**Estimação da composição corporal de tilápias cultivadas em água tratada de esgoto doméstico**

**Resumo –** Objetivou-se estimar a condição dos peixes por meio da técnica de bioimpedância elétrica de tilápias-do-nilo cultivadas em água de esgoto doméstico tratado com a adição de probiótico (*Bacillus licheniformis, Bacillus cereus* e *Bacillus subitillis* e leveduras –*Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces boulardi*) em rações. Foram utilizados 360 alevinos, com peso médio inicial de 2,91 ± 0,37 g e comprimento médio inicial 3,30 ± 0,27 cm, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos, seis repetições de 20 peixes. Os tratamentos consistiram de: PRO1 - peixes cultivados em água tratada, alimentados *ad libitum* com ração comercial; RO2 - peixes cultivados em água residuária, alimentados *ad libitum* com ração comercial; PRO3 - peixes cultivados em água residuária, alimentados *ad libitum* com ração comercial + probiótico. Os peixes que estavam submetidos ao desafio sanitário apresentaram ângulo de fase menor que 15°. O K de Fulton foi superior no grupo de peixes de água de esgoto doméstico tratado em relação aos de água limpa. A técnica de bioimpedância pode ser utilizada como uma ferramenta de mensuração do estado de saúde de tilápias-do-nilo quando cultivadas em água sob desafio sanitário, adicionado ou não de cepas probióticas (*Bacillus licheniformis, Bacillus cereus* e *Bacillus subitillis* e leveduras –*Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces boulardi*) na ração por 145 dias.

**Palavras-chave:** ângulo de fase, estresse, impedância, probióticos

**Estimation of body composition of tilapia grown in treated water from sewage**

**Abstract –** This study aimed to estimate the condition of the fish through electrical bioimpedance technique Nile tilapia grown in sewage water treated with the addition of probiotic (*Bacillus licheniformis, Bacillus cereus* and *Bacillus subitillis* and -*Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces boulardi*) in diets. 360 fingerlings were used with initial average weight of 2.91 ± 0.37 g average initial length of 3.30 ± 0.27 cm, distributed in a completely randomized design with three treatments and six replicates of 20 fish. Treatments consisted of: PRO1 - fish grown in clean water, fed ad libitum with commercial feed; PRO2 - fish grown in wastewater, fed ad libitum with commercial feed; PRO3 - fish grown in wastewater, fed ad libitum with commercial + probiotic feed. The fish that were subject to the health challenge presented phase angle less than 15 °. OK Fulton was higher in the group of sewage water fish treated in relation to clean water. The bioimpedance technique can be used as a measurement tool health tilapia, Nile when cultured under sanitary challenge in water, with or without added probiotic strains (*Bacillus licheniformis, Bacillus cereus*, *Bacillus subitillis* and *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces boulardi*) in the diet for 145 days.

**Keywords**: impedance, phase angle, probiotics, stress

**Introdução**

Problemas relacionados a falta de água estão relacionados principalmente a grande demanda pela agricultura e abastecimento humano. Além disso, ocorre uma distribuição inadequada de recursos hídricos disponível e degradação causada pela poluição e pelo mau uso do solo. Diante dessa situação, a procura por mecanismos que proporcionem uma racionalização e reaproveitamento da água, tornam-se essenciais para evitar a poluição dos recursos hídricos.

Trabalhos de pesquisa têm sido desenvolvidos com a utilização da água residuária tratada em diversos setores, inclusive na exploração de peixes, sempre com a perspectiva de (re)aproveitar os recursos hídricos nos empreendimentos, garantindo o desempenho dos animais de forma sustentável (Santos et al., 2009; Santos et al., 2011; Eler & Millani, 2007).

Ressalta-se que com o crescimento da criação intensiva de peixes, tem-se verificado aumento da pressão de seleção em patógenos, com reflexos na elevação de doenças nos sistemas de produção, principalmente devido à falta de manejo adequado, o que compromete o desempenho e a saúde dos peixes. No entanto, o uso de cepas probióticas na dieta de peixes tem proporcionado melhor aproveitamento dos nutrientes, consequentemente melhores condições do ambiente aquático, além de proporcionar sanidade e segurança alimentar (NAYAK, 2010).

A utilização de antibióticos tem sido feita na perspectiva de garantir a saúde dos animais. No entanto, o seu uso eleva a pressão de seleção sobre os microrganismos, promovendo o aumento da resistência bacteriana (Cabello, 2006). Assim, os probióticos, produtos formados de cepas vivas e utilizados como suplemento alimentar, tem crescido na busca de efeitos benéficos ao hospedeiro, melhorando o equilíbrio da microbiota intestinal, de modo a evitar a proliferação de microrganismos patogênicos (Fuller, 1989).

