

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP**  
**CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP**

**Interações de níveis de ácidos orgânicos e de  
proteína digestível das dietas no desempenho  
e eficiência de utilização de nutrientes para  
tilápia do Nilo**

**Daniela Bezerra de Amorim**  
Zootecnista

Jaboticabal, SP  
2018

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP**  
**CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP**

**Interações de níveis de ácidos orgânicos e de  
proteína digestível das dietas no desempenho  
e eficiência de utilização de nutrientes para  
tilápia do Nilo**

**Daniela Bezerra de Amorim**

Orientador: Dr. Dalton José Carneiro

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Aquicultura do Centro de Aquicultura  
da UNESP – CAUNESP, como parte  
dos requisitos para obtenção do título  
de Mestre.

Jaboticabal, SP  
2018

A524i Amorim, Daniela Bezerra de  
Interações de níveis de ácidos orgânicos e de proteína digestível  
das dietas no desempenho e eficiência de utilização de nutrientes  
para tilápia do Nilo / Daniela Bezerra de Amorim. -- Jaboticabal,  
2018  
xi, 55 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Estadual Paulista, Centro  
de Aquicultura, 2018  
Orientador: Dalton José Carneiro  
Banca examinadora: João Batista Kochenborger Fernandes,  
Marcelo pereira de Aguiar Toledo  
Bibliografia

1. *Blend* de ácidos orgânicos. 2. Nutrição de peixes. 3.  
*Oreochromis niloticus*. I. Título. II. Jaboticabal -- Centro de Aquicultura.

CDU 639.3.043

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



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Unidade Complementar - Jaboticabal

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** Interações de níveis de ácidos orgânicos e de proteína digestível das dietas no desempenho e eficiência de utilização de nutrientes para tilápia do Nilo

**AUTORA:** DANIELA BEZERRA DE AMORIM

**ORIENTADOR:** DALTON JOSÉ CARNEIRO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AQUICULTURA, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. DALTON JOSÉ CARNEIRO  
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal/ UNESP

Prof. Dr. JOÃO BATISTA KOCHENBORGER FERNANDES  
Laboratório de Peixes Ornamentais / Centro de Aquicultura - CAUNESP

Dr. MARCELO PEREIRA DE AGUIAR TOLEDO  
Diretor de Produtos Aquicultura / Trouw Nutrition Brasil LTDA

Jaboticabal, 29 de junho de 2018.

## **Dados Curriculares do Autor**

**DANIELA BEZERRA DE AMORIM** – nasceu em Guariba, SP no dia 31 de julho de 1992. Em fevereiro de 2011 ingressou no curso de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal, SP, realizando estágios e cursos em diversas áreas. Em 2013 realizou seu primeiro trabalho de iniciação científica com bolsa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), com o projeto “Análise de polimorfismos do gene DGAT1 e associação com características produtivas em búfalas da raça Murrah (*Bubalus bubalis*)” no Laboratório de Genética Molecular do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP – Campus de Jaboticabal, sob orientação do Professor Doutor Humberto Tonhati. Em 2014 realizou treinamento no Laboratório de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus de Jaboticabal, sob orientação do Professor Doutor Luciano Hauschild, para fim de realização de trabalho de conclusão de curso intitulado “Respostas de suínos mantidos em clima tropical a redução da proteína bruta”. Em outubro de 2015 deu início a seu estágio curricular obrigatório supervisionado pelo Professor Doutor Dalton José Carneiro no Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), Jaboticabal, SP. Em março de 2016 graduou-se em Zootecnia. Em março de 2016, ingressou no curso de Mestrado em Aquicultura no Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), Jaboticabal, SP, sob orientação do Professor Doutor Dalton José Carneiro, com bolsa financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), submetendo sua dissertação intitulada “Interações de níveis de ácidos orgânicos e de proteína digestível das dietas no desempenho e eficiência de utilização de nutrientes para tilápia do Nilo” à banca examinadora em junho de 2018.

“

*Não é sobre ter*

*Todas as pessoas do mundo pra si  
É sobre saber que em algum lugar  
Alguém zela por ti  
É sobre cantar e poder escutar  
Mais do que a própria voz  
É sobre dançar na chuva de vida  
Que cai sobre nós*

*É saber se sentir infinito  
Num universo tão vasto e bonito  
É saber sonhar  
E, então, fazer valer a pena cada verso  
Daquele poema sobre acreditar*

*Não é sobre chegar no topo do mundo  
E saber que venceu  
É sobre escalar e sentir  
Que o caminho te fortaleceu  
É sobre ser abrigo  
E também ter morada em outros corações  
E assim ter amigos contigo  
Em todas as situações*

*A gente não pode ter tudo  
Qual seria a graça do mundo se fosse assim?  
Por isso, eu prefiro sorrisos*

*E os presentes que a vida trouxe  
Pra perto de mim*

*Não é sobre tudo que o Teu dinheiro  
É capaz de comprar  
E sim sobre cada momento  
Sorriso a se compartilhar  
Também não é sobre correr  
Contra o tempo pra ter sempre mais  
Porque quando menos se espera  
A vida já ficou pra trás*

*Segura teu filho no colo  
Sorria e abraça teus pais  
Enquanto estão aqui  
Que a vida é trem-bala, parceiro  
E a gente é só passageiro prestes a partir..."*

*(Trem bala - Ana Vilela)*

*Dedico,  
A Deus,  
aos meus pais, Ademir e Rosângela,  
ao meu esposo e melhor amigo, Fábio  
e a minha filha, Maíra.  
Sem vocês eu nada seria!*



