31
Extrato Não Nitrogenado (%)	41,56	38,95
Fibra Bruta (%)	7,81	6,46
Matéria Mineral (%)	4,65	4,81
Cálcio (%)	1,50	1,52
Fósforo Disponível (%)	0,75	0,75

Composição do suplemento: Umidade (%) 2,0, Cinzas (%) 71,6442, Colina (mg/kg) 30.000, Magnésio (%) 0,0085, Enxofre (%) 1,1589, Ferro (mg/kg) 25.714, Cobre (mg/kg) 1.960, Manganês (mg/kg) 13.345, Zinco (mg/kg) 30.000, Iodo (mg/kg) 939, Selênio (mg/kg) 30, Vitamina A (UI/kg) 600.000, Vitamina D3 (UI/kg) 600.000, Vitamina E (mg/kg) 12.000, Vitamina K3 (mg/kg) 631, Tiamina B1 (mg/kg) 1.176, Riboflavina B2 (mg/kg) 1.536, Piridoxina B6 (mg/kg) 1.274, Vitamina B12 (mcg/kg) 4.000, Niacina (mg/kg) 19.800, Acido Pantotênico B3 (mg/kg) 3.920, Acido Fólico (mg/kg) 192, Biotina (mg/kg) 20, Ácido Ascórbico (mg/kg) 40.250.

Tabela 2- Perfil de aminoácidos das dietas experimentais para juvenis de pacu (*P.mesopotamicus*) e tilápia (*O.niloticus*).

	Pacu	Tilápia
Perfil de Aminoácidos (%)		
Metionina	0,73	0,66
Metionina digestível	0,68	0,61
Lisina	1,89	1,74
Lisina digestível	1,75	1,62
Treonina	1,05	1,38
Treonina digestível	0,93	1,22
Arginina	1,54	1,88
Arginina digestível	1,46	1,73
Isoleucina	1,00	1,19
Isoleucina digestível	1,22	1,04
Leucina	2,12	2,57
Leucina digestível	1,97	2,27
Valina	1,15	1,37
Valina digestível	1,00	1,19
Histidina	0,57	0,68
Histidina digestível	0,54	0,63
Fenilalanina	1,17	1,52
Fenilalanina digestível	1,09	1,39
Triptofano	0,40	0,38
Triptofano digestível	0,38	0,36

Para o preparo das dietas, os ingredientes foram homogeneizados em misturador “Y” com capacidade de 100 kg e finamente moídos com a utilização de um moinho centrífugo simples (Modelo MCS 280, Moinhos Viera, Tatuí, Brasil) equipado com uma peneira de crivo de 0,03 mm. As dietas foram extrudadas, obtendo-se granulometria de 4 a 6 mm, usando-se extrusora de parafuso único (Modelo Ex Micro, Exteec, Ribeirão Preto, Brasil) com capacidade média de extrusão de 20 kg h⁻¹. A temperatura da extrusora foi mantida acima de 90 °C. A adição de água foi realizada manualmente na proporção de 19%.

Após a extrusão, as dietas foram secas em estufa de circulação de ar forçada a 55 °C durante 12 horas. Para o fornecimento aos animais, as rações foram desintegradas de modo a apresentarem granulometrias ajustadas ao tamanho da

boca dos peixes, aproximadamente 1,7 mm. A frequência alimentar foi de 3 vezes ao dia, às 09:00, às 13:00 e às 17:00, até a saciedade aparente.

Aos 40 dias e ao final do período experimental, foram efetuadas as medidas de peso (g) de todos os animais, além da contabilização do consumo de ração. A partir desses dados, foram calculados os seguintes parâmetros: peso final (g); Comprimento total: medida da extremidade da cabeça até o final da nadadeira caudal (cm); fator de condição: $FC = (\text{Peso} \times 100) / (\text{Comprimento total}^3)$; conversão alimentar aparente: $CAA = \text{alimento consumido} / \text{ganho em peso}$; ganho em peso diário (g): $GPD = (\text{peso final} - \text{peso inicial}) / \text{dias}$; ganho em peso no período (g): $GPP = (\text{peso final} - \text{peso inicial})$; ganho em peso relativo (%): $GPR = (\text{peso final} * 100) / \text{peso inicial}$ e taxa de crescimento específico: $TCE (\%/dia) = [(\ln (\text{peso final}) - \ln (\text{peso inicial})) / \text{dias}] \times 100$.