O método da bioimpedância é utilizado para estimar de composição corporal em humanos e animais, caracterizado pela determinação do valor do ângulo de fase. Quando esse ângulo é superior a 15°, indica que os peixes se encontram em bom estado de saúde, enquanto que os animais que estão com valores inferiores a 15°, estão com sua saúde comprometida, devido a alguma dificuldade promovida pelo ambiente aquícola (Cox & Heintz, 2009).

A pesquisa foi realizada para estimar a condição dos peixes por meio da mensuração da bioimpedância elétrica (BIA) de tilápias cultivadas em água de esgoto doméstico tratado com a adição de probiótico (*Bacillus licheniformis, Bacillus cereus* e *Bacillus subitillis* e leveduras –*Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces boulardi*) na ração por 145 dias.

**Material e Métodos**

O experimento foi realizado na área experimental da Estação de Tratamento de Esgotos da zona Leste do município de Teresina-PI (ETE-Leste), pertencente à empresa Águas e Esgotos do Piauí S.A. (AGESPISA), no período de outubro de 2011 à março de 2012. A estação é composta de cinco lagoas de estabilização em série, sendo uma facultativa aerada, duas facultativas convencionais (paralelas entre si) e duas de maturação (também paralelas entre si), cujo efluente final foi utilizado no abastecimento dos tanques experimentais.

Foram utilizados 360 alevinos tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), durante 145 dias. Desse grupo de peixes, 36 peixes foram escolhidos aleatoriamente no início do experimento, sendo sacrificados por submersão em gelo. Em sequência foram triturados e colocados em estufa com circulação de ar a 50 °C, por 72 horas, para análise bromatológica da carcaça inicial.

Os peixes, com peso inicial médio de 2,91 ± 0,37 g e comprimento inicial de 3,30 ± 0,27 cm, foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos, seis repetições, sendo a unidade experimental composta por 20 peixes. Os tratamentos consistiram de: PRO1 - peixes cultivados em água limpa, procedente da rede de abastecimento d’água da AGESPISA (Águas e Esgotos do Piauí S.A) alimentados até a aparente saciedadecom ração comercial (10% da biomassa); PRO2 - peixes cultivados em água residuária (esgoto doméstico tratado por lagoa de estabilização) alimentados até a aparente saciedadecom ração comercial sem o uso de probiótico; PRO3 - peixes cultivados com água residuária (esgoto doméstico tratado por lagoa de estabilização) alimentados até a aparente saciedadecom ração comercial com o uso de probiótico (1,0 g.kg-1). Todos os tanques apresentavam sistema de aeração *air-lift*, por meio de um compressor radial.

O probiótico utilizado na ração apresentava a seguinte composição: suplemento mineral (PREMIX), farelo de trigo, microrganismos (*Bacillus licheniformis, Bacillus cereus* e *Bacillus subitillis*) e leveduras (*Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces boulardi*). Para a determinação da quantidade de probiótico utilizada na ração experimental determinou-se a proporção de acordo com a biomassa do tratamento avaliado.

O probiótico foi diluído em água com temperatura entre 40 e 45 °C (16,67 g de probiótico.L-1 de água), conforme recomendação do fabricante. Logo em seguida, foi feita a homogeneização da solução por aproximadamente 30 minutos e borrifou-se o produto na ração, de acordo com a biometria realizada (1,33 g de probiótico.kg-1 de ração). Deixou-se descansar por 45 minutos antes de sua utilização.

Todos os dias, às sete horas da manhã, o probiótico foi adicionado na ração experimental, apresentando uma estabilidade de até 12 horas. A ração foi dividida em duas refeições durante o dia (8h30min e às 16h). Nos tanques, em que a ração ficava sobre a superfície, a ração não era fornecida aos animais, de modo a evitar sobras, consequentemente, desperdício.

Utilizou-se uma ração comercial com 32% de proteína bruta até os 78 dias de idade e outra com 28% de PB até os 145 dias de vida (Tabela 1), de acordo com a fase de vida dos peixes e realização de biometrias.