## *Agradecimentos*

*Agradeço primeiramente a Deus, por se fazer presente em todos os momentos da minha vida, me dando forças para continuar apesar de todas as pedras que surgiram em meu caminho.*

*Aos meus pais, Ademar e Rosenilda, por simplesmente serem tudo de mais valioso que tenho na vida, por me estenderem a mão sempre que senti o peso da caminhada e pensei que não fosse suportar e por estarem sempre ao meu lado torcendo e zelando por meu sucesso e realizações pessoais. Obrigada por terem aberto mão de tantas coisas para me verem chegar até aqui, por abdicarem de seus projetos pessoais para que eu pudesse estudar e ter uma boa formação profissional e por definirem meus sonhos como prioridade. Todo seu carinho, confiança, apoio e incentivo foram fundamentais para a conclusão de mais esta etapa tão importante e almejada em minha vida. Sem vocês nada disso seria possível. Obrigada por terem feito de mim quem sou hoje, por todos os valores que me ensinaram, por mostrarem que não há amor maior, mais verdadeiro e mais puro no mundo que o dos pais para com os filhos (hoje eu realmente conheço a magnitude desse amor...) e que apesar da distância sempre estarão presentes, enfim, obrigada por sempre apoiarem meus sonhos e por serem quem são.*

*Ao meu esposo, melhor amigo e companheiro, Fábio Furtado, por ter sido a melhor pessoa que poderia ter conhecido em 2017, ano que foi tão marcante, que teve um início difícil,*

*surpreendentemente instável e repleto de incertezas. Deus te enviou para ser meu anjo, pois sabia o quanto eu estava precisando de um. Seu apoio, carinho e dedicação a nós foi imprescindível para não me deixar desistir. Obrigada por, desde o início, mostrar que chegou para fazer a diferença em minha vida, para ser minha fortaleza. Serei eternamente grata a Deus por ter te conhecido e por confiar a nós nossa pequena Maîtê.*

*Quero agradecer ao melhor presente que Deus poderia ter me dado em toda a minha existência, minha pequena Maîtê. Apesar de ainda não estar em meus braços, esse presentinho que descobri quando ainda era muito pequeno, já me deu tantas lições que jamais conseguirei mensurar o impacto que tiveram em minha vida. Nunca imaginei amar tanto e receber tanta força de alguém que nem conheço, nunca vi. Obrigada minha filha por tudo que tem me ensinado, por ter feito de mim uma mulher mais forte e com uma capacidade de amar imensurável.*

*Ao meu orientador Prof. Dr. Dalton José Carneiro pela oportunidade, pela confiança ao me permitir fazer parte de sua equipe, por se fazer presente sempre que precisei, por sua dedicação, paciência, companheirismo, amizade, carinho de pai e por suas delícias culinárias, atenção especial para a cuca de goiabada.*

*Ao Centro de Aquicultura da Unesp, Campus de Jaboticabal, pela oportunidade concedida de tornar-me Mestre em Aquicultura, e também ao seu corpo docente, por todo comprometimento, dedicação e conhecimento fornecido que*

*carregarei por todos os dias de minha vida no exercício de minha profissão.*

*A Trouw Nutrition pela doação do produto Selko - Selacid® Green Growth, objeto de estudo do meu trabalho.*

*Aos meus colegas de trabalho do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA) por todos os momentos de trabalho duro, por todos os conselhos, por toda ajuda, assim como por todos os momentos de confraternização.*

*A Gabriela Paulino que se tornou um dos meus maiores apoios no decorrer do desafio chamado Mestrado. Seu jeito “mãe” de ser fez toda a diferença nesses anos difíceis. Nossa amizade se tornou algo verdadeiramente especial para mim e assim será por todo sempre.*

*A Profa. Dra. Márcia Helena, a Taís Sasahara e a Francisca De Assis Ardisson Giangrecco pelo auxílio e parceria na realização de minhas análises histológicas.*

*A toda a equipe da PREVET Sanidade Aquícola pelo grande apoio e excelência na realização das coletas e análises microbiológicas.*