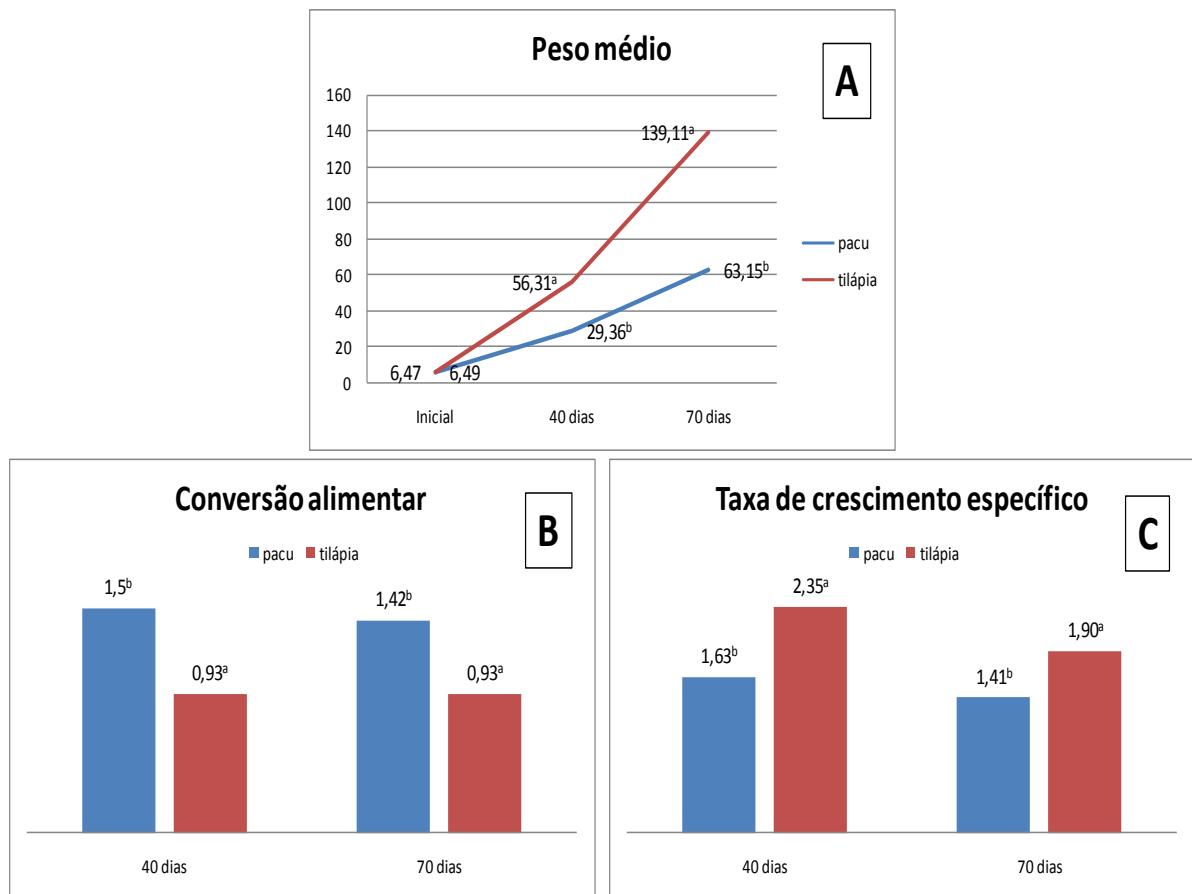
Os parâmetros físico-químicos da água, tais como potencial hidrogeniônico (pH) médio, oxigênio dissolvido médio, amônia total média, nitrito médio e nitrato médio foram aferidos a cada dois dias. Após, foram mensurados semanalmente, com exceção da temperatura. A temperatura média ($29,5^{\circ}\text{C} \pm 0,75$) foi aferida diariamente no turno da manhã e tarde por meio de um termômetro de bulbo de mercúrio. O potencial hidrogeniônico (pH) médio ($7,7 \pm 0,15$) e oxigênio dissolvido médio ($6,6\text{mg/l} \pm 0,66$) foram mensurados por intermédio de equipamentos. As concentrações de amônia, nitrito e nitrato foram determinadas pelo método colorimétrico em amostras de água da entrada - amônia total média ($0,07\text{mg/l} \pm 0,04$); nitrito médio ($0,02\text{mg/l} \pm 0,03$) e nitrato médio ($0,75\text{mg/l} \pm 0,18$) - e saída - amônia total média ($0,17\text{mg/l} \pm 0,12$); nitrito médio ($0,03\text{mg/l} \pm 0,03$) e nitrato médio ($0,78\text{mg/l} \pm 0,15$) - do sistema de recirculação, com leitura no espectrofotômetro, de acordo com método de Golterman et al. (1978).

Os dados coletados foram submetidos a teste de normalidade e análise de variância de uma via, a 5% de significância. As médias, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey, também em nível de 5% de significância ($P < 0,05$) e desvio padrão residual de acordo com o programa estatístico S.A.S. versão 9.1.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período experimental, tanto aos 40 quanto aos 70 dias de cultivo em recirculação de água houve diferença significativa em todas as variáveis de desempenho entre as duas espécies, tendo a tilápia apresentado melhor desempenho em comparação ao pacu (Figura 1).

Figura 1- Desempenho de juvenis de pacu e tilápia em sistema de recirculação.



A) Peso médio; B) Conversão alimentar; C) Taxa de crescimento específico. Médias seguidas de letras diferentes no mesmo período de tempo apresentam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Embora ambas espécies estudadas tenham o mesmo hábito alimentar e a característica de serem espécies oportunistas, apresentam capacidades diferentes de aproveitamento de energia e nutrientes e exigência nutricional diferentes (SILVA, 1985; KEENLEYSIDE, 1991; BICUDO et al., 2013). Além disso, o trabalho de décadas no melhoramento genético da tilápia e a produção de populações monosexo atrelados ao pacote tecnológico já desenvolvido, para diversos sistemas produtivos contribuem para os melhores resultados observados. Para o pacu,

paulatinamente pesquisas estão sendo desenvolvidas para a construção de um pacote tecnológico específico (URBINATI et al., 2010). Além disso, a influência da diferença entre as espécies em relação a velocidade de crescimento atrelada ao peso final.

Os resultados de ganho em peso para tilápia (Tabela 3) foram superiores aos observados por Fülber et al. (2009), de 36,72 g, ao avaliarem o desempenho de juvenis de tilápia GIFT com peso inicial de 8,43g. Os autores testaram diferentes densidades de estocagem (3, 5 e 7 animais / m³) durante 53 dias, com parâmetros da água em condições ideais de cultivo para a espécie (OSTRENSKI; BOEGER, 1998; MARDINI; FERREIRA, 2000; RIBEIRO, 2001; ARANA, 2004), em mesmo contexto, os juvenis de pacu mesmo que submetidos a maior densidade de estocagem (30 peixes/1,5m³) no presente estudo, também, obtiveram melhor desempenho em ganho de peso.

Tabela 3- Desempenho zootécnico de pacus e tilápias em sistema de recirculação de água em 40 e 70 dias de período experimental.

Variáveis	Pacu	Tilápia	dpr*
Peso inicial (g)	6,49 ± 0,03 ^a	6,47 ± 0,02 ^a	0,09
40 dias			
Comprimento total (cm)	11,31 ± 0,14 ^b	14,56 ± 0,06 ^a	0,34
Ganho de peso diário (g)	0,57 ± 0,81 ^b	1,25 ± 0,02 ^a	0,09
Ganho de peso no período (g)	22,86 ± 1,40 ^b	49,85 ± 0,60 ^a	3,42
Ganho em peso relativo (%)	352,00 ± 22,03 ^b	770,79 ± 8,91 ^a	53,14
Cons. de ração (% PV/dia ^{**})	4,59 ± 0,15 ^a	4,32 ± 0,03 ^b	0,34
Fator de condição	2,01 ± 0,03 ^a	1,82 ± 0,01 ^b	0,08
70 dias			
Comprimento total (cm)	14,40 ± 0,21 ^b	19,14 ± 0,15 ^a	0,57
Ganho de peso diário (g)	0,81 ± 0,04 ^b	1,90 ± 0,06 ^a	0,15
Ganho de peso no período (g)	56,65 ± 2,81 ^b	132,65 ± 3,85 ^a	10,65
Ganho em peso relativo (%)	871,80 ± 43,17 ^b	2051,62 ± 61,38 ^a	167,81
Cons. de ração (% PV/dia ^{**})	3,14 ± 0,10 ^a	2,38 ± 0,04 ^b	0,23
Fator de condição	2,10 ± 0,01 ^a	1,98 ± 0,01 ^b	0,04

Valores expressos como média±erro padrão da média. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha são diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05). *Desvio padrão residual; **PV: peso vivo.

