

AVALIAÇÃO TÉCNICA ECONÔMICA DE TILÁPIAS CULTIVADAS COM DIFERENTES TAXAS DE ALIMENTAÇÃO EM ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO

EMANUEL SOARES DOS SANTOS¹, RAFAHEL MARQUES MACÊDO FONTENELE²,
FRANCISCO SUETÔNIO BASTOS MOTA², ANDRÉ BEZERRA DOS SANTOS²,
ROSEMEIRY MELO CARVALHO²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - *Campus* de Acaraú

²Universidade Federal do Ceará (UFC)

<emanuelaqua@yahoo.com.br>, <rafahelf@yahoo.com.br>,
<suetonio@secrel.com.br>, <andre23@ufc.br>, <rmelo@ufc.br>

Resumo. A pesquisa teve por objetivo avaliar tecnicamente, por meio de indicadores de qualidade de água, de rendimento zootécnico e de qualidade microbiológica do pescado produzido; e economicamente, por meio de indicadores de desempenho econômico; o cultivo de tilápias do Nilo *Oreochromis niloticus* utilizando diferentes taxas de alimentação em esgoto doméstico tratado. Foram utilizados nove viveiros com 50 m³ de volume, cada, os quais foram abastecidos com esgoto doméstico tratado, em três tratamentos: SR - ausência de ração; $\frac{R}{2}$ e RT - foi ofertado 50% e 100% da quantidade de ração indicada pelo fabricante, respectivamente. Ao longo do experimento, foram determinados os seguintes parâmetros zootécnicos dos peixes cultivados: comprimento total (cm), peso (g), biomassa (g/m³), produtividade (kg/ha.dia) e taxa de conversão alimentar (CA). Na análise econômica foram utilizados: custo operacional parcial (COP), a receita bruta (RB), a estimativa da receita líquida parcial (RLP) e a incidência de custo (IC). Foram realizadas análises de *Salmonella spp.*, estafilococos coagulase positiva, e coliformes termotolerantes no músculo, pele e brânquias para verificação da qualidade do pescado produzido. Os dados da pesquisa indicaram que em relação à viabilidade técnica, o tratamento $\frac{R}{2}$ foi o que apresentou os melhores resultados. Ao avaliar a viabilidade econômica, o tratamento SR foi o que apresentou os melhores resultados. O pescado produzido apresentou condições sanitárias satisfatórias para o consumo humano.

Palavras-chaves: Custo operacional parcial. Índice de custo. Receita líquida parcial. Reuso de água em piscicultura. Viabilidade técnica-econômica.

Abstract. The research aimed to evaluate technically, through water quality indicators, livestock income and microbiological quality of the produced fish; and economically by means of indicators of economic performance; Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultivation using different feed rates in treated sewage. Nine (09) tanks with 50 m³ of volume were constructed in concrete and filled with treated sewage, after which were tested three different treatments: WF - depletion of commercial feed; FS $\frac{1}{2}$ and FS - feed with 50% and 100% of the supplementation suggested by the supplier, respectively. The zootechnical parameters total length (cm), weight (g), biomass (g/m³), productivity (kg/ha.day) and food conversion rate (CR) were determined. For the economical analysis the following parameters were used: partial operational costs (POC), gross income (GI), partial liquid income (PLI) and cost incidence (CI). Analyses of *Salmonella spp.*, Coagulase-positive staphylococci and coliforms in muscle, skin and gills to verify the quality of the fish produced. The results indicated that treatment FS $\frac{1}{2}$ was the best treatment with regard to the technical viability and treatment WF was the best treatment in terms of economical viability. The fish had produced satisfactory sanitary conditions for human consumption.

Keywords: Aquaculture. Cost index. Partial liquid income. Partial operational costs. Technical-economical viability. Water reuse.

1 Introdução

Nos dias atuais, sabe-se que a problemática da escassez de água no planeta não está relacionada com a quantidade de água existente, mas, sim, com a desigualdade na distribuição nas diversas regiões e com a sua qualidade. Essa questão se torna ainda mais grave quando é admitida a crescente degradação dos recursos hídricos (SANTOS et al., 2011) e o aumento do uso deste recurso para o suprimento das necessidades humanas, seja pelo consumo direto, produção de alimento ou na indústria

A aquicultura refere-se ao cultivo de animais e plantas em meio aquático (KELLNER; PIRES, 1998), sendo, desta forma, mais uma atividade a competir com inúmeras outras pelo recurso água. O desenvolvimento desse tipo de atividade produtiva, entretanto, apresenta riscos de deteriorar a qualidade e comprometer a quantidade da água, podendo contribuir para o declínio da qualidade ambiental, social e econômica (TIAGO; GI-ANESELLA, 2003).