Tabela 1. Composição química da ração comercial para tilápias-do-nilo de 1 até os 78 e dos 79 aos 145 dias de idade, com cultivo em efluente de esgoto doméstico tratado

|  |  |
| --- | --- |
| Características nutricionais da ração até os 78 dias de idade1 | Valor calculado |
| Umidade (%) | 9,5 |
| Proteína Bruta (%) | 32,0 |
| Extrato Etéreo (%) | 3,0 |
| Fibra Bruta (%) | 8,0 |
| Matéria mineral (%) | 11,0 |
| Cálcio (%) | 1,8 |
| Fósforo (%) | 0,6 |
| Características nutricionais da ração dos 79 aos 145 dias de idade 2 | Valor calculado |
| Umidade (%) | 9,5 |
| Proteína Bruta (%) | 28,0 |
| Extrato Etéreo (%) | 3,0 |
| Fibra Bruta (%) | 9,0 |
| Matéria mineral (%) | 11,0 |
| Cálcio (%) | 1,8 |
| Fósforo (%) | 0,5 |

1Composição premix: vitamina A – 3000 UI.Kg-1, vitamina D – 3000 UI.Kg-1, vitamina E – 20 UI.Kg-1, vitamina B1 – 5 mg.Kg-1, vitamina B2 – 5 mg.Kg-1, vitamina B6 – 3 mg.Kg-1, vitamina B12 – 20 mg.Kg-1, vitamina C – 200 mg.Kg-1, vitamina K – 5 mg.Kg-1, niacina – 100 mg.Kg-1, biotina – 0,1 mg.Kg-1, colina – 150 mg.Kg-1, ácido fólico – 1 mg.Kg-1, ácido pantotênico – 20 mg.Kg-1, cobre – 15 mg.Kg-1, ferro – 100 mg.Kg-1, iodo – 5 mg.Kg-1, manganês – 100 mg.Kg-1, selênio – 0,1 mg.Kg-1zinco – 150 mg.Kg-1, antioxidante – 125 mg.Kg-1.

2Composição premix: vitamina A – 3000 UI.Kg-1, vitamina D – 3000 UI.Kg-1, vitamina E – 20 UI.Kg-1, vitamina B1 – 5 mg.Kg-1, vitamina B2 – 5 mg.Kg-1, vitamina B6 – 18 mg.Kg-1, vitamina B12 – 20 µg.Kg-1, vitamina C – 200 mg.Kg-1, vitamina K – 5 mg.Kg-1, niacina – 100 mg.Kg-1, biotina – 0,52 mg.Kg-1, colina – 800 mg.Kg-1, ácido fólico – 4,8 mg.Kg-1, cobre – 15 mg.Kg-1, ferro – 100 mg.Kg-1, iodo – 5 mg.Kg-1, manganês – 100 mg.Kg-1, selênio – 0,1 mg.Kg-1, zinco – 150 mg.Kg-1, antioxidante – 125 mg.Kg-1.

Diariamente foram renovados 20% do volume da água de esgoto tratada de cada tanque. A aeração foi realizada operando em um turno de aeração de nove horas, funcionando no período das 21 às 6 horas.

Foram avaliados os parâmetros em cada uma das repetições dos tratamentos para a determinação do: pH, temperatura (ºC), condutividade elétrica (µs.cm-1), oxigênio dissolvido (mg.L-1), amônia, nitrito e fósforo total, (mg.L-1), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), coliformes (termotolerantes e totais), clorofila-a, algas e ovos de helmintos. Foram coletadas amostras da água para saber o tipo de algas presentes nos tratamentos experimentais, por meio de um microscópio binocular com capacidade de 10 X 100.

Ao término do experimento foi realizado o teste de bioimpedância elétrica em todos os peixes das unidades experimentais com o propósito de determinar o ângulo de fase (AF). Todos os peixes foram inicialmente anestesiados em solução de óleo de cravo (solução estocada: 5 mL eugenol + 95 mL álcool etílico p.a), com 2 mL da solução para cada litro de água. Após a observação do decúbito lateral e redução dos movimentos operculares, determinou-se o peso, comprimento total e o comprimento padrão, para seguir com o procedimento padrão da mensuração da bioimpedância. Para isto, pares de agulhas hipodérmicas (Delta 20-5) fixadas em suporte de acrílico foram aplicadas látero-dorsalmente, em pontos de áreas musculosas dos peixes, suavemente enxutos com toalha comum (tecido de algodão). A profundidade da penetração foi de aproximadamente 1,0 cm e os pontos de aplicação, rigorosamente definidos, foram adaptados do procedimento de Willis & Hobday (2008).