Mesmo com desenvolvimento inferior à tilápia no presente estudo, a possibilidade de criação de juvenis de pacu em sistemas de recirculação de água é real e promissora, conforme demais estudos que testaram a espécie em mesmas estruturas. Castanedo e Espinosa et al. (2012) ao testarem teores de proteína bruta de 18% e 28% para juvenis de pacu com peso médio inicial de 0,73g, durante 60 dias de cultivo em sistema de recirculação de água. As médias dos parâmetros da água mantiveram-se dentro do intervalo de conforto (ARANA, 2004), entretanto, as

concentrações de oxigênio dissolvido, nitrito e gás carbônico apresentaram oscilações e valores críticos durante o período no tratamento com 28% de proteína bruta. Embora os animais estivessem em alta densidade (317 peixes/m³), obtiveram peso médio final de 22,96g, próximo ao mensurado no presente estudo em 40 dias de 22,86g.

Juvenis de pacu com peso médio inicial de 5,19g cultivados durante 69 dias em sistema fechado de circulação de água em diferentes densidades de estocagem (50, 100 e 150 peixes/ m³), tiveram taxa de crescimento específico médio de 1,5% (JÚNIOR et al., 2016), próximo ao mensurado no presente trabalho de 1,41%. Juvenis de pacu com peso médio inicial de 7,83g mantidos em sistema fechado de circulação de água durante 90 dias em densidade de 3 peixes/Litro, apresentaram melhor conversão alimentar de 1,17 (SADO et al., 2009) ao compararmos com a encontrada em período experimental de 70 dias, de 1,43.

No final do período de 70 dias, a conversão alimentar de 0,93 apresentou melhor desempenho quando comparada com a conversão alimentar de 1,14 obtida no cultivo de juvenis de tilápia do Nilo em sistema de recirculação equipado com filtro biológico durante 56 dias no Rio Grande do Sul, Brasil (MESQUITA, 2010). Garcia et al. (2013) avaliaram juvenis de tilápia do Nilo em tanques-rede no reservatório de Ilha Solteira, São Paulo, Brasil, durante 41 dias em densidade de estocagem de 30 kg/m³ (800 peixes/tanque-rede), com peso médio inicial de 78g, os quais apresentaram conversão alimentar de 0,95, próximo ao mensurado no cultivo em sistema de circulação fechado de água de 0,93. A criação de juvenis de tilápia durante 127 dias em densidade de estocagem de 2 peixes/m² em viveiros escavados e fertilizados, levou à conversão alimentar de 1,36 (ODA, 2015), inferior a encontrada no estudo de 0,93.

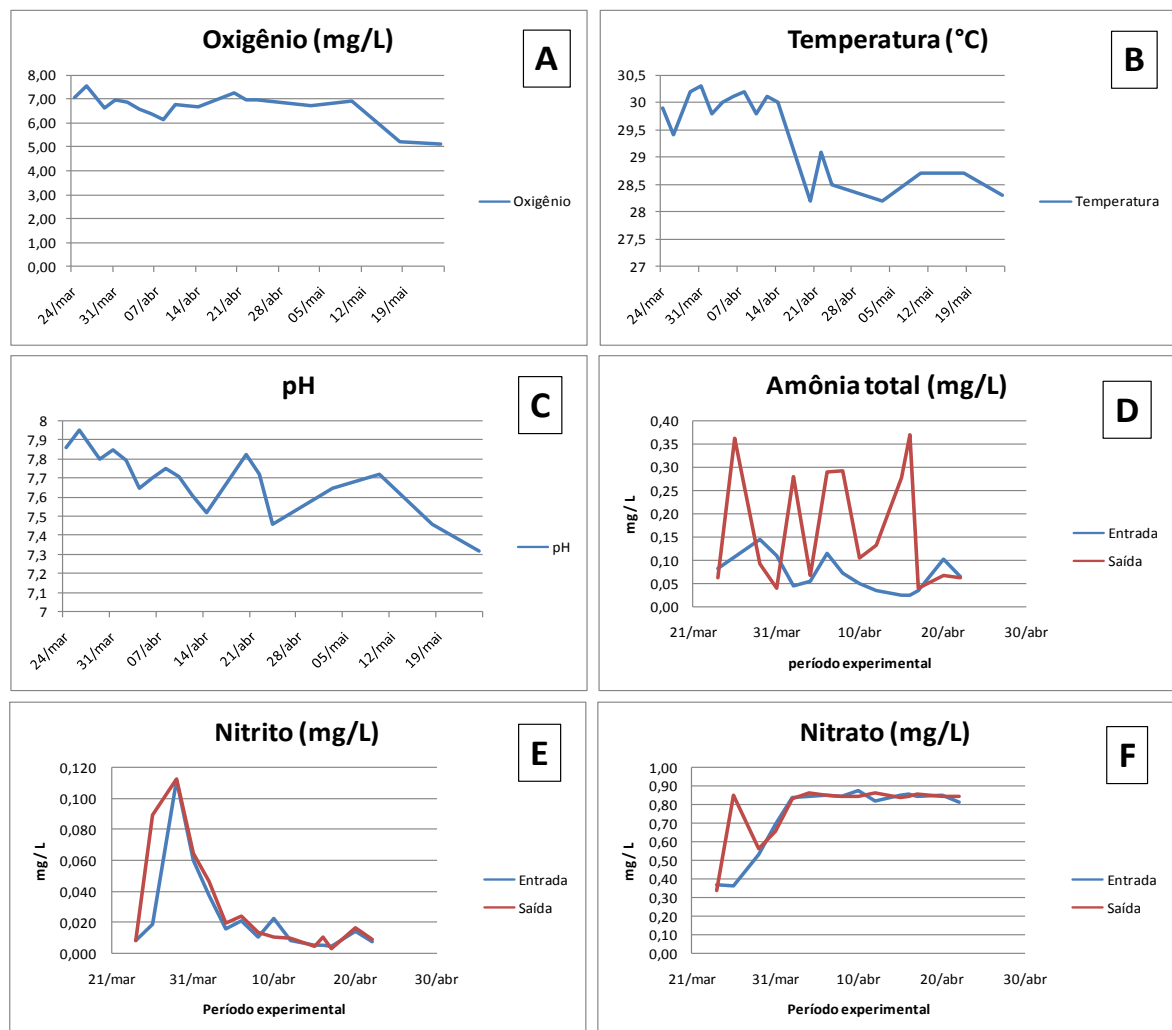
Em sistemas de recirculação, a densidade de estocagem influenciou no desempenho referente a conversão alimentar de juvenis de tilápia, os indivíduos com peso inicial de 2,03g apresentaram 1,78 de conversão alimentar em densidade de estocagem de 600 indivíduos/ m³ (GULLIAN-KLANIAN; ARÁMBURU-ADAME, 2013). Nesse contexto, tanto os juvenis de tilápia como os de pacu, mantidos em baixa densidade, apresentaram melhores conversões alimentares, respectivamente, de 0,93 e 1,42 em mesmo tempo de período experimental.