Sendo a aquicultura uma atividade que demanda grande quantidade de água, é necessário buscar o desenvolvimento de soluções alternativas para fornecimento desta, sendo o uso de efluentes tratados uma das possíveis práticas (SANTOS et al., 2009a).

Na busca do desenvolvimento de atividades que estejam de acordo com os objetivos da sustentabilidade, nas quais estas devem ser economicamente viáveis, ecologicamente corretas e socialmente justas, é necessário considerar a prática do reúso de águas como uma das boas opções para solucionar a problemática da oferta hídrica. Quando é feito reúso em atividades como agricultura e aquicultura, é possível agregar à atividade econômica, a geração de emprego e a produção de proteína (SANTOS et al., 2009a).

Para maximizar o aproveitamento da potencialidade do ambiente proporcionado pelo uso do efluente no abastecimento de tanques e viveiros de aquicultura é necessário utilizar espécies de peixes capazes de aproveitar o alimento natural, principalmente o fitoplâncton, como fonte alimentar e que estas sejam resistentes a variações na qualidade de água.

Muitas espécies de peixes comumente utilizadas na aquicultura possuem a capacidade de aproveitar os organismos da comunidade planctônica, que são parte da produtividade primária presente nos corpos de água, como fonte de alimento para o seu crescimento. As carpas, trutas e tilápias estão entre as espécies de água doce mais difundidas no mundo para aquicultura (MOTA; AQUINO; SANTOS, 2007), tendo as tilápias destaque entre estas pela sua característica alimentar e rusticidade, como evidenciado pelas colocações a seguir.

Em relação as características alimentares das tilápias para o uso na aquicultura com reúso de água é válido salientar que estas são onívoras, com tendência à herbivoria. No estágio larval, alimenta-se principalmente de fito e zooplâncton, por meio do mecanismo de filtração, e o espectro alimentar aumenta com o crescimento do peixe. No hábito alimentar destes peixes estão incluídos seres bentônicos, algas, pequenas plantas aquáticas, detritos orgânicos e pequenos animais, tais como minhocas, microcrustáceos e insetos aquáticos (LOURES et al., 2008).

Em relação a rusticidade, relatam que a tilápia é a espécie de peixe cultivada que melhor resiste a alta temperatura, tendo a faixa ótima para seu desenvolvimento entre 25 e 30 °C; a baixa concentração de oxigênio dissolvido, tendo crescimento sensivelmente afetado em concentração abaixo de 3,0 mg.L⁻¹; e a alta concentração de amônia na água, até 0,5 mg.L⁻¹ de amônia não ionizada (NH³) não provocam morte em tilápia do Nilo (KUBITZA, 2000; EL-SHAFAI et al., 2004; TRAN-DUY et al., 2008)

Os sistemas de lagoas de estabilização, utilizados no tratamento de esgotos e projetados para elevados tempos de retenção hidráulica, geram uma grande biomassa algal que pode ser aproveitada na aquicultura (SANTOS et al., 2009b). Além disso, o consumo das algas presentes nas lagoas de estabilização pelos peixes melhora a qualidade do efluente de tais sistemas.

No entanto, a análise econômica do cultivo de peixes tem sido negligenciada, visto que poucos trabalhos são encontrados sobre custos e lucratividade na piscicultura, peças essenciais para avaliar a viabilidade dos investimentos em instalações, material, equipamentos e novas tecnologias de cultivo, levando em consideração peculiaridades fisiográficas, climáticas e econômicas de cada região (SILVA et al., 2003). Em relação a avaliação econômica da piscicultura em sistema que utiliza efluente tratado, as pesquisas são inexistentes.

A análise econômica por meio do levantamento de custos de produção é um instrumento importante para a tomada de decisão. Ela permite identificar os resultados econômicos alcançados, os gargalos na tecnologia de produção adotada e o nível de produção a partir do qual a exploração passa a apresentar lucratividade (CRIVELENTI et al., 2006).