*Muito obrigada a todos que contribuíram para que eu me tornasse quem sou hoje!*

**GRATIDÃO** é a palavra que define mais esta conquista em minha vida!

## Sumário

|                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Lista de Figuras.....                                                                                                                                                       | x  |
| Lista de Tabelas.....                                                                                                                                                       | xi |
| CAPÍTULO 1 - Considerações iniciais .....                                                                                                                                   | 1  |
| 1.1 Cenário atual da aquicultura .....                                                                                                                                      | 1  |
| 1.2 Espécie .....                                                                                                                                                           | 2  |
| 1.3 Uso de aditivos na aquicultura .....                                                                                                                                    | 4  |
| 1.4 Ácidos orgânicos na aquicultura .....                                                                                                                                   | 6  |
| Referências Bibliográficas.....                                                                                                                                             | 11 |
| CAPÍTULO 2 - Interações de níveis de ácidos orgânicos e de proteína digestível das dietas no desempenho e eficiência de utilização de nutrientes para tilápia do Nilo ..... | 16 |
| Resumo.....                                                                                                                                                                 | 16 |
| CHAPTER 2 - Interactions of organic acid levels and dietary digestible protein in performance and nutrient utilization efficiency for Nile tilapia.....                     | 17 |
| Abstract.....                                                                                                                                                               | 17 |
| 1. Introdução.....                                                                                                                                                          | 18 |
| 2. Materiais e métodos .....                                                                                                                                                | 20 |
| 2.1 Instalações e condições experimentais.....                                                                                                                              | 20 |
| 2.2 Material biológico e manejo .....                                                                                                                                       | 20 |
| 2.3 Dietas experimentais.....                                                                                                                                               | 21 |
| 2.4 Delineamento experimental .....                                                                                                                                         | 25 |
| 2.5 Avaliação do desempenho produtivo .....                                                                                                                                 | 26 |
| 2.6 Análise de composição corporal .....                                                                                                                                    | 26 |
| 2.7 Parâmetros de eficiência nutricional .....                                                                                                                              | 27 |
| 2.8 Índices fisiológicos .....                                                                                                                                              | 28 |
| 2.9 Análise da histomorfometria intestinal.....                                                                                                                             | 28 |
| 2.10 Ensaio de digestibilidade .....                                                                                                                                        | 29 |
| 2.11 Análises estatísticas .....                                                                                                                                            | 30 |
| 3. Resultados.....                                                                                                                                                          | 31 |
| 3.1 Condições experimentais .....                                                                                                                                           | 31 |
| 3.2 Desempenho produtivo .....                                                                                                                                              | 31 |
| 3.3 Composição corporal .....                                                                                                                                               | 33 |
| 3.4 Eficiência nutricional .....                                                                                                                                            | 35 |
| 3.5 Índices fisiológicos .....                                                                                                                                              | 37 |
| 3.6 Histomorfometria intestinal.....                                                                                                                                        | 38 |
| 3.7 Ensaio de digestibilidade .....                                                                                                                                         | 41 |
| 4. Discussão .....                                                                                                                                                          | 44 |

|     |                                          |    |
|-----|------------------------------------------|----|
| 4.1 | Desempenho e eficiência nutricional..... | 44 |
| 4.2 | Composição corporal .....                | 46 |
| 4.3 | Histomorfometria intestinal.....         | 47 |
| 4.4 | Digestibilidade.....                     | 48 |
| 5.  | Conclusão .....                          | 50 |
| 6.  | Referências Bibliográficas .....         | 51 |
| 7.  | Anexos.....                              | 55 |

## Lista de Figuras

- Figura 1.** Fotomicrografia para medidas de histomorfometria. AV: altura da vilosidade; LV: largura da vilosidade; TM: largura da túnica muscular; mi: camada muscular interna; ml: camada muscular longitudinal; (→): célula caliciforme; em: epitélio da mucosa; ms: membrana serosa .....40
- Figura 2.** Fotomicrografias das vilosidades intestinais de juvenis de tilápia do Nilo em corte transversal. Barras de escala de 200µm. Hematoxilina/Eosina (HE). ....41

## Lista de Tabelas

|                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1.</b> Efeitos dos ácidos orgânicos e seus sais na nutrição animal. Adaptado de KIRCHGESSNER & ROTH (1988).....                                                                                                                 | 08 |
| <b>Tabela 1.</b> Formulação das dietas experimentais (valores com base na matéria natural).....                                                                                                                                           | 22 |
| <b>Tabela 2.</b> Composição centesimal das dietas experimentais .....                                                                                                                                                                     | 23 |
| <b>Tabela 3.</b> Composição de aminoácidos totais das dietas experimentais .....                                                                                                                                                          | 24 |
| <b>Tabela 4.</b> Valores médios dos parâmetros físico-químicos da água .....                                                                                                                                                              | 31 |
| <b>Tabela 5.</b> Valores de F e médias dos parâmetros de desempenho de juvenis de tilápias do Nilo alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de BAO e diferentes teores de PD .....                                   | 32 |
| <b>Tabela 6.</b> Médias de desempenho produtivo de juvenis de tilápias do Nilo alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de BAO e diferentes teores de PD .....                                                       | 33 |
| <b>Tabela 7.</b> Valores de F e médias da composição corporal de juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de BAO e diferentes teores de PD (valores observados na matéria natural). ..... | 34 |
| <b>Tabela 8.</b> Médias da composição corporal de juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de BAO e diferentes teores de PD (valores observados na matéria natural) .....                 | 35 |
| <b>Tabela 9.</b> Valores de F e médias da eficiência nutricional de juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de BAO e diferentes teores de PD .....                                       | 36 |
| <b>Tabela 10.</b> Valores de F e médias dos índices fisiológicos de juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de BAO e diferentes teores de PD .....                                       | 37 |
| <b>Tabela 11.</b> Valores de F e médias dos parâmetros histomorfométricos intestinais de juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de BAO e diferentes teores de PD .....                  | 38 |
| <b>Tabela 12.</b> Médias dos parâmetros histomorfométricos intestinais de juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de BAO e diferentes teores de PD .....                                 | 39 |
| <b>Tabela 13.</b> Valores de F e médias dos coeficientes de digestibilidade aparente de dietas para juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de BAO e diferentes teores de PD.....        | 42 |
| <b>Tabela 14.</b> Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente de dietas para juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de BAO e diferentes teores de PD .....                      | 43 |

## Capítulo 1 - Considerações iniciais

### 1.1 Cenário atual da aquicultura

De acordo com projeções de um relatório publicado pelas Nações Unidas (UN, 2017), espera-se que a população mundial atinja 9,8 bilhões de habitantes até 2050, recaindo sobre a agricultura, a missão de produzir alimento suficiente a fim de atender à demanda por alimentos e ao aporte nutricional desta crescente população.

O aumento desta produção deverá ocorrer levando-se em conta que os recursos necessários para a produção de alimentos, como terra e água, serão ainda mais escassos em um mundo com maior taxa de lotação e, portanto, o setor precisará ser muito mais eficiente, otimizando a utilização de recursos produtivos e promovendo a redução na produção de resíduos. Além disso, diante das mudanças climáticas globais, é necessário mudar a forma de conduzir atividades econômicas (MSANGI *et al.*, 2013).