Os eletrodos injetores de corrente foram conectados a agulhas aplicadas nos peixes (Figura 1), de acordo com Andrade et al. (2014), sendo o ponto de inserção anterior localizado medialmente a um segmento de reta transversal que vai da linha dorsal à linha mediana e que tangencia posteriormente o opérculo e o outro ponto posterior localizado medialmente em um segmento de reta transversal que vai da linha dorsal à linha mediana e que tangencia anteriormente a inserção da nadadeira anal. Os eletrodos detectores (eletrodos internos ou medidores da resistência e reatância) foram aplicados entre os injetores de corrente, a 1 cm de cada.



**Figura 1.** Pontos de inserção de agulhas para serem inseridos os eletrodos injetores de corrente, conforme Andrade et al. (2014).

Uma vez inseridas as agulhas no animal anestesiado e conectadas aos eletrodos do plessímetro tetrapolar (modelo BIA-101Q, RJL Systems. Clinton Township, MI, USA, http://www.rjlsystems.com), foi aplicada a corrente alternada (800 μA e 50 KHz), por meio dos eletrodos externos (injetores de corrente). Os eletrodos internos (detectores de corrente) possibilitaram a medição direta das variáveis R e Xc. A bioimpedância (Z), o ângulo de fase (ÂF), e o índice de composição (ICEEI) foram posteriormente calculados, conforme a fórmula: AF= [arco-tangente (Xc/R)]x(180°/π) e Z = (R2 + Xc2)1/2 (Barbosa Silva, 2003).

Após a realização da BIA os peixes foram devolvidos para um tanque com capacidade de 500 L com água renovável para recuperação da anestesia, observando-se o retorno dos movimentos operculares adequados e sua mobilidade espontânea. Em seguida os peixes foram devolvidos para os seus respectivos tratamentos e repetições.

Todos os resultados foram submetidos à análise da variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey com α = 0,05, de acordo com os Proc GLM do STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM.

O projeto de pesquisa intitulado de: "Utilização de probiótico na alimentação de tilápias (*Oreochromis niloticus*) cultivadas em efluentes de esgotos doméstico tratado", foi submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do Piauí sob número de protocolo 013/12 e obteve parecer aprovado (*Carta de aprovação nº 011/12).*

Resultados e Discussão

A condutividade elétrica, DBO5,20 , fósforo total, coliformes (totais e termotolerantes), clorofila-a e amônia total, constatou-se que os valores observados (Tabela 2) foram superiores (P<0,05) na água de esgoto doméstico tratado com e sem probiótico, fato que caracteriza desafio sanitário para os peixes submetidos a esses tratamentos.

A concentração de coliformes totais nos tratamentos da água de esgoto doméstico tratado encontra-se superior ao preconizado pela resolução 357 do Conama (2005) para o efluente a ser utilizado na aquicultura (5000 NMP.100 mL-1). Essa elevada concentração pode comprometer o desempenho dos peixes, assim como influenciar o consumo pelo homem devido a elevada carga de coliformes presentes. O mesmo foi constatado na concentração de coliformes termotolerantes que estabelece limite de 1000 NMP.100 mL-1. Ou seja, pela resolução, esse efluente não pode ser utilizado no cultivo intensivo de peixes, pois pode comprometer o desempenho dos animais, assim como a saúde da população.

Tabela 2. Valores médios de parâmetros ambientais da qualidade da água da produção de tilápias durante 145 dias de cultivo, em função dos tratamentos experimentais

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Parâmetros | Água limpa sem probióticos | Água residuária sem probióticos | Água residuária com probióticos |
|  | Médias ± desvio padrão | | |
| Cond. elét. (µs.cm-1) | 67,8 ± 10,13b | 406,0 ± 126,42a | 475,1 ± 38,73a |
| DBO5,20 (mg.L-1) | 31,7± 12,66b | 74,4 ± 59,49a | 50,4 ± 13,19a |
| DQO (mg.L-1) | 69,1± 18,04a | 80,5 ± 17,91a | 80,9 ± 16,92a |
| OD (mg.L-1) | 6,3 ± 0,81a | 3,2 ± 0,41b | 2,6 ± 0,55b |
| pH | 8,3± 0,8a | 7,8 ± 0,13a | 7,9 ± 0,11a |
| Fósforo total (mg.L-1) | 1,7± 0,37b | 3,4 ± 0,50a | 3,9 ± 0,50a |
| Nitrito (mg.L-1) | 0,26 ± 0,14a | 0,25± 0,23a | 0,34 ± 0,27a |
| Amônia total (mg.L-1) | 1,60 ± 1,58b | 19,36 ± 11,04a | 22,91 ± 7,91a |
| Temperatura (°C) | 26,5 ± 0,15a | 26,8 ± 0,14a | 27,0 ± 0,09a |
| Clorofila-a (µg.L-1) | 428,9± 71,69b | 745,0 ± 61,79a | 681,6 ± 76,03a |
| Coliformes totais (NMP.100 mL-1) | 4,74E+03±9,28E+02b | 1,62E+04 ± 4,29E+03a | 3,52E+04 ±6,37E+03a |
| Coliforme termotolerante (NMP.100 mL-1) | 1,15E+01 ±3,92E+01b | 1,43E+03 ±3,13E+02a | 3,56E+03±3,86E+02a |
| Ovos de helmintos | ND | ND | ND |