Por meio de indicadores de rendimento zootécnico e econômico objetivou-se avaliar qual a melhor rotina alimentar para o cultivo da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) em esgoto doméstico tratado, complementarmente observou-se a qualidade microbiológica do pescado produzido.

2 Material e Métodos

Os experimentos foram realizados no Centro de Pesquisa sobre Tratamento de Esgotos e Reuso de Águas, situado junto a uma estação de tratamento de esgoto (ETE) da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece), no município de Aquiraz, Ceará, Brasil.

Foram utilizados nove viveiros com 50m³ de volume, cada, os quais foram abastecidos com o efluente final dessa ETE, a qual utiliza a tecnologia de lagoas de estabilização composta por quatro lagoas em série, com uma anaeróbia, uma facultativa e duas de maturação. As lagoas anaeróbias são caracterizadas por serem profundas (> 3,0 m) o que dificulta a penetração da luz na água e, conseqüentemente a fotossíntese, predominando o processo de digestão anaeróbia da matéria orgânica realizada por bactérias anaeróbias, já as facultativas têm profundidades que variam de 1,0 a 3,0 m, possibilitando a decomposição da matéria orgânica tanto pelos processos aeróbios como pelos anaeróbios (algas e bactérias), por fim as de maturação que são lagoas rasas (até 1,0 m), sendo responsável pela degradação aeróbia de uma menor parte da matéria orgânica e pela eliminação massiva de microrganismos patogênicos, principalmente pela ação dos raios ultravioleta e alta concentração de oxigênio produzida pela elevada biomassa algal presente.

Foram estocados alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, revertidos sexualmente para machos, com peso médio inicial de 0,45 ± 0,2g em uma densidade experimental de 3 alevinos/m³ (150 alevinos/viveiro).

No decorrer dos 114 dias do experimento foram ofertadas aos peixes quatro diferentes tipos de ração comercial balanceada de um mesmo fabricante. O balanço nutricional e a apresentação física de cada tipo de ração são específicas para atender as necessidades das diferentes fases de vida das tilápias cultivadas. As quantidades e os tipos de rações ofertadas seguiram a indicação do guia alimentar fornecido pelo fabricante, no qual são feitos ajustes semanais e conforme os dados de peso médio colhidos nas biometrias.

Em relação à oferta de ração balanceada, foram testados três tratamentos em triplicata, a descrição destes tratamentos pode ser observada na Tabela 1.

No decorrer do experimento foi realizado a caracterização ambiental dos cultivos experimentais por meio do monitoramento de indicadores de abióticos de qualidade de água. A temperatura da água, pH e concentração de oxigênio dissolvido (OD) foram monitoradas *in loco* utilizando-se sonda multiparamétrica modelo YSI-55. Também foi monitorada a demanda química de oxigênio (DQO) seguindo a metodologia constante do

Standard Methods (APHA, 2005).

Foram realizadas biometrias quinzenalmente para o acompanhamento do desenvolvimento dos animais cultivados e ao final do experimento foram coletados os dados de peso médio dos peixes e sobrevivência, necessários para o cálculo dos indicadores de rendimento zootécnico e econômico.

As análises estatísticas dos indicadores de qualidade de água e dos parâmetros zootécnicos foram realizadas usando o programa *BioEstat* 4.0, aplicando a Análise de Variância (ANOVA) e o Teste de Tukey com nível de significância de 5,0% ($\rho = 0,05$).

Para a análise econômica da produção utilizou-se as metodologias propostas por Silva et al. (2003) e Marngoni et al. (2008), os quais consideram apenas o custo operacional parcial (COP), a receita bruta (RB), a estimativa da receita líquida parcial (RLP), também foi calculada a incidência de custo (IC), de acordo com Oliveira et al. (2010).

A seguir, apresentam-se as fórmulas utilizadas para os cálculos dos indicadores econômicos:

$$COP = (QR \times PR) + (NA \times PA). \quad (1)$$

Onde:

COP = custo operacional parcial;
QR = quantidade média de ração/tratamento;
PR = preço do kg de ração;
NA = número inicial de alevinos por tratamento;
PA = preço unitário dos alevinos;

$$RB = BT \times PP. \quad (2)$$

Onde:

RB = receita bruta;
BT = biomassa total média produzida/tratamento;
PP = preço de venda do kg de peixe;

$$RLP = RB - COP. \quad (3)$$

Onde:

RLP = receita líquida parcial;

$$IC = COP/BT. \quad (4)$$

Onde:

IC = incidência de custo.