O grande desafio será produzir de forma sustentável frente à demanda crescente por alimentos saudáveis, e a aquicultura serão um dos principais setores a encarar este desafio. Com a produção aquícola em rápida expansão em todo o mundo, esta atividade tem grande potencial em tornar-se responsável por incrementar expressivamente a produção de alimentos, fornecendo uma importante fonte de proteína de origem animal para consumo humano. Além disso, a FAO estima que em 2030, a aquicultura será responsável por mais de 60% da produção mundial de pescado para consumo humano. Assim, vemos claramente que a tendência dos últimos anos deve continuar nas próximas décadas, com a aquicultura sendo a maior responsável por atender à crescente demanda de pescado em nível mundial.

O Instituto *Earth Policy* cita que 2013 foi o primeiro ano em que o mundo consumiu mais pescado de origem cultivada do que de capturada. Ainda segundo o *Earth Policy*, a produção de pescado cultivado em 2013 foi de 66 milhões de toneladas, enquanto a produção mundial de carne bovina foi de 63 milhões de toneladas, ou seja, já se produz mais pescado cultivado do que bovinos, mostrando assim a magnitude já alcançada pela produção aquícola mundial.



Quando comparamos o crescimento da aquicultura com outras fontes de produção de alimentos, vemos que o crescimento é mais acelerado do que em outras atividades produtoras. No período 2000/2012, a aquicultura cresceu 6,7% no mundo, enquanto que, no mesmo período, a produção de milho cresceu 4,7%; a avicultura 3,3%; o trigo, 1,4%; a bovinocultura e o cultivo do arroz, 1,2%; a suinocultura, 1%; e a pesca decresceu 0,2% (Plano de Desenvolvimento da Aquicultura – 2015/2020 – MPA, 2015).

A produção mundial da aquicultura registrou no ano de 2016, um total de 171 milhões de toneladas e um consumo de 20,3 kg *per capita* de pescado, aumento de 11,0% e 9,7%, respectivamente, quando comparado ao ano de 2011 (FAO - SOFIA, 2018).

Com 12% da água doce disponível no planeta e um litoral de aproximadamente oito mil quilômetros (MPA, 2014), o Brasil registra, atualmente, a 13ª maior produção aquícola do mundo (FAO - SOFIA, 2018). Em um levantamento estatístico da atividade feito pela Associação Brasileira da Piscicultura (PEIXE BR, 2017), mostrou que no ano de 2017 a piscicultura brasileira atingiu a marca de 691.700 toneladas, sendo a região Sudeste responsável por aproximadamente 16,7% (115.300 toneladas) da produção nacional, crescimento de 8% em relação a 2016. Dados do relatório da FAO apontam, que, em dez anos, a produção de pescados em cativeiro no Brasil mais do que dobrará. A expectativa é que em 2025 a produção já seja de 1,145 milhão de toneladas, o que demonstra o grande potencial do Brasil no cenário aquícola mundial em atender a demanda crescente por pescado (FAO - SOFIA, 2016).

## 1.2 Espécie

Pertencente à família Cichlidae, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é originária da bacia do rio Nilo, no Leste da África e encontra-se amplamente, disseminada nas regiões tropicais e subtropicais, como em Israel, no Sudeste Asiático (Indonésia, Filipinas e Formosa) e no Continente Americano (USA, México, Panamá e toda América do Sul) (CARVALHO, 2006). A primeira espécie de tilápia introduzida no Brasil, a tilápia do Congo (*Tilápia rendalli*), ocorreu em 1953 no estado de São Paulo. Em 1971, no Nordeste, foram introduzidas a tilápia de Zanzibar (*Oreochromis urolepis hornorum*) e a tilápia do Nilo (*Oreochromis*

*niloticus*), e sua distribuição expandiu-se nas últimas cinco décadas, devido ao seu potencial para a aquicultura (ZIMMERMANN e FITZSIMMONS, 2004).

A tilápia é a segunda espécie de maior importância na aquicultura mundial (IBGE, 2015) e a principal espécie produzida pela aquicultura continental brasileira, respondendo por 51,7% da produção, segundo levantamento inédito da Associação Brasileira da Piscicultura (PEIXE BR, 2017), com 357.639 toneladas em 2017. Entre os anos de 2013 e 2015 a produção de tilápias aumentou em 22,8%, passando de 169.306 para 219.329 toneladas (IBGE, 2015), demonstrando assim sua grande importância econômica. Um aspecto importante no panorama da produção de tilápia no país é o crescente aumento na produção em todas as regiões, assim como o surgimento de novas áreas de criação em todo o país, com novas tecnologias que culminaram numa maior produção nas diferentes regiões (MPA, 2014).

Algumas das características que colocaram as tilápias no pódio das principais espécies cultivadas comercialmente são: 1) a facilidade de reprodução e obtenção de alevinos; 2) a possibilidade de manipulação hormonal do sexo para obtenção de populações masculinas; 3) a boa aceitação de diversos tipos de alimentos; 4) a grande capacidade de aproveitar alimentos naturais em viveiros; 5) conversão alimentar entre 1 a 1,8; 6) bom crescimento em cultivo intensivo (5 a 500g em 4 a 5 meses); 7) grande rusticidade, suportando bem o manuseio intenso e os baixos níveis de oxigênio dissolvido na produção e, sobretudo, sua grande resistência às doenças; 8) a carne branca, de textura firme, sem espinhos, de sabor pouco acentuado e de boa aceitação (KUBITZA e KUBITZA, 2000).