DBO - demanda bioquímica de oxigênio; DQO - demanda química de oxigênio; OD – oxigênio dissolvido; cond. elét. - condutividade elétrica.

a,b,c Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância (P>0,05).

A condutividade elétrica (µs.cm-1) elevada pode afetar desempenho dos peixes, comprovando o excesso de matéria orgânica em decomposição que foi provido das lagoas de estabilização. Neste sentido, Dias et al*.* (2011), ao avaliarem o desempenho de larvas de matrinxã com o uso de probiótico composto de *Bacillus subtilis*, encontraram baixos valores para o parâmetro condutividade elétrica (203,13 μs.cm-1 ) indicando que o desafio sanitário proposto não foi suficiente para a expressão do efeitos do probiótico.

Para Colt (2006), a grande concentração de amônia total encontrada no ambiente aquícola pode acarretar mortalidade e queda no desempenho dos animais. Os tratamentos com água residuária indicam elevada decomposição, o que torna o ambiente desfavorável aos peixes. Com relação a DBO5,20, a faixa ideal se encontra entre 30 e 50 mg.L-1. Os animais que estavam nos tratamentos com água de esgoto doméstico tratado apresentaram valores superiores, fato que evidencia ambiente com desafio sanitário para os peixes. A resolução 357 do Conama (2005) afirma que para o lançamento do efluente em águas de classe 2 a quantidade de DBO deve ser inferior a 5 mg.L-1. Logo, a concentração encontrada nos tratamentos com a água de esgoto doméstico tratado encontra-se bem superior ao limite estabelecido pela resolução, não sendo indicado para a aquicultura, pois compromete o desempenho dos peixes.

Não foram encontradas diferenças significativas (P>0,05) nos parâmetros DQO, pH, nitrito e temperatura (Tabela 2). Os valores de DQO encontram-se bem abaixo da concentração média típica para regiões de clima quente que é de 400 mg.L-1. Segundo a resolução 357 do Conama (2005), a concentração de DQO deve ser inferior a 450 mg.L-1 para o seu uso na aquicultura, sendo que nos tratamentos com a água de esgoto doméstico tratado foram constatados valores inferiores. Já o pH da água nas unidade experimentais estava dentro da faixa ideal, entre 6,5 a 9,0 (Zhou et al., 2009). Mehrim (2009) afirma que para as cepas probióticas terem efeitos desejáveis no trato digestivo dos peixes é necessário que os fatores ambientais, dentre eles o pH, estejam funcionando de maneira adequada, por meio de uma boa qualidade de água. A concentração de nitrito encontrada nos tratamentos está bem abaixo da faixa compreendida entre 0,7 e 2,0 mg.L-1. Normalmente, no cultivo de peixes em sistemas intensivos, ocorre elevada concentração de nitritos, devido à transformação que acontece por meio da atuação de bactérias do gênero *Nitrosomonas*,da amônia livre em nitritos (Kubitza, 2000). Este aspecto não foi detectado no experimento. No entanto, o que promove o desafio no ambiente aquícola aos peixes é um conjunto de fatores que quando inter-relacionados promovem queda no desempenho e até mesmo provoca sua mortalidade.

Para o cultivo de peixes tropicais a temperatura nos tratamentos avaliados está dentro das recomendações que é entre 18 a 30 °C (Kubitza, 2000). Uma temperatura média de 28 °C é considerada ótima para o cultivo de tilápias-do-nilo, em sistema de recirculação forçada (El-Sayed & Kawanna, 2008). Marengoni et al. (2010), ao avaliarem o desempenho e proporção sexual de tilápia vermelha com inclusão de probiótico em água mesohalina, também encontraram temperatura média de 28,5 °C. Temperaturas muito elevadas podem proporcionar diminuição no desempenho dos peixes, já que seu aumento causa gasto energético excessivo para manter o funcionamento do organismo.