Os valores utilizados para os cálculos dos indicadores econômicos referem-se aos preços de mercado de outubro de 2014.

Os principais parâmetros avaliados neste trabalho foram a biomassa total (BT), que representa a produção

Tabela 1: Denominação, sigla e descrição dos três tratamentos experimentais utilizados para o cultivo de tilápias em viveiros abastecidos com esgoto doméstico tratado e diferentes taxas de alimentação.

Denominação	Sigla	Descrição
Sem Ração	SR	não foi ofertada ração comercial balanceada
Metade da Ração	R/2	fornecimento de 50% da quantidade de ração comercial balanceada indicada pelo fabricante
Ração Total	RT	fornecimento de 100% da quantidade da ração comercial balanceada indicada pelo fabricante.

alcançada em cada tratamento; e a conversão alimentar (CA). A biomassa total irá influenciar no valor da receita bruta (RB) e nos outros parâmetros econômicos que se relacionam com ela.

Ao final do cultivo também foram realizadas análises para atestar a qualidade microbiológica do pescado produzido com o uso de efluentes domésticos tratados. Para tal avaliou-se a contaminação por *Salmonella* spp., estafilococos coagulase positiva, e coliformes termotolerantes no músculo, pele e brânquias de amostras das tilápias produzidas.

Foram utilizados como valores de referência a Resolução RDC nº 12 da Anvisa (BRASIL, 2001) e as diretrizes propostas pela FDA, agência americana responsável por controlar medicamentos e alimentos (*U.S. Food and Drugs Administration - USFDA, 2011*), para *Salmonella* spp., estafilococos coagulase positiva; e as recomendações propostas pela Comissão Internacional de Especificações Microbiológicas para Alimentos (THATCHER, 1986), para coliformes termotolerantes.

3 Resultados e Discussão

Na Tabela 2 estão expostos os resultados dos indicadores de qualidade de água utilizados na caracterização ambiental dos cultivos experimentais.

Boyd; Tucker (1998) indicam a faixa ótima de temperatura para o cultivo de peixes tropicais entre 20 e 30°C. A temperatura nos três tratamentos experimentais manteve-se em torno dos 29°C estando dentro da faixa ótima recomendada.

Já para pH a faixa considerada ótima para o cultivo de organismos aquáticos, inclusive em sistemas de reuso, varia de 6 a 9 (COLT, 2006). Observa-se que os valores de pH nos tratamentos SR e $\frac{R}{2}$ ultrapassaram esta faixa, e o tratamento RT manteve-se no limite superior desta. Esse fato ocorreu pela ação das microalgas presentes em grandes quantidades, que por meio da fotossíntese consome a alcalinidade presente na água reduzindo o poder tampão do ambiente.

Colt (2006) recomenda concentrações de OD em sistemas de reuso acima de 3,5 mg/L para espécies rústicas. Apesar de grande variação, as concentrações mé-

dias se mantiveram bem acima desta faixa. Em contraponto a esse fato, observaram-se elevadas concentrações de DQO nos três tratamentos, as quais são explicadas pela elevada quantidade de matéria orgânica presente no esgoto doméstico utilizado no abastecimento dos tanques.

Na Tabela 3 são mostrados os resultados dos principais parâmetros zootécnicos tomados como base para a avaliação do desempenho produtivo do cultivo.

O resultado de BT, assim como o de produtividade, foi superior no tratamento em que foi fornecida a metade da quantidade de ração recomendada ($\frac{R}{2}$) em relação aos demais, inclusive com diferença estatisticamente significativa. Já a CA é um indicador que aponta a quantidade de ração consumida, assim também está relacionado com os custos que a ração representa.