A tilápia apresenta grande adaptação ao sistema de produção em tanques-redes. Dados apontam que a espécie apresenta amplo desempenho e adaptação em sistemas intensivos de produção (FURLANETO *et al.*, 2006). Devido ao grande potencial de produção desta espécie, inúmeros estudos têm sido realizados acerca de seus hábitos alimentares e sobre a forma que utilizam os nutrientes da dieta, a fim de compreender melhor sua nutrição e alimentação (DEGANI e REVACH, 1991), assim como estudos voltados à reprodução, melhoramento genético e manejo sanitário, com o objetivo de intensificar o pacote tecnológico de criação da tilápia visando a maximização de seu desempenho produtivo.

Embora seja uma espécie introduzida, a tilápia do Nilo é, sem dúvida, uma das principais espécies da fauna aquática brasileira com potencial para alicerçar a expansão da piscicultura industrial, fazendo do país o maior produtor mundial desta espécie.

### **1.3 Uso de aditivos na aquicultura**

A busca por diferentes estratégias na alimentação e nutrição de organismos aquáticos é uma constante realidade. Diversos estudos vêm sendo desenvolvidos para que se possa validar novos produtos ou aditivos, e assegurar até que ponto os aditivos alimentares podem ou não ser utilizados, e em que condições e dimensões seu uso se torna viável, tanto técnica quanto economicamente.

A intensificação da produção é a melhor maneira para aumentar a eficiência produtiva; entretanto, com o aumento do grau de intensificação, a busca pela máxima eficiência alimentar torna-se um desafio a ser superado. Os aditivos alimentares se encaixam bem na estratégia para aumentar a produtividade. Isto tem promovido o uso de aditivos nas dietas, basicamente, para controlar agentes prejudiciais ao processo digestivo e assim, proporcionar a melhora dos índices zootécnicos (NUNES *et al.*, 2012). Em dietas comerciais, quando são utilizados, por exemplo, alimentos alternativos, na maioria dos casos, consegue-se reduzir os custos com a alimentação; entretanto, os índices zootécnicos podem ser comprometidos, devido à piora da utilização dos nutrientes destes ingredientes pelos animais, principalmente pela presença de fatores tidos como antinutricionais. Na tentativa de melhorar a digestibilidade da dieta, os aditivos alimentares podem ser utilizados como artifícios auxiliando de forma direta e/ou indireta o metabolismo animal a utilizar mais eficientemente os nutrientes contidos nestes tipos de ingredientes (SCHWARZ, 2002). Desta forma, é relevante ressaltar as importantes funções dos aditivos alimentares, que são: preservar as características nutricionais das rações; facilitar a dispersão dos ingredientes nas rações; melhorar o crescimento dos animais; aumentar a ingestão do alimento; suprir nutrientes essenciais na forma purificada; e melhorar a aceitação do produto final (carne, ovos, leite) pelo consumidor (SAKOMURA *et al.*, 2014).

Dentre os aditivos mais estudados na aquicultura temos os probióticos, prebióticos, imunostimulantes, e mais recentemente substâncias fitogênicas e ácidos orgânicos (ENCARNAÇÃO, 2010).

A Instrução Normativa 13/2004 (BRASIL, 2017) (alterada pela Instrução Normativa nº 44/15) define aditivos para produtos destinados à alimentação animal como “substância, microrganismo ou produto formulado, adicionado intencionalmente, que não é utilizado normalmente como ingrediente, que tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal, melhore o desempenho, melhore aspectos de sanidade ou atenda às necessidades nutricionais”, sendo estes classificados como:

- aditivos tecnológicos: qualquer substância adicionada ao produto destinado à alimentação animal com fins tecnológicos (adsorventes, aglomerantes, antiaglomerantes, antioxidantes, antiumectantes, conservantes, emulsificantes, estabilizantes, espessantes, gelificantes, regulador da acidez, umectantes);
- aditivos sensoriais: qualquer substância adicionada ao produto para melhorar ou modificar as propriedades organolépticas destes ou as características visuais dos produtos (corantes e pigmentantes, aromatizantes, palatabilizantes);
- aditivos nutricionais: toda substância utilizada para manter ou melhorar as propriedades nutricionais do produto (Vitaminas, provitaminas, e substâncias quimicamente definidas de efeitos similares, oligoelementos ou seus compostos, aminoácidos, seus sais e análogos, ureia pecuária e seus derivados);
- aditivos zootécnicos: toda substância utilizada para influir positivamente na melhoria do desempenho dos animais (enzimas, probióticos, prebióticos, simbióticos, nutracêuticos, ácidos orgânicos, promotores de crescimento e/ou eficiência alimentar);
- anticoccidianos: substância destinada a eliminar ou inibir protozoários (anticoccidianos).

Diversos mecanismos benéficos de ação têm sido reportados para estes aditivos, os quais podem aumentar a palatabilidade e ingestão de alimento (XIE *et*

*al.*, 2003; HASSAAN *et al.*, 2014), modular a resposta imune inata e adaptativa (LIU *et al.*, 2014; SU *et al.*, 2014; ROMANO, 2015), aumentar a resistência ao estresse e afetar diretamente o desenvolvimento de organismos patogênicos (RAMLI *et al.*, 2005; NG *et al.*, 2009; CASTILLO *et al.*, 2014; SU *et al.*, 2014; ROMANO, 2015; KOH *et al.*, 2016), reduzindo sua capacidade de colonizar o trato digestivo e evitando assim os distúrbios que afetam a digestibilidade e a absorção de nutrientes e minerais aumentando, assim, o desempenho e ganho em peso (RINGØ, 1991; DE WET, 2005; RAMLI *et al.*, 2005; LÜCKSTÄDT, 2007; MORKEN *et al.*, 2011; CASTILLO *et al.*, 2014; HASSAAN *et al.*, 2014; LIU *et al.*, 2014; ZHU *et al.*, 2014; NG *et al.*, 2015; KOH *et al.*, 2016).