Em viveiros escavados de terra são comuns conversões alimentares entre 1,0 e 1,3 no cultivo de tilápias, já em tanques-rede, as conversões alimentares

podem variar entre 1,5 e 1,8 com adequado manejo, ambos tipos de cultivo apresentaram conversões alimentares de desempenho inferiores ao mensurado no presente trabalho para juvenis de tilápias. Além disso, na fase de recria em sistemas de tanques-rede os animais ficam suscetíveis a uma maior pressão de produção e estresse influenciando diretamente no desempenho produtivo (KUBTIZA, 1999; 2000).

A manutenção dos parâmetros de qualidade da água no sistema fechado de circulação de água é vital para o funcionamento de todos os componentes do sistema. Os dados observados durante o período experimental encontram-se dentro do intervalo de confiança mensurado para peixes (ARANA, 2004) (Figura 2).

Figura 2 - Parâmetros de qualidade da água observados ao longo do cultivo, na entrada de água das unidades experimentais e na saída, antes da filtragem biológica.



A) Oxigênio dissolvido (mg/L); B) Temperatura (°C); C) pH; D) Amônia total (mg/L); E) Nitrito (mg/L); F) Nitrato (mg/L).

As tilápias são peixes tropicais que devem ser criadas em águas com temperaturas entre 25 a 31°C, teores de oxigênio dissolvido acima de 2~3 mg/L e níveis de amônia não ionizada inferiores a 0,08 mg/ L (FURUYA et al., 2013). O pacu apresenta seu maior potencial em temperaturas entre 28-30°C (CARNEIRO, 1990), Urbinati e Gonçalves (2005) mencionaram 23 a 29°C como o seu intervalo de conforto.

Em cultivos de peixes, a faixa de pH deve estar entre 6,5 e 9,0 (BOYD, 1981; 1997; ARANA, 2004), e o ideal para a produção de tilápias deve ser mantido na faixa de 6,0 a 8,5 (KUBITZA, 2000). Para o pacu, as faixas de conforto das variáveis da qualidade da água foram definidas em condições laboratoriais. Nesse contexto, pode-se relatar que, durante o período estudado, tanto o pH médio da água como os demais parâmetros médios mensurados estiveram dentro do intervalo de confiança para o desenvolvimento de ambas espécies em sistema de recirculação de água (Figura 2).

Marengoni et al. (2013) ao avaliarem os parâmetros físicos e químicos da água nesse tipo de sistema durante o cultivo de juvenis de tilápia do Nilo no período de 14 a 84 dias de experimentação constataram que a temperatura, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio e pH não influenciaram no desenvolvimento dos animais, todavia referente a amônia total e nitrato observaram a redução na qualidade da água no período de 56 a 84 dias.

Em sistemas fechados, os biofiltros melhoram as concentrações de compostos nitrogenados na água, pois são responsáveis pela decomposição de resíduos de matéria orgânica promovendo a oxidação da amônia a nitrato (PEDREIRA et al., 2009). As colônias de bactérias podem demorar semanas para se estabelecerem no biofiltro, em virtude disso, os substratos utilizados devem estar previamente maturados para a fixação das colônias de bactérias nitrificantes no sistema de recirculação (KUBITZA, 2006; OTONI, 2015).

No presente estudo, o biofiltro apresentou-se eficiente na degradação da amônia, embora as concentrações de amônia total e nitrito tenham apresentado picos nos primeiros 10 dias em virtude do biofiltro ter sido maturado com os animais em período experimental inicial. Entretanto, as alterações em concentrações iniciais foram breves e baixas, com exceção do nitrito, mesmo assim, não interferiu no desempenho dos indivíduos e logo ocorreu a estabilização do sistema de

recirculação. Além disso, segundo Tachibana et al. (2004) águas com maior teor de nitrogênio, fósforo e matéria orgânica, tornam-se mais propícias para desenvolvimento de microrganismos patogênicos, fato não observado durante o experimento, provavelmente devido à baixa densidade de estocagem utilizada o que facilitou a eliminação dos metabólitos.

Em sistemas raceways para a produção de tilápia do Nilo, embora os parâmetros de qualidade da água estivessem dentro do intervalo de confiança para a espécie (ARANA, 2004), durante o período de 63 dias de cultivo em densidade de estocagem de 10 indivíduos/ m³ os peixes apresentaram conversão alimentar de 1,24 (ARREDONDO-FIGUEROA et al., 2015), inferior a encontrada no presente estudo de 0,93.

No cultivo de juvenis de tilápias do Nilo em viveiros escavados na região oeste do Paraná durante 84 dias, os animais apresentaram baixo crescimento (peso final médio de 86,67g), em função dos fatores climáticos desfavoráveis para a produção (MARENGONI et al., 2008), a temperatura, a exemplo, pode ficar abaixo do conforto térmico para o cultivo de tilápias (KUBITZA, 2000). Partindo disso, o cultivo de juvenis em sistema fechado de circulação de água pode apresentar-se como vantagem, em função do controle da temperatura, pois esse parâmetro durante o período experimental esteve dentro do conforto térmico, gerando ganho de peso quase que duas vezes superior ao encontrado pelos autores.

A amplitude térmica no sul e sudeste no período reprodutivo é grande. Na região sul os períodos de frio mais intenso podem ocasionar mortalidade de espécies introduzidas, como a tilápia e pacu (GARCIA et al., 2008). O pacu apresenta crescimento e reprodução afetados em virtude da menor temperatura da água e geralmente ocorre maior mortalidade nos meses mais frios (ARAÚJO-LIMA; GOMES, 2005; URBINATI; GONÇALVES, 2005). Em juvenis de tilápia, temperaturas inferiores ao intervalo de conforto apresentam redução da taxa de crescimento e inibição a resposta imune (CYRINO; CONTE, 2004; BALDISSEROTO et al., 2013).