Os dados de ganho de peso diário obtidos neste experimento foram 1,74, 1,94 e 1,52 g.dia⁻¹ para os tratamentos SR, $\frac{R}{2}$ e RT respectivamente, não apresentando diferença estatisticamente significativa entre os mesmos, estes resultados corroboram com os obtidos por outros pesquisadores. Ridha e Cruz (2001), estudando a tilápia do Nilo, obtiveram ganho de peso diário de 1,167 e 1,181 g.dia⁻¹. Ressaltam-se, também, os resultados obtidos por Santos et al. (2009a) e Santos et al. (2009b), nos quais os valores variaram entre 0,286 g.dia⁻¹ e 1,357 g.dia⁻¹, ambos usando esgoto tratado no cultivo de tilápia. Candido et al. (2005), em 120 dias de cultivo, alcançaram valores de 1,82, 1,87 e 2,13 g.dia⁻¹ para tilápia do Nilo em sistema de policultivo com camarão marinho. Já Khaw et al. (2008), no mesmo tempo de cultivo testando duas linhagens de tilápia alcançaram 1,12 e 1,49 g.dia⁻¹.

Entre os resultados de produtividade relatados na bibliografia podem ser citados os obtidos por Silva et al. (2006a), de 2,6 kg.ha⁻¹.dia⁻¹, fazendo policultivo de tilápia do Nilo e carpa comum com uso de esgoto tratado. Já Frei et al. (2007), em experimentos de rizipiscicultura com tilápias do Nilo, e destas com carpa comum, obtiveram produtividades de 5,0 e 5,42 kg.ha⁻¹.dia⁻¹. Esses resultados atestam a superioridade dos resultados obtidos na presente pesquisa, os quais foram 37,5 kg.ha⁻¹.dia⁻¹ para SR, 49,8

Tabela 2: Resultado médio \pm desvio padrão dos indicadores de qualidade de água dos tratamentos experimentais testados.

Indicadores de Qualidade de Água	Tratamentos Experimentais		
	SR	R/2	RT
Temperatura (°C)	29,4 \pm 0,7a	29,4 \pm 0,9a	29,2 \pm 1,3a
pH	9,7 \pm 0,6a	9,1 \pm 0,9ab	8,8 \pm 1,4b
OD (mg de O ₂ L ⁻¹)	7,6 \pm 2,7a	6,4 \pm 3,0a	6,1 \pm 4,0a
DQO (mg de O ₂ L ⁻¹)	177,4 \pm 56,6b	257,9 \pm 58,6a	265,6 \pm 125,3a

SR – sem fornecimento de ração; R/2 – com fornecimento da metade da quantidade de ração indicada; RT – fornecimento da quantidade total de ração indicada pelo fabricante; pH – potencial hidrogeniônico; OD – Oxigênio Dissolvido; DQO – Demanda Química de Oxigênio. Os resultados seguidos de letras iguais indicam semelhança estatisticamente significativa para ANOVA e teste de Tukey ao nível de significância de 5,0% ($\rho = 0,05$)

Tabela 3: Resultados médios \pm desvio padrão dos parâmetros zootécnicos das tilápias do Nilo cultivadas nos três tratamentos experimentais testados.

Parâmetros Zootécnicos	Tratamentos Experimentais		
	SR	½R	RT
Ganho de peso (g)	198,4 \pm 29,2a	221,2 \pm 32,1a	173,3 \pm 51,4a
Ganho de peso diário (g dia ⁻¹)	1,74 \pm 0,26 ^a	1,94 \pm 0,28a	1,52 \pm 0,45a
Ganho de Biomassa (g m ⁻³)	427,9 \pm 63,03b	549,8 \pm 79,90a	359,6 \pm 106,44b
Produtividade (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	37,5 \pm 5,53b	49,8 \pm 3,58a	31,5 \pm 9,34b
Biomassa Total (kg)	21,4 \pm 3,15b	27,5 \pm 4,0a	18,0 \pm 5,32b
Sobrevivência (%)	100	98,4	59,6
Conversão alimentar (CA)	0	0,63	1,94

SR – sem fornecimento de ração; R/2 – com fornecimento da metade da quantidade de ração indicada; RT – fornecimento da quantidade total de ração indicada pelo fabricante. Os resultados seguidos de letras iguais indicam semelhança estatisticamente significativa para ANOVA e teste de Tukey ao nível de significância de 5,0% ($\rho = 0,05$).

kg.ha⁻¹.dia⁻¹ para $\frac{R}{2}$ e 31,5 kg.ha⁻¹.dia⁻¹ para RT.