Peixes que apresentam potencial para a piscicultura, quando confinados, acabam passando por situação de estresse, o que acarreta uma redução no consumo alimentar e uma diminuição em sua imunidade, o que propicia a ocorrência de doenças e muitas vezes a mortalidade de lotes inteiros (GONÇALVES, 2009). Dessa maneira, o autor sugere que o uso de dietas contendo aditivos pode ser uma medida preventiva com o intuito de auxiliar na manutenção do bem-estar metabólico e contribuindo, conseqüentemente, para a melhora do desempenho animal.

É incontestável a contribuição do uso de aditivos na produtividade das culturas animais, entretanto é importante ressaltar que, independentemente do tipo de aditivo alimentar, os registros para a liberação de produção e comercialização desses produtos devem ser rigidamente controlados, exigindo um esforço técnico e ético da massa crítica envolvida, impedindo o uso incorreto, intencional ou por mero desconhecimento (SAKOMURA *et al.*, 2014).

## **1.4 Ácidos orgânicos na aquicultura**

O evidente crescimento expressivo da piscicultura brasileira a cada ano, traz novos desafios para a atividade, como o aumento da incidência de doenças, aparecimento de novos patógenos responsáveis por perdas significativas no desempenho zootécnico, e conseqüentemente, grandes perdas de caráter

econômico, tornando assim imprescindível o desenvolvimento de novas ferramentas tecnológicas em prol da atividade.

Para o controle das enfermidades bacterianas, tanto na aquicultura como em qualquer atividade que envolva produção animal, é comum o uso de antibióticos, muitas vezes de maneira abusiva e desnecessária, seja para a prevenção, controle de doenças e/ou melhora do desempenho, o que torna-se cada vez mais preocupante. A suplementação com antibióticos promotores de crescimento tornou-se uma prática comum na indústria a partir de 1951 (NRC, 1998); entretanto, o uso rotineiro de antibióticos como promotores de crescimento tornou-se um assunto em constante debate na criação de animais, uma vez que a inclusão dos mesmos de maneira descontrolada nas dietas, pode promover o desenvolvimento da resistência bacteriana a antibióticos usados contra microrganismos patogênicos que afetam tanto humanos quanto a produção animal. Tal fato fez com que, no ano de 2006, a União Europeia proibisse a prescrição e uso livre de antibióticos como promotores de crescimento na produção animal (LÜCKSTÄDT, 2008). A partir disso, têm-se buscado produtos alternativos aos antibióticos promotores de crescimento que sejam equivalentes ou superiores nos benefícios sobre a resposta animal (SAKOMURA *et al.*, 2014).

Dentre as alternativas para a exclusão dos antibióticos da nutrição animal, Sakomura *et al.* (2014) citam: a melhoria das condições de manejo, climatização e higiene da criação; a estabilização da microbiota intestinal normal; a redução da carga bacteriana no trato digestório; a melhoria da vitalidade de enterócitos e vilos; a redução da ingestão de substâncias imunossupressoras; a melhoria na utilização dos alimentos e da digestão; e o controle da coccidiose. Tais alternativas devem levar em consideração que os produtos substitutivos devem ser de baixo custo, eficientes e de fácil aplicação.

Os efeitos benéficos do uso de ácidos orgânicos na nutrição de monogástricos têm chamado a atenção da comunidade científica, o que levou à investigação dos efeitos destes aditivos melhoradores de desempenho em dietas para peixes. Constituintes naturais de plantas e animais, os ácidos orgânicos podem ser formados pela fermentação microbiológica no intestino e/ou nas rotas metabólicas intermediárias (LEHNINGER *et al.*, 1993), e os primeiros estudos que mostraram que ácidos orgânicos são capazes de influenciar positivamente o

desempenho dos animais quando adicionados as dietas, foram publicados há mais de 30 anos (LÜCKSTÄDT, 2008).

Os acidificantes, que consistem em ácidos orgânicos e seus sais, apresentam-se como uma alternativa promissora, como um potencial substituto aos antibióticos promotores de crescimento, por melhorar aspectos de utilização de nutrientes, desempenho e saúde animal (LÜCKSTÄDT, 2008). Exercem diferentes efeitos na dieta no trato intestinal e metabolismo do animal cultivado (Tabela 1).

**Tabela 1.** Efeitos dos ácidos orgânicos e seus sais na nutrição animal.

| Sítio de ação    | Forma efetiva          | Efeitos                                                                                                                              |
|------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dieta            | H <sup>+</sup>         | Redução do pH<br>Desnaturação de proteínas<br>Redução do crescimento microbiano                                                      |
|                  | H <sup>+</sup> e Ânion | Efeito antibacteriano<br>Mudanças nas concentrações de microorganismos                                                               |
| Trato intestinal | H <sup>+</sup>         | Redução do pH no estômago e duodeno<br>Aumento na atividade da pepsina                                                               |
|                  | Ânion                  | Agentes complexantes para cátions<br>(Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup> ) |
| Metabolismo      | H <sup>+</sup> e ânion | Fornecimento de energia                                                                                                              |

H<sup>+</sup>: Forma não ionizada;

Ânion: Forma ionizada.