Assim, a utilização do sistema de circulação fechado de água apresenta-se como alternativa vantajosa em regiões de frio mais intenso, pois a característica de controle da temperatura proporcionará o máximo conforto dos juvenis mantendo-os em sua faixa de conforto específica até o peso de transferência para tanques-rede

ou viveiros escavados, gerando lotes com maiores índices de sobrevivência, uniformidade e peso, em menor período de tempo. A piscicultura está em expansão dentro do setor agropecuário brasileiro (SIDONIO et al., 2012), um bom indicador desse crescimento é o aumento da demanda por juvenis, sendo considerado um dos principais fatores de custo de produção (TANIGUCHI, 2010).

Nos últimos anos, um dos gargalos, principalmente na tilapicultura, é encontrar juvenis com tamanho adequado (entre 30 e 40 g) para o povoamento de tanques-rede de malha de $\frac{3}{4}$ ". A produção de juvenis de tilápia em forma de condomínio já é uma realidade, em que os produtores especializados compram alevinos e fazem a recria, porém, a demanda por esse produto ainda é maior que a oferta. Assim, a produção de juvenis pode ser uma ótima alternativa para produtores, pois é uma das fases mais rentáveis, por possuir ciclo rápido e aproveitar a maior eficiência dos animais com relação ao aproveitamento de alimento (CASTELLANI, 2013).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tilápia, em sistema de circulação fechado de água, mostrou superioridade em relação ao pacu tanto aos 40, quanto aos 70 dias de cultivo. Tal fato reforça a necessidade de avanço nos estudos com espécies nativas, principalmente com relação ao melhoramento genético e aptidão em diferentes sistemas de produção. A distribuição da tilápia em todo o mundo comprova a importância desses avanços. Mesmo assim, o pacu chegou ao peso considerado mínimo para estocagem em tanques-rede aos 40 dias de cultivo. Ambas espécies apresentaram desempenho semelhante e, em alguns casos, maior que o observado em outros sistemas de cultivo, como tanques-rede ou viveiros escavados, provando que a tecnologia de recirculação de água é tecnicamente viável para a produção de juvenis.

O mercado da piscicultura continental está em constante expansão no Brasil e a demanda por formas jovens após recria é real e crescente. Aliado à produção, há o apelo mundial no tocante ao uso de recursos hídricos na aquicultura, estando a tecnologia de recirculação de água alinhada ao conceito de sustentabilidade. Tendo em vista esse cenário, fica clara a necessidade de preenchimento de lacunas do pacote tecnológico de espécies nativas e também da tilápia na realidade brasileira, além da definição do funcionamento de componentes estruturais desses sistemas para a obtenção de módulos produtivos, padronizando o cultivo desses animais.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-TAWWAB, M. et al. Effect of dietary protein level, initial body weight, and the in interaction on the growth, feed utilization, and physiological alterations of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquaculture**, v. 298, p. 267–274, 2010.
- ABIMORAD, E.G. Dietary digestibility lysine requirement and essential amino acid to lysine ratio for pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture Nutrition**, v.16, p. 370-377, 2010.
- ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Digestibility and performance of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles-fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. **Aquaculture Nutrition**, v. 13, p. 1–9, 2007.
- ABIMORAD, E.G. et al. Dietary supplementation of lysine and/or methionine on performance, nitrogen retention and excretion in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) reared in cages. **Aquaculture**, v. 295, p. 266–270, 2009.
- ABIMORAD, E.G.; SQUASSONI, G.H.; CARNEIRO, D.J. Apparent digestibility of protein, energy, and amino acids in some selected feed ingredients for pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Aquaculture Nutrition**, v. 14, p. 374–380, 2008.
- ANTUNES, S.A. Recentes avanços e perspectivas da industrialização do pescado de água doce. In: SIMPÓSIO SOBRE MANJEJO DE PEIXES, Piracicaba, SP, 1997. **Anais...** Piracicaba: CBNA, 1997, p. 131-136, 1997. v. 2.
- ARREDONDO-FIGUEROA, J. L. et al. Performance of Brooders, Fry and Growth of the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Cultured in an Experimental Recirculating Aquaculture System. **Agricultural Sciences**, v. 6, p. 1014-1022, 2015.
- AYROZA, L. M. S et al. Custos e rentabilidade da produção de juvenis de tilápia-donilo em tanques-rede utilizando-se diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 231–239, 2011.
- ARANA, L.V. **Princípios químicos de qualidade de água em aquicultura**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 231p, 2004.
- ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M.; GOMES, L. C. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). 2005, Pp. 175-193. In: Baldisserotto, B. & L. C. Gomes. (Eds.). **Espécies Nativas para Piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 470p.
- BADIOLAA, M.; MENDIOLAA, D.; BOSTOCKB, J. Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges. **Aquacultural Engineering**, v. 51, p. 26– 35, 2012.
- BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de Peixes Aplicada à Piscicultura**. 3ª edição. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2013.

BALDISSEROTTO, B. **Piscicultura de água doce no Rio Grande do Sul: situação atual, problemas e propostas para o futuro**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2002.

BALDISSEROTTO, B.; L. C. GOMES. (Eds.). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

BASILE MARTINS, M.A. et al. Observação sobre a alimentação e a sobrevivência de larvas de pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) (*Colossoma mitrei*, Berg, 1887). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 14, p. 63–68, 1987.

BHUJEL, R.C. A review of strategies for the management of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodfish in seed production systems, especially hapa-based systems. **Aquaculture**, v. 181, p. 37–59, 2000.

BICUDO, A.J.A.; SADO, R.Y.; CYRINO, J.E.P. Growth and haematology of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, fed diets with varying protein to energy ratio. **Aquaculture Research**, v. 40, p. 486–495, 2009.

BICUDO, A.J.A.; SADO, R.Y.; CYRINO, J.E.P. Growth performance and body composition of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, in response to dietary protein and energy levels. **Aquaculture Nutrition**, v. 16, p. 213-222, 2010.

BITTENCOURT, F. **Cultivo de pacu *Piaractus mesopotamicus* sob diferentes densidades em tanque-rede no reservatório de Itaipu**. 2008. 48 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2008.

BORGHETTI, J.R.; CANZI, C. The effect of water temperature and feeding rate on the growth rate of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) raised in cages. **Aquaculture**, v. 114, p. 93–101, 1993.

BORGHETTI, N. R. B.; OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R. **Aquicultura: uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no mundo**. Curitiba: Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos Ambientais, 2003.