Constatou-se que a concentração de oxigênio dissolvido e clorofila-a (Tabela 2) foram superiores (P<0,05) no tratamento com água limpa. A faixa ideal de oxigênio dissolvido é de 5 a-8 mg.L-1 (Kubitza, 2000). Pela resolução 357 do Conama (2005), a concentração de OD deve ser superior a 5,0 mg.L-1 para o efluente ser utilizado na aquicultura. Sendo assim, os tratamentos com a água de esgoto doméstico tratado estavam foram deste padrão para o efluente de classe de 2 e representa um ambiente extremamente desafiador aos animais. Mesmo, com a utilização de aeradores nos tratamentos com água tratada de esgoto doméstico, estes aeradores não foram suficientes para deixar o teor de OD dentro da faixa ótima para o cultivo da espécie. Tran-duy et al. (2008) reduziram as concentrações de oxigênio dissolvido no cultivo de tilápias-do-nilo e detectaram queda no desempenho devido ao desafio pela baixa concentração de OD no meio.

O tratamento com água limpa apresentou elevada concentração de clorofila-a, indicando assim uma elevada produtividade primária do meio. Assim, com base nos parâmetros físico-químicos, avaliados durante todo o período experimental, fica evidenciado que a água tratada de esgoto doméstico representa um ambiente de desafio aos peixes.

Para a avaliação do estado de saúde dos peixes dos tanques experimentais, foi feita a determinação do ângulo de fase, por meio da técnica de bioimpedância elétrica. Observou-se que a reatância (Tabela 3) não foi influenciada (P>0,05) pelos tratamentos avaliados durante a fase adulta de tilápias-do-nilo. Porém, constatou-se para os parâmetros: ângulo de fase, peso, comprimento padrão, comprimento, índice de composição e fator de condição de Fulton, que os valores foram superiores para os tratamentos com água limpa (P<0,05), enquanto os com água residuária com e sem probióticos não diferiram entre si (P>0,05). Os valores para impedância e resistência (Tabela 3) do tratamento com água limpa foram inferiores (P<0,05) aos com os de água residuária com e sem probiótico, que não diferiram entre si (P>0,05).

Tabela 3. Valores médios do ângulo de fase (AF), impedância (Z); reatância (XC); resistência (R); peso (P); comprimento padrão (LP); distância dos eletrodos (DDi); comprimento (L); índice de composição (IC) e K de Fulton (FCF) de tilápias-do-nilo, até os 145 dias de cultivo, em função dos tratamentos

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Parâmetros | Água limpa sem probióticos | Água residuária sem  probióticos | Água residuária  com probióticos |
|  | Médias ± desvio padrão | | |
| AF | 16,00 ± 0,76a | 14,40 ± 1,14b | 14,14 ± 0,64b |
| Z | 142,74 ± 5,05b | 155,71 ± 12,51ab | 159,13 ± 8,85a |
| Xc | 39,37 ± 2,97a | 38,54 ± 1,37a | 38,75 ± 1,6a |
| R | 137,18 ± 4,47b | 150,83 ± 12,77ab | 154,31 ± 8,88a |
| P (g) | 431,62 ± 55,37a | 186,71 ± 88,73b | 155,95 ± 68,59b |
| LP (cm) | 22,80 ± 1,87a | 17,33 ± 2,42b | 16,20 ± 2,14b |
| DDi (cm) | 3,03 ± 1,03b | 6,45 ± 1,15a | 6,21 ± 1,34a |
| L (cm) | 27,19 ± 1,83a | 21,3778 ± 2,92b | 20,1386 ± 2,65b |
| IC | 2,56 ± 0,3620a | 1,1633 ± 0,43b | 1,0540 ± 0,49b |
| K de Fulton | 2,12 ± 0,08a | 1,7867 ± 0,14b | 1,7880 ± 0,08b |

a,b Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância (P>0,05).

O AF é utilizado como uma nova ferramenta para a mensuração do estado de saúde dos peixes, assim como de outros animais. Cox & Heintz (2009), ao realizarem trabalhos em peixes para a avaliação da condição de saúde dos animais, com base na determinação do ângulo de fase, em testes de bioimpedância elétrica (BIA), verificaram que ângulos de fase maiores que 15° indicam boa condição do peixe.