Adaptado de Kirchgessner e Roth (1988).

Os ácidos orgânicos possuem mecanismo de ação semelhante aos antibióticos; porém, não deixam resíduos na carcaça e não promovem o aparecimento de bactérias resistentes. A acidificação dos alimentos tem potencial para controlar bactérias, podendo melhorar o crescimento e a eficiência alimentar, eliminando microrganismos que competem por nutrientes (MILLER, 1987).

A ação antimicrobiana pode estar ligada a diversos fatores, como: comprimento da cadeia do carbono; nível de inclusão; proporção das formas dissociada e não dissociada; acidez da digesta intraluminal; capacidade tamponante da digesta intraluminal; tempo de retenção e exposição da digesta nas porções intestinais; e especificidade dos patógenos para colonização e produção de toxinas entéricas (MROZ *et al.*, 2006). Diversos estudos têm

mostrado a redução da contagem bacteriana no estômago e duodeno, enquanto que as ácido-tolerantes, benéficas como os lactobacilos, parecem não ser afetadas ou até sendo reforçadas em número (HELLWEG *et al.*, 2006; NG *et al.*, 2009).

Eles também podem ser utilizados para modificar o pH das dietas e levá-las a valores de pHs desejados para um melhor aproveitamento dos nutrientes. Em estudos realizados com suínos utilizando ácidos orgânicos na dieta, foram comprovados efeitos positivos na digestibilidade de nutrientes da dieta, assim como na morfologia intestinal (PARTANEN e MROZ, 1999; MROZ *et al.*, 2000; OVERLAND *et al.*, 2000). Do mesmo modo, a suplementação de dietas com ácidos orgânicos tem levado à diminuição do pH duodenal, melhorando a retenção de nitrogênio e aumentando assim a digestibilidade desse nutriente (LÜCKSTÄDT, 2008). Outra característica importante dos ácidos orgânicos é a formação de quelatos a partir de íons metálicos, prevenindo a reação destes íons, como cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), ferro ( $\text{Fe}^{+2}$ ), cobre ( $\text{Cu}^{+2}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), assim como outros nutrientes, aumentando a digestibilidade e retenção destes, ao mesmo tempo em que inibem a sua ação como catalisadores e reações danosas (ADAMS, 1999).

O modo de ação dos ácidos orgânicos no trato gastrointestinal envolve dois mecanismos diferentes. Primeiramente, eles reduzem o pH no estômago e, particularmente, no intestino delgado, através da liberação de íons  $\text{H}^+$ . Em seguida, inibem o crescimento de bactérias gram-negativas, grupo ao qual pertence a maioria dos patógenos intestinais, através da dissociação dos ácidos e a produção de ânions no interior das células bacterianas (LÜCKSTÄDT, 2008). Dessa forma, ocorre o aumento da população de bactérias gram-positivas, em sua maioria, produtoras de ácido láctico, estas reduzem o pH, mantendo e ampliando o efeito de inibição dos patógenos no intestino, sob a forma de exclusão competitiva (VAN IMMERSEEL *et al.*, 2002), dificultando assim, a disseminação de doenças, diminuindo índices de mortalidade e melhorando aspectos de digestibilidade de nutrientes.

Apesar do número limitado de estudos sobre o uso de acidificantes em dietas para aquicultura, os resultados dos estudos disponíveis indicam um relevante potencial dos mesmos, influenciando fabricantes a considerar seu uso



em suas formulações. O uso de acidificantes pode ser uma ferramenta eficiente para alcançar uma produção aquícola sustentável, econômica e segura (LÜCKSTÄDT, 2007).

## Referências Bibliográficas

ADAMS, C. A. **Nutricines: food components in health and nutrition**. Nottingham University Press, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA – PEIXE BR. **Anuário Brasileiro da Piscicultura**. 2017. São Paulo, v. 2017.

BRASIL, 2017. **Instrução Normativa nº 13, de 30 de novembro de 2004**. Aprova o regulamento técnico sobre aditivos para produtos destinados à alimentação animal, segundo as boas práticas de fabricação, contendo os procedimentos sobre avaliação da segurança de uso, registro e comercialização. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=133040692>. Acesso em 13 de outubro de 2017.

CARVALHO, E. D. Avaliação dos impactos da piscicultura em tanques-redes nas represas dos grandes tributários do alto Paraná (Tietê e Paranapanema): o pescado, a ictiofauna agregada e as condições limnológicas. **Relatório Científico (FAPESP)**. Botucatu, SP. 2006. 46p.

CASTILLO, S.; ROSALES, M.; POHLENZ, C.; GATLIN III, D. M. Effects of organic acids on growth performance and digestive enzyme activities of juvenile red drum *Sciaenops ocellatus*. **Aquaculture**, v. 433, p. 6-12, 2014.

DEGANI, G.; REVACH, A. Digestive capabilities of three commensal fish species: carp, *Cyprinus carpio* L., tilapia, *Oreochromis aureus* X *O. niloticus*, and African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). **Aquatic Fisheries Management**, v.22, p.397-403, 1991.

DE WET, L. Can organic acid effectively replace antibiotic growth promotants in diets for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* raised under sub-optimal water temperatures. In: **World Aquaculture Society Conference**. 2005.

EARTH POLICY INSTITUTE (EPI). **Plan B Updates – Farmed Fish production Overtakes Beef**. Rutgers University, Washington (D.C.), 2013. Disponível em: [http://www.earth-policy.org/plan\\_b\\_updates/2013/update114](http://www.earth-policy.org/plan_b_updates/2013/update114). Acesso em: 12 de outubro de 2017.