BOYD, C.E. **Water quality in warmwater fish culture**. Auburn: Auburn University, 1981.

BOYD, C.E. **Manejo do solo e da qualidade da água em viveiro para aquicultura**. Campinas: Associação Americana de soja, 1997.

BUCKLING, R.A. et al. Energy use of recycling water aquaculture systems for ornamental fish production. Circular 1095. Florida Cooperative Extension Service. **Institute of Food and Agricultural Sciences**, University of Florida, Gainesville. FL, 5 pp, 1993.

BURKERT, D. **Avaliação do uso de carnitina e de duas fontes de metionina no desempenho e na composição corporal do pacu, *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887**. 2007. 49 f. Tese (Doutorado em Produção Animal)- Centro de

Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2007.

CARVALHO, M.B. Larvicultura de beijupirá. **Panorama da Aquicultura**, v. 15, n. 92, p. 45-53, 2005.

CARNEIRO, D. J. **Efeito da temperatura na exigência de proteína e energia em dietas para alevinos de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887)**. Tese de Doutorado- Universidade Federal de São Carlos, 1990.

CASTANEDO, O. D.; ESPINOSA, D.A.M. Desempeño de los sistemas acuícolas de recirculación en el cultivo intensivo del Pacú *Piaractus mesopotamicus* (Characiformes: Characidae). **Revista de Biología Tropical**, v. 60, n. 1, p. 381-391, 2012.

CASTAGNOLLI, N. Status of aquaculture in Brazil. **World Aquaculture**, v. 26, p. 35–39, 1995.

CASTELLANI, D. **Piscicultura no Noroeste Paulista: Uma Atividade Consolidada**

Panorama da Aquicultura. Disponível em: <http://www.panoramadaaquicultura.com.br/novosite/?p=1418> 2013. Acesso em: 4 dez. 2016

CESTAROLLI, M.A.; PORTELLA, M.C. Larvicultura de peixes uma abordagem em escala piloto. **Comunicação da Pesquisa Agropecuária**, v.12, p. 28– 29, 1994.

CHABALIN, E.; SENHORINI, J.A.; FERRAZ DE LIMA, J.A. Estimativa de custo e produção de larvas e alevinos. **Boletim Técnico CEPTA**, v.2, p. 61– 74, 1989.

CHEN, S. et al. Suspended solids characteristics from recirculating aquacultural systems and design implications. **Aquaculture**, v. 112, p. 143-155, 1993.

CHEN, S.; LING, J.; BLANCHETON, J. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. **Aquacultural Engineering**, v. 34, p. 179–197, 2006.

CLAY, J. **World Wildlife Fund**, Washington, D.C. Personal communication, 2001.

CREPALDI, D.V. et al. Sistemas de produção na piscicultura. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.30, p.86-99, 2006.

CYRINO, J.E.P.; CONTE, L. Tilapicultura em gaiolas: Produção e economia. **Anais Aquaciência**, Vitória: Espírito Santo, p. 151-171, 2004.

D'ORBCASTEL, E. R. et al. Comparative growth and welfare in rainbow trout reared in recirculating and flow through rearing systems. **Aquacultural Engineering**, v. 40, n. 2, p. 79-86, 2009.

D'ORBCASTEL, E. R.; BLANCHETON, J.P.; BELAUD, A. Water quality and rainbow trout performance in a Danish Model Farm recirculating system: comparison with a flow-through system. **Aquacultural Engineering**, v. 40, p. 135–143, 2009.

EDING, E.H. et al. Design and operation of nitrifying trickling filters in recirculating aquaculture: a review. **Aquacultural Engineering**, v.34, 234–260, 2006.

EDWARDS, P. Duck/fish integrated farming systems. In: D.J. Farrell and P. Stapleton (Editors), Duck Production, **Science and World Practice**. University of New England, 1981.

EDWARDS, P. Integrated fish farming. Infofish International, p. 45-51, 1991.

EL-SAYED, A.-F.M. **Tilapia Culture**. CABI Publishing, CABI International, Willingford, Oxfordshire, United Kingdom. 2006.

ETHERIDGE, R.D.; PESTI, G.M.; FOSTER, E.H. A comparison of nitrogen values obtained utilizing the Kjeldahl nitrogen and Dumas combustion methodologies (Leco CNS 2000) on samples typical of an animal nutrition analytical laboratory. **Animal Feed Science and Technology**, v.73, p.21-28, 1998.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/home>>. Acesso em: 30 out. 2016.

FAO, 2006. Cultured Aquatic Species Information Programme – *Oreochromis niloticus*. Text by Rakocy, J. E. In FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome, 2006.

FAO, 2007. Fisheries and Aquaculture Department. Species Fact Sheets *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), 2007.

FAO, 2012. Fisheries global information system. FAO Fisheries and Aquaculture Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2012.

FAO, 2014. Fishery and Aquaculture Statistics. 2014/FAO annuaire. Statistiques des pêche set de l'aquaculture. 2014/FAO anuario. Estadísticas de pesca y acuicultura. 2014.

FAO, 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Cultured Aquatic Species Information Programme: *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), 2016.

FERNANDES, J. B. K.; CARNEIRO, D.J.; SAKOMURA, N.K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 646-653, 2000.

FULBER, V.M. et al. Desempenho comparativo de três linhagens de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* em diferentes densidades de estocagem. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, v. 31, p. 177-182, 2009.

FURUYA, W. M. et al. Fitase em rações para juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, p. 489 - 496, 2008.

FURUYA, W.M (Ed). **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. Toledo, PR: GFM, 2010.

GARCIA, L. O. et al. Freshwater temperature in the state of Rio Grande do Sul, Southern Brazil, and its implication for fish culture. **Neotropical Ichthyology**, v. 6, p. 275-281, 2008.

GARCIA, F. et al. Stocking density of Nile tilapia in cages placed in a hydroelectric reservoir. **Aquaculture**, v. 410–411, p. 51–56, 2013.

GAN, Z. et al. Molecular characterization and expression of CD2 in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in response to *Streptococcus agalactiae* stimulus. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 50, p. 101 - 108, 2016.

GULLIAN-KLANIAN, M.; ARÁMBURU-ADAME, C. Performance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fingerlings in a hyper-intensive recirculating aquaculture system with low water exchange. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 41, p. 150-162, 2013.

GODOY, M. P. Peixes do Brasil: subordem Characoidei: bacia do rio Mogi- Guassu. Piracicaba: Franciscana. v.1-4, 216p, 1975.