Boscolo et al. (2001), testando duas diferentes linhagens de tilápia tailandesa, alcançaram valores de CA de 1,20 e 1,65. Já Silva et al. (2006b), usando diferentes composições de ração no cultivo de tilápia do Nilo, alcançaram valores de CA de 1,69 e 1,94, respectivamente. O pior resultado foi obtido no tratamento que foi ofertada a quantidade total de ração (RT), 1,94, o que foi semelhante aos valores alcançados em outras pesquisas. Já o valor de CA obtido no tratamento em que foi ofertada metade da ração indicada ($\frac{R}{2}$), 0,63, ficou bem abaixo dos alcançados pelos autores citados. É válido citar o resultado obtido no tratamento em que não foi ofertada ração (SR), no qual a CA foi zero, sendo o alimento natural a fonte nutricional dos peixes.

Podem-se observar na Tabela 4 as características das rações utilizadas, assim como as quantidades consumidas e os custos das mesmas nos três tratamentos experimentais.

O preço médio das rações utilizadas foi de R\$ 2,69 kg⁻¹. A ração é o item com maior peso na composição do custo na piscicultura (CRIVELENTI et al., 2006).

A melhor produtividade e viabilidade econômica em sistema de piscicultura semi-intensivo, sem taxa de renovação de água dos tanques podem ser alcançadas quando utilizada densidade de até 3,0 peixes m⁻³ (MA-

RENGONI et al., 2008). Nos três tratamentos experimentais foi utilizada a mesma densidade experimental, 3,0 peixes m⁻³, o que resultou em 150 peixes por viveiro, sendo o custo individual de R\$ 0,095 alevino⁻¹, o custo total com alevinos foi de R\$ 14,25, igualmente para os três tratamentos.

Na Tabela 5 estão expostos os custos parciais com ração e alevinos, o valor do peixe com aproximadamente 200 g vendido diretamente pelo produtor no estado do Ceará em outubro de 2014, a produção total (biomassa total - BT) e os indicadores utilizados na avaliação econômica. É válido salientar que a tilápia com essa gramatura é fora do padrão normal de comercialização, a qual no estado do Ceará atualmente é comercializada em média 1,0 kg de peso, conforme observado pelos autores no mercado local.

Segundo Silva et al. (2003), o custo elevado com ração, notadamente nos sistemas mais intensivos de produção de peixes, é o fator que deve merecer atenção especial por parte dos pesquisadores e produtores. Nas análises realizadas por Andrade et al. (2005) e Scorvo Filho et al. (2006), a ração teve participação de 41,70%, 52,19% e 63,10% do custo total, respectivamente. Já Vera-Calderón e Ferreira (2004), acompanhando três pisciculturas diferentes no estado de São Paulo, verificaram que os custos com ração foram 43,33%, 58,30% e 62,74% dos custos totais.

AVALIAÇÃO TÉCNICA ECONÔMICA DE TILÁPIAS CULTIVADAS COM DIFERENTES TAXAS DE ALIMENTAÇÃO EM ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO

Tabela 4: Característica, consumo e custo da ração utilizada nos três tratamentos experimentais testados.

Características da Ração			SR		½R		RT	
Descrição	%PB	Preço por kg (R\$ kg ⁻¹)	Consumo (kg)	Custo (R\$)	Consumo (kg)	Custo (R\$)	Consumo (kg)	Custo (R\$)
Farelada	40	3,77	*	*	0,53	1,98	1,05	3,97
1,6 mm	36	2,85	*	*	1,97	5,63	4,02	11,45
3-4 mm	32	2,28	*	*	7,38	16,81	14,76	33,61
6-8 mm	32	1,86	*	*	7,70	14,29	15,14	28,11
Total por Tratamento Experimental			*	*	17,58	38,70	34,98	77,14

SR – sem fornecimento de ração; R/2 – com fornecimento da metade da quantidade de ração indicada; RT – fornecimento da quantidade total de ração indicada pelo fabricante; * não houve consumo e custo com ração.

Tabela 5: Custos e resultados dos indicadores econômicos avaliados nos três tratamentos experimentais testados.