ENCARNAÇÃO, P. Varied Feed Additives Improve Gut, Animal Health. **Global Aquaculture Advocate**, v. 3, m. 5/6, p. 41-51, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The State of the World Fisheries and Aquaculture 2012**. Rome. 217 p., 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The State of World Fisheries and Aquaculture 2016 - Contributing to food security and nutrition for all (SOFIA)**. Rome. 200 p., 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>. Acesso em: 12 de outubro de 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals (SOFIA)**. Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 227 p., 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/3/I9540EN/i9540en.pdf>. Acesso em: 20 de agosto de 2018.

FURLANETO, F. P. B.; AYROZA, D. M. M. R.; AYROZA, L. M. S. Custo e rentabilidade da produção de tilápia (*Oreochromis sp.*) em tanque-rede no médio Paranapanema, estado de São Paulo, safra 2004/05. **Informações Econômicas**, vol. 36, n. 3, p. 63-69, 2006.

GONÇALVES, G. S.; PEZZATO, L. E.; PADILHA, P. D. M.; BARROS, M. M. Disponibilidade aparente do fósforo em alimentos vegetais e suplementação da enzima fitase para tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1473-1480, 2007.

HASSAAN, M. S.; WAFI, M. A.; SOLTAN, M. A.; GODA, A. S.; MOGHETH, N. M. A. Effect of dietary organic salts on growth, nutrient digestibility, mineral absorption and some biochemical indices of Nile tilapia; *Oreochromis niloticus* L. fingerlings. **Oreochromis niloticus**, p. 47-55, 2014.

HELLWEG, P.; TATS, D.; MAHNNER, K.; VAHJEN, W.; ZENTEK, J. Impact of potassium diformate on the gut flora of weaned piglets. **Proceedings of the Society of Nutrition Physiology**, p. 15-63, 2006.

IBGE/SIDRA – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PPM – Produção da Pecuária Municipal, 2015**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2015/default\\_xls\\_grandes\\_regioes.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2015/default_xls_grandes_regioes.shtm). Arquivo consultado em 08 de abril de 2017.

LIU, W.; YANG, Y.; ZHANG, J.; GATLIN, D. M.; RINGØ, E., & ZHOU, Z. Effects of dietary microencapsulated sodium butyrate on growth, intestinal mucosal morphology, immune response and adhesive bacteria in juvenile common carp (*Cyprinus carpio*) pre-fed with or without oxidised oil. **British Journal of Nutrition**, v. 112, n. 1, p. 15-29, 2014.

KIRCHGEßNER, M.; ROTH, F. X. Ergotrope Effekte durch organische Säuren in der Ferkelaufzucht und Schweinemast. **Übersichten zur Tierernährung**, v. 16, p. 93-108, 1988.

KOH, C. B.; ROMANO, N.; ZAHRAH, A. S.; NG, W. K. Effects of a dietary organic acids *blend* and oxytetracycline on the growth, nutrient utilization and total cultivable gut microbiota of the red hybrid tilapia, *Oreochromis sp.*, and resistance to *Streptococcus agalactiae*. **Aquaculture research**, v. 47, n. 2, p. 357-369, 2016.

KUBITZA, F.; KUBITZA, L.M.M. Tilápia: qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade. **Panorama da Aqüicultura**, v. 10, n. 60, p. 10, 2000.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Principles of biochemistry**. Worth Publishers, Inc. New York. United States. 1993.

LÜCKSTÄDT, C. Effect of organic acid containing additives in worldwide aquaculture – Sustainable production the non-antibiotic way. In: LÜCKSTÄDT, C., editor. **Acidifiers in Animal Nutrition – A Guide for Feed Preservation and Acidification to Promote Animal Performance**. 1st ed. Nottingham University Press, Nottingham. p. 71–7, 2007.

LÜCKSTÄDT, C. The use of acidifiers in fish nutrition. **CAB Reviews: perspectives in agriculture, veterinary science, nutrition and natural resources**, v. 3, n. 044, p. 1-8, 2008.

MINISTÉRIO DE PESCA E AQUICULTURA (MPA). **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura, 2012**. Brasília, 129p, 2014.

MINISTÉRIO DE PESCA E AQUICULTURA (MPA). **Melhoramento Genético da Tilápia**. [citado em: 29/07/2014]. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2013/12/governo-federal-investe-no-melhoramento-genetico-da-tilapia>. 2014.

MINISTÉRIO DE PESCA E AQUICULTURA (MPA). **Plano de desenvolvimento da Aquicultura - 2015/2020**. Brasília-DF, 2015. Disponível em: [http://www.mpa.gov.br/files/docs/Outros/2015/Plano\\_de\\_Deenvolvimento\\_da\\_Aquicultura-2015-2020.pdf](http://www.mpa.gov.br/files/docs/Outros/2015/Plano_de_Deenvolvimento_da_Aquicultura-2015-2020.pdf). Acesso em 17 de junho de 2017.

MILLER, D.F. Acidified poultry diets and their implications for the poultry industry. In: Biotechnology. In: **Biotechnology The Feed Industry-Alleeh Technical, Anais**, p.199-207, 1987.

MORKEN, T.; Kraugerud, O. F.; Barrows, F. T.; Sørensen, M.; Storebakken, T.; Øverland, M. Sodium diformate and extrusion temperature affect nutrient digestibility and physical quality of diets with fish meal and barley protein concentrate for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 317, n. 1, p. 138-145, 2011.

MROZ, Z.; KRASUCKI, W.; GRELA, E.; MATRAS, J.; EIDELSBURGER, U. The effects of propionic and formic acids as a