GOLDBURG, R.J.; ELLIOTT, M.S.; NAYLOR, M.A. Marine Aquaculture in the United States: Environmental Impacts and Policy Options. **Pew Oceans Commission**, Arlington, 44 pp, 2001.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. Methods for physical and Chemical Analysis of Fresh waters. Oxford: Black weel Science Publication. London, **IBP Handbook**, v. 8, 214 p., 1978.

GUEDART, T.C. et al. Evaluating the effects of organic carbon on biological filtration performance in a large scale recirculating aquaculture system. **Aquacultural Engineering**, v.44, p. 10–18, 2011.

GUTIERREZ-WING, M.T.; MALONE R.F. Biological filters in aquaculture: Trends and research directions for freshwater and marine applications. **Aquacultural Engineering**, v. 34, p.163–171, 2006.

HELSLEY, C.E. Open ocean aquaculture in Hawaii--progress and constraints. In *Book of Abstracts*, **Aquaculture**, p. 21-25, 2001. Baton Rouge: **World Aquaculture Society**, 289.

HINSHAW, J.M.; THOMPSON, S.L. Trout Production. Handling Eggs and Fry. Southern Regional Aquaculture Center (SRAC), **Aqua KE Gov Doc, Technical Publication**, 220, 4pp, 2000.

HUTCHINSON, W. et al. Recirculating Aquaculture Systems Minimum Standards for Design, Construction and Management. **Inland Aquaculture Association of South Australia, Inc.**, 70 pp, 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. **Produção da Pecuária Municipal**. 2014.

JOMORI, R.; CARNEIRO, D.J.; PORTELLA, M.C. Growth and survival of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) juveniles reared in ponds or at different initial larviculture periods indoors. **Aquaculture**, v. 22, p. 277–287, 2003.

JOMORI, R.K. et al. Economic evaluation of *Piaractus mesopotamicus* juvenile production in different rearing systems. **Aquaculture**, v. 243, p. 175– 183, 2005.

JÚNIOR, A. H. et al. Efeito da densidade de estocagem na pré-engorda do pacu, *Piaractus mesopotamicus*, em sistemas de recirculação. Florianópolis, SC. **Anais... 26º Seminário de Iniciação Científica- SIC UDESC**, 2016.

KAMSTRA, A.; VAN DERHEUL, J.W.; NIJHOF, M. Performance and optimization of trickling filters on eel farms. **Aquacultural Engineering**, v.17, p. 175–192, 1998.

KEENLEYSIDE, M. H. A. Cichlid Fishes: Behavior, Ecology and Evolution. Fish and Fisheries Series 2. Chapman & Hall, London, England, 1991.

KUBITZA, F. Panorama da Piscicultura no Brasil: Estatísticas, espécies, pólos de produção e fatores limitantes a expansão da atividade. **Panorama da Aquicultura**. v. 22, n. 132, p. 14–25, 2012.

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

KUBITZA, F. Qualidade de água na produção de peixes: parte I. Panorama da Aquicultura, v.8, n. 45, p. 36-41, 1998.

KUBITZA, F. Sistemas de recirculação: sistemas fechados com tratamento e reuso da água. **Panorama da Aquicultura**, v. 16, n. 95, p. 15-22, 2006.

LING, J.; CHEN, S. Impacto for ganic carbono on nitrification performance of diferente biofilters. **AquaculturalEngenearing**, v. 33, p.150-162, 2005.

LOMBARDI, D.C.; GOMES, L.C. Substituição de alimento vivo por alimento inerte na larvicultura intensiva do tambacu (♀ *Colossoma macropomum* X ♂ *Piaractus mesopotamicus*). **Acta Scientiarum Animal Sciences**. v. 30, n. 4, p. 467–472, 2008.

MACIEL, P.O. **Efeito do Praziquantel sobre as variáveis sanguíneas de *Colossoma macropomum* Curvier 1818 (Characidae: *Serrasalminae*) e sua eficiência como anti-helmíntico no controle de parasitas monogenóides (Plathyhelminthes: Monogenoidea)**. 2009. 96 f. Dissertação (Mestrado em Biologia de Água doce e Pesca Interior)- Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. 2009.

MACHADO-NETO R. et al. Growth performance of juvenile pacu (*Piaractus mesopotamicus*) and dourado (*Salminus brasiliensis*) fed with lyophilized bovine colostrum. **Aquaculture Research**, v. 47, p. 3551–3557, 2016.

MARDINI, C. V.; FERREIRA, L. V. B. L. **Cultivo de peixes**. Canoas: Ulbra, 2000.

MARENGONI, N. G. et al. Desempenho produtivo e viabilidade econômica de juvenis de tilápia-do-Nilo cultivados na região oeste do Paraná sob diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, p. 341-349, 2008.

MARENGONI, N.G. et al. Qualidade física e química da água em sistema fechado de recirculação durante o cultivo de juvenis de tilápia-do-Nilo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 927-934, 2013.

MARTINS, I. M. C.; EDING, H. E.; VERRETH, J.A.J. The effect of recirculating aquaculture systems on the concentrations of heavy metals in culture water and tissues of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Food Chemistry**, v. 126, p. 1001–1005, 2011.

MEADE, J.W. Allow able ammonia for fishculture. **Progressive Fish-Culturist**, v. 47, p. 135–145, 1985.

MEROLA, N.; SOUZA, H. Preliminary studies on the culture of the pacu, *Colossoma mitrei*, in floating cages: Effect of stocking density and feeding rate on growth performance. **Aquaculture**, v. 68, p. 243–248, 1988.

MESQUITA, R. C. T. **Cultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema de recirculação sem liberação de efluentes**. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Graduação em Medicina Veterinária)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

MILSTEIN, A. et al. Low temperature tolerance of pacu, *Piaractus mesopotamicus*. **Environmental Biology of Fishes**, v. 58, p. 455-460, 2000.

Ministério da Pesca e Aquicultura, 2011. Boletim estatístico da pesca e aquicultura. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/estatistica/est_2011_bol__bra.pdf. Acesso em: 20 nov. 2016.

MOTA, V. C. et al. Water cortisol and testosterone in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) recirculating aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 468, p. 255–261, 2017.

MOREIRA, H. L. M. et al. **Fundamentos da Moderna Aquicultura**. Canoas: 2001.

NASS. National Agriculture Statistics Service. **1998 Census of Aquaculture**. 1 Feb. 2000. USDA, Washington, D.C, 1999.