Tratamentos Experimentais	Custo Ração (R\$)	Custo Alevinos (R\$)	Valor Peixe (R\$ kg ⁻¹)	BT (kg)	RB (R\$)	COP (R\$)	RLP (R\$)	IC (R\$ kg ⁻¹)
SR	0	14,25	4,00	21,4	85,60	14,25	71,35	0,67
½R	38,70	14,25	4,00	27,5	110,00	52,95	57,05	1,93
RT	77,14	14,25	4,00	18	72,00	91,39	-19,39	5,08

SR – sem fornecimento de ração; R/2 – com fornecimento da metade da quantidade de ração indicada; RT – fornecimento da quantidade total de ração indicada pelo fabricante; BT - biomassa total; COP - custo operacional parcial; RLP - receita líquida parcial; IC - incidência de custo.

No presente experimento a participação da ração no custo de produção foi inexistente no tratamento sem fornecimento de ração (SR), 73,08% no tratamento que recebeu a metade da quantidade de ração ($\frac{R}{2}$), e 84,41% no tratamento que recebeu a quantidade total de ração indicada pelo fabricante (RT). É válido salientar que foram considerados apenas os custos com ração e alevinos, por esse motivo a participação da ração foi muito significativa.

No tratamento em que não foi ofertada ração (SR), a BT (biomassa total média produzida) foi de 21,4 kg. Com isso, foi obtida receita bruta (RB) de R\$ 85,60, com o custo operacional parcial (COP) de apenas R\$ 14,25, gerando uma receita líquida parcial (RLP) de R\$ 71,35, com incidência de custo (IC) de R\$ 0,67 kg⁻¹.

No tratamento em que foi ofertada a metade da quantidade de ração indicada pelo fabricante ($\frac{R}{2}$), a BT foi maior que no tratamento anterior, chegando a 27,5 kg, o que gerou uma RB de R\$ 110,00. Porém, o COP foi bem mais alto, R\$ 52,95, gerando uma RLP de R\$ 57,05, com IC de R\$ 1,93 kg⁻¹, valor 288% maior que o obtido no tratamento que não foi ofertada ração.

Já no tratamento que foi ofertada a quantidade total de ração indicada pelo fabricante (CR), a BT foi a menor entre as três, 18,0 kg, gerando também a menor RB, R\$ 72,00, com o maior COP, R\$ 91,39, sendo maior que a do tratamento em que não foi ofertada ração aproximadamente 641%. Esse fato gerou RLP negativa de R\$ 19,39, isto é, ocorreu prejuízo. O IC de R\$ 5,08 kg⁻¹ é maior 758,2% maior que o resultado do tratamento em que não foi ofertada ração e 263,2% que do tratamento em que foi ofertada a metade da quantidade de ração indicada pelo fabricante.

Em relação a avaliação de contaminação microbiológica no pescado produzido, não foi observada presença de *Salmonella* spp. em nenhum dos três tecidos analisados. Para estafilococos coagulase positiva todos os resultados foram abaixo de 3,0 UFC g⁻¹ e para coliformes termotolerantes todas as amostras apresentaram valores menores que 10,0 NMP⁻¹. Estes valores coincidiram com os obtidos por Fontenele; Santos; Mota (2013) em condições experimentais semelhantes às adotadas na presente pesquisa.

Os padrões ditados pela legislação em vigor para pescado consumido após cozimento estabelece como padrão a ausência de *Salmonella* spp. nos tecidos analisados (ausência 25g¹); para estafilococos coagulase positiva o valor de referência é 10³ UFC g⁻¹; e para coliformes termotolerantes os valores devem ser menores que 10,0 NMP g⁻¹. Desta forma, segundo os valores de referência da Resolução RDC nº 12 da Anvisa (BRASIL, 2001) e das diretrizes propostas pela FDA, agência (USFDA, 2011), e pela Comissão Internacional de Especificações Microbiológicas para Alimentos (THATCHER, 1986), o pescado produzido apresentou condições sanitárias satisfatórias para o consumo humano.

4 Conclusão

O esgoto doméstico tratado mostrou-se apropriado para o abastecimento de viveiros de cultivo de tilápias do Nilo. Os maiores índices de produção foram alcançados pelo tratamento em que foi ofertada a metade da ração indicada pelo fabricante, porém, seus altos custos operacionais causaram elevada incidência de custo. O tratamento com fornecimento da quantidade total de

ração indicada pelo fabricante apresentou os maiores custos associado aos índices mais baixos de produção, inviabilizando economicamente o cultivo nessas condições, pois a receita líquida tornou-se negativa. O tratamento que não utilizou ração apresentou os custos mais baixos, configurando-se como o tratamento mais viável economicamente. As análises de contaminação microbiológica mostraram que o pescado produzido apresentou condições sanitárias satisfatórias para o consumo humano. Propõe-se a realização de novos experimentos, com outras variações da rotina alimentar, no intuito de desenvolver uma metodologia de cultivo para estas condições que apresente melhores resultados técnicos e econômicos.