No entanto, quando esses valores são menores que 15°, caracterizam péssimo estado de saúde dos animais. Observou-se que os peixes que foram submetidos à água de esgoto doméstico tratado apresentaram ângulo de fase (Tabela 3) menor que 15°, indicando assim, pior condição no estado de saúde dos animais, devido ao ambiente aquícola. Já as tilápias-do-nilo que foram submetidas ao tratamento com água limpa obtiveram AF superior a 15°, indicando que os peixes estavam em melhor estado de saúde. Este resultado é confirmado pela qualidade da água, em que os animais estavam inseridos.

Dessa forma, o ângulo de fase permite avaliar o estado fisiológico das membranas celulares e sua participação da distribuição da água extra e intracelular. Destaca-se que essa variável tem sido realizada em operações de rastreamento e etiquetagem devido a impossibilidade de medição direta do estado de saúde dos peixes (Bradford et al., 2009).

Mesmo os animais, que foram submetidos ao tratamento com a água residuária com probiótico, não apresentaram melhor ângulo de fase quando comparado ao tratamento com água residuária sem probiótico (P>0,05). A inserção de probiótico na ração promoveu melhorias aos animais, demonstrando a grande carga orgânica ao qual os animais estavam submetidos.

Os peixes submetidos aos tratamentos com água residuária apresentaram K de Fulton (Tabela 3) e ângulos de fases inferiores aos do tratamento com água limpa, indicando que os peixes que estavam submetidos a esse tipo de desafio sanitário possivelmente estavam sob estresse. Os peixes que se encontravam sob desafio sanitário intenso, assim como verificado com os peixes que se encontravam na água de esgoto doméstico tratado apresentaram um K de Fulton inferior ao tratamento de água limpa, tornando-se um forte indicador do estado de saúde dos animais.

O K de Fulton e o ângulo de fase apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, indicando que os peixes não se adaptaram ao tipo de ambiente proposto. Andrade et al. (2014), avaliando esse parâmetros na espécie tambatinga, observaram que estas variáveis não modificaram em animais durante 50 dias de crescente e paulatina eutrofização, em níveis subletais, demonstrando adaptação dos peixes ao ambiente aquícola adotado.

Ressalta-se que na condução do experimento os eletrodos foram inseridos na parte dorsal, para manter o mesmo tipo de célula avaliada, e as distâncias entre os eletrodos apresentou pequenos desvios, justamente para evitar variações bruscas durante a leitura do aparelho de bioimpedância, fato esse constatado por Cox et al. (2011). Ressalta-se que a importância de que mudanças relacionadas às distâncias dos eletrodos e do posicionamento (lado dorsal e ventral) podem proporcionar leituras diferentes devido ao tipo de tecido avaliado (Cox et al., 2011). A determinação do melhor local para a inserção do eletrodos nas tilápias-do-nilo é essencial para a representação da BIA como forma de apresentação global do corpo de animal.

A bioimpedância elétrica pode ser considerada uma importante ferramenta de mensuração do estado de saúde dos animais já que não precisa sacrificar os animais tornando-se uma ferramenta essencial para produtores de peixes. Na pesca pode ser feito o acompanhamento de uma determinada população de peixes ao longo do tempo e ir observando o seu estado de saúde. A avaliação de um grupo de animais apenas pelo peso é considerada uma prática insegura pois ocorre variações nas interpretações de quem está avaliando (Helfman, 2007).

No entanto, nesse experimento com tilápias cultivadas em água sob desafio sanitário o IC mostrou-se um método também eficiente para mensuração da condição corporal dos peixes. Os cuidados na piscicultura devem ser dobrados já que pequenos descuidos podem comprometer um lote inteiro de animais. Mudanças no estado nutricional do animais compromete o seu desempenho, causando prejuízos não só para o grupo de peixes como também para o produtor (Zaniboni-Filho & Nuñer, 2004).

Conclusões

A bioimpedância elétrica pode ser utilizada como ferramenta de mensuração do estado de saúde de tilápias-do-nilo quando cultivadas em água sob desafio sanitário, adicionado ou não de cepas probióticas (*Bacillus licheniformis, Bacillus cereus* e *Bacillus subitillis* e leveduras –*Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces boulardi*) na ração por 145 dias.

Referências

Andrade, F.T., Abreu, M.L.T., Lopes, J.B., Figueiredo, A.V., Araripe, M.N.B.A., Ferreira, A.H.C. 2014. Ichthyometry and electrical bioimpedance analysis to estimate the body composition of tambatinga. *Acta Amazonica* 44: 279–286.