ODA, C. E. **Desempenho produtivo de linhagens de *Oreochromis niloticus* cultivadas em viveiros adubados na região do Vale do Itajaí, Santa Catarina,**

Brasil. 2015. 59 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura)- Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

OGELLO, E.O. et al. An Appraisal of the Feasibility of Tilapia Production in Ponds Using Biofloc Technology: A review. **International Journal of Aquatic Science**, v. 5, n. 1, p. 21-39, 2014.

OSTRENSKI, A.; BOEGER, W. **Piscicultura: fundamentos e técnicas de manejo**. Guaíba: Agropecuária, 1998.

OTONI, C.J. I. **Linhagens de tilápia do Nilo sob diferentes densidades de estocagem**. 2015. 51f. Dissertação (Curso de Pós- Graduação em Zootecnia)- Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2015.

PEDREIRA, M. M. et al. Biofiltração da água e tipos de substrato na larvicultura do pacamã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 511-518, 2009.

PETRERE Jr, M. River fisheries in Brazil: a review. **Regulated Rivers: Research and Management**, v. 4, p. 1-16, 1989.

PUNGRASMI, W.L.; PHINITTHANAPHAKA, P.; POWTONGSOOKB, S. Nitrogen removal from a recirculating aquaculture system using a pumice bottom substrate nitrification-denitrification tank. **Ecological Engineering**, v. 95, p. 357–363, 2016.

RANA, K. J. World trends in aquaculture production with emphasis of Asian aquaculture production. Presented at The Round Table Discussion on **Aquaculture Supplement for the World Census of Agriculture**, p. 5-7, 1996.

RIBEIRO, R. P. Espécies exóticas. In: MOREIRA, H. L.M.; VARGAS, L.; RIBEIRO, R. P.; ZIMMERMANN, S. **Fundamentos da moderna aquicultura**. Canoas: Ulbra, cap. 11, p. 91- 121, 2001.

RIDHA, M.T.; CRUZ, E.M. Effect of biofilter media on water quality and biological performance of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. reared in a simple recirculation system. **Aquaculture Engineering**, v. 24, n. 2, p. 157-166, 2001.

ROTTA, M. A.; QUEIROZ, J. F. Boas práticas de manejo (BPMs) para a produção de peixes em tanques-redes. Corumbá: **Embrapa Pantanal**. Série Documentos, 47, 2003.

SADO, Y. R. et al. Desempenho de juvenis de pacu *Piaractus mesopotamicus* (holmberg, 1887) suplementados com níveis crescentes de vitamina E. **Anais: III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária – Zootecnia**, 2009.

SAINT-PAUL, U. Potential for aquaculture of South American freshwater fishes: a review. **Aquaculture**, v. 54, p. 205–240, 1986.

SCHMITTOU, H.R. High density fish culture in low volume cages. **American Soybean Association**, Singapore, 78 p, 1993.

SCHWEDLER, T. E.; JOHNSON, S. K. Responsible care and health maintenance of fish in commercial aquaculture. **Animal Welfare Information Center Bulletin**, v. 10, p. 3-4, 1999/2000.

SCORVO FILHO, J.D.; MARTIN, N.B.; AYROZA, L.M.S. Piscicultura em São Paulo: custos e retornos de diferentes sistemas de produção na safra 1996/97. **Informações Econômicas**, v. 28, n. 3, p. 41-60, 1998.

SIDONIO, L. et al. Experiências internacionais aquícolas e oportunidades de desenvolvimento da aquicultura no Brasil: proposta de inserção do BNDES. **BNDES Setorial**, 36, p. 179-218, 2012.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3ª edição. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

SILVA, P. C.; KRONKA, S. N.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; SOUZA, V. L. Desempenho produtivo da tilápia-do-nylo em diferentes densidades e trocas de água em *raceway*. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 24, n. 4, p. 935-941, 2002.

SILVA, A. J. **Aspectos de alimentação do pacu adulto, *Colossoma mitrei* (Berg, 1885) (Pisces, Characidae), no pantanal de Mato Grosso**. Dissertação de Mestrado- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 1985.

SILVA, M. S. G. M. **Desenvolvimento de um sistema de recirculação com uso de wetlands construídas para efluentes da piscicultura**. 2012. 129 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)- Universidade Estadual de Campinas, 2012.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; SANTEIRO, R. M. Fish farm and water quality management. **Acta Scientiarum**. Biological Sciences (Impresso), v. 35, p. 4025-4027, 2013.

TACHIBANA, L. et al. Densidade de estocagem de pós larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante a fase de reversão sexual. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, p. 483-488, 2008.

TANIGUCHI, F. **Análise de viabilidade técnico-econômico da produção de juvenis de tilápia, *Oreochromis niloticus*, um estudo de caso**. 2010. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca)- Universidade Federal do Ceará, 2010.

TIMMONS, M.B. et al. Recirculating Aquaculture Systems. **Cayuga Aqua Ventures**, 647 pp, 2001.

TIMMONS, M.B. et al. Recirculating aquaculture systems. **Northeastern Regional Aquaculture Center**, 769 pp, 2002.

TIMMONS, M.B.; HOLDER, J.L.; EBELING, J.M. Application of microbead biological filters. **Aquacultural Engineering**, v. 34, p. 332–343, 2006.

URBINATI, E. C.; F. D. GONÇALVES. Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In: Baldisserotto, B. & L.C. Gomes (Eds.). **Espécies Nativas para Piscicultura no Brasil**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2005. p. 225-256.

ZHANG, S. et al. An integrated recirculating aquaculture system (RAS) for land-based fish farming: The effects on water quality and fish production. **Aquacultural Engineering**, v. 45, p. 93– 102, 2011.

ZIMMERMANN, S.; FITZSIMMONS, K. 2004. Pp. 239-266. Tilapicultura intensiva. In: CYRINO, J. E. P., E. C. URBINATI, D.M. Fracalossi; Castagnolli, C. (Eds.). **Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva**. São Paulo, TecArt, 533 p.

WEISS, L.A. et al. Desempenho zootécnico de juvenis de tilápia do Nilo cultivadas em sistemas de fluxo de água aberto e fechado. Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: XXV Congresso Brasileiro De Zootecnia- ZOOTEC, 2015.

ANEXOS



Anexo 1 -Vista superior do sistema de recirculação de água. 3 caixas d'água de fibra de vidro com volume de 4000 L (1ª- utilização do vórtex para a retenção de partículas da saída de água do sistema; 2ª- decantação das partículas ainda existentes com a utilização do cachimbo e 3ª- argila expandida para a formação de colônias de bactérias nitrificantes e oxidação da amônia a nitrato).