5 Agradecimentos

Os autores agradecem aos Programas ProSab / Finep, ao CNPq, e à Cagece (Companhia de Água e Esgoto do Ceará), pelo apoio para realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19. ed. Washington: APHA/AWWA - WPCF, 2005.
- COLT, J. Water quality requirements for reuse systems. *Aquacultural Engineering*, Elsevier, v. 34, n. 3, p. 143–156, 2006.
- CRIVELANTI, L. Z.; BORIN, S.; PIRTOUSCHEG, A.; NEVES, J. E. G.; ABDÃO, É. M.; ACADÊMICA, U. et al. Desempenho econômico da criação de tilápias do nilo (*oreochromis niloticus*) em sistema de produção intensiva. *Rev Vet Notícias*, v. 12, p. 117–122, 2006.
- EL-SHAFI, S. A.; EL-GOHARY, F. A.; NASR, F. A.; STEEN, N. P. van der; GIJZEN, H. J. Chronic ammonia toxicity to duckweed-fed tilapia (*oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, Elsevier, v. 232, n. 1, p. 117–127, 2004.
- KELLNER, E.; PIRES, E. C. *Lagoas de estabilização: projeto e operação*. [S.l.]: ABES, 1998.
- KUBITZA, F. *Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial*. [S.l.]: Ed. do Autor, 2000.
- LOURES, B. T. R. R.; RIBEIRO, R. P.; VARGAS, L.; MOREIRA, H. L. M.; SUSSEL, F. R.; POVH, J. A.; CAVICHIOLO, F. Manejo alimentar de alevinos de tilápia do nilo, *oreochromis niloticus* (L.), associado às variáveis físicas, químicas e biológicas do ambiente. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 23, p. 877–883, 2008.
- MARENGONI, N. G.; BUENO, G. W.; JÚNIOR, A. C. G.; OLIVEIRA, A. A. M. d. A. 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, n. 2, 2008.
- MOTA, S.; AQUINO, M. d.; SANTOS, A. d. Reuso de águas em irrigação e piscicultura. *Fortaleza: UFCE/Centro de Tecnologia*, 2007.
- SANTOS, E. S. d.; MOTA, S.; SANTOS, A. B. d.; MONTEIRO, C. A. B.; FONTENELE, R. M. M. Environmental sustainability evaluation of the treated sewage use in aquaculture. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, SciELO Brasil, v. 16, n. 1, p. 45–54, 2011.
- SANTOS, E. S. d.; NETO, M. F.; MOTA, S.; SANTOS, A. B. d.; AQUINO, M. D. d. Cultivo de tilápia do nilo em esgoto doméstico. *Revista DAE*, 2009.
- SANTOS, E. S. dos; OLIVEIRA, M. A.; MOTA, S.; AQUINO, M. D. de; VASCONCELOS, M. M. de. Crescimento e qualidade dos alevinos de tilápia do nilo produzidos em água de esgoto doméstico tratado. *Revista Ciência Agronômica*, v. 40, n. 2, p. 232–239, 2009.
- THATCHER, F. S. *Microorganisms in foods 2: sampling for microbiological analysis, principles and specific applications*. [S.l.]: University of Toronto Press, 1986.
- TIAGO, G. G.; GIANESELLA, S. M. F. O uso da água pela aqüicultura: estratégias e ferramentas de implementação de gestão. *Boletim do Instituto de Pesca*, Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura, Coordenadoria da Pesquisa de Recursos Naturais, Instituto de Pesca, v. 29, p. 1, 2003.
- TRAN-DUY, A.; SCHRAMA, J. W.; DAM, A. A. van; VERRETH, J. A. Effects of oxygen concentration and body weight on maximum feed intake, growth and hematological parameters of nile tilapia, *oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, Elsevier, v. 275, n. 1, p. 152–162, 2008.