Barbosa Silva, M.C.G. 2003. Can Bioeletrical Impedance Analysis Identify Malnutrition in Preoperative Nutrition Assessment. *Nutrition* 19: 422–426.

Bradford, R.W., Hobday, A.J., Evans, K., Lansdell, M. 2009. *CMAR Code of Practice for Tagging Marine Animals.* CSIRO Marine and Atmospheric Research Paper 028. CSIRO, Hobart, 36p.

Cabello, F.C. 2006. Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: a growing problem for human and animal health and for the environment. *Environment Microbiology* 8: 1137-1144.

Colt, J. 2006. Water quality requirements for reuse systems. *Aquacultural Enginnering* 34: 143– 56.

CONAMA. Resolução CONAMA 357/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005. http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre. cfm?codlegi=459/ <Acesso em 10 Fev . 2013>

Cox, M.K., Heintz, R. 2009. Electrical phase angle as a new method to measure fish condition. *Fishery Bulletin* 107: 477–487.

Cox, M.K., Heintz, R., HARTMAN, K. 2011. Measurements of resistance and reactance in fish with the use of bioelectrical impedance analysis: sources of error. *Fishery Bulletin* 109: 34-47.

Dias, D.D.C., Corrêa, C.F., Leonardo, A.F.G., Tachibana, L., Romagosa, E., Paiva, M.J.T.R. 2011. Probiótico na larvicultura de matrinxã, *Brycon amazonicus*. *Acta Scientiarum Animal Sciences* 33: 365–368.

Eler, M.N., Millani, T.J. 2007. Métodos de estudos de sustentabilidade aplicados à aquicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36: 33-44.

El-Sayed, A.F.M. 2006. *Tilapia culture*. 1.ed. CABI Publishing, Cambridge, EUA. 277p

El-Sayed, A.F.M., Kawanna, M. 2008. Optimum water temperature boosts the growth perfor- mance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry reared in a recycling system. *Aquaculture Research* 39: 670-672.

Fuller, R. 1989. A review: probiotic in man and animals. **Journal Applied Environmental** *Microbiology* 63: 1034-1039.

Helfman, G.S. 2007. *Fish conservation: A guide to understanding and restoring global aquatic biodiversity and fisheries resource***.** Island Press, Washington, EUA. 584p.

Kubitza, F. 2000. *Tilápia – tecnologia e planejamento na produção comercial*. Divisão de Biblioteca e Documentação, Jundiaí, Brasil. 289p.

Marengoni, N.G., Albuquerque, D.M., Mota, F.S. 2010. Desempenho e proporção sexual de tilápia vermelha sob à inclusão de probiótico em água mesohalina. *Archivos de Zootecnia* 59, 403–414.

Mehrim, A.I. 2009. Effect of dietary supplementation of Biogen (Commercial probiotic) on mono-sex Nile tilapia *Oreochromis niloticus* under different stocking densities. *Journal Fish Aquatic Scince* 4: 261–273.

Nayak, S.K. 2010. Probiotics and immunity: A fish perspective. *Fish & Shelfish* Immunology, 29: 2-14.

Santos, E.S., Furtado-Neto, M., Mota, S., Dos Santos, A.B., Aquino, M.D. 2009. Cultivo de tilápias-do-nilo em esgoto doméstico tratado, com diferentes taxas de alimentação. *Revista DAE* 180: 4-11.

Santos, E.S., Mota, S., Santos, A.B., Monteiro, C.A.B., Fontenele, R.M.M. 2011. Avaliação da sustentabilidade ambiental do uso de esgoto doméstico tratado na piscicultura. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 16: 45-54.

Tran-Duy, A, Schrama, J.W., Vam Dam. A.A., Verreth, J.A.J. 2008. Effects of oxygen concentration and body weight on maximum feed intake, growth and hematological parameters of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 275: 152-162.

Willis, J, Hobday, A.J. 2008. Application of bioelectrical impedance analysis as a method for estimating composition and metabolic condition of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) during conventional tagging. *Fisheries Research* 93: 64-71.

Zaniboni-Filho, E., Nuñer, A.P. de O. 2004. Fisiologia da reprodução e propagação artificial dos peixes. Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. *TecArt* 1: 45-73.

Zhou, Q., Li, K., Jun, X., Bo, L. 2009. Role and functions of beneficial micro-organisms in sustainable aquaculture. *Bioresource Technology* 100: 3780-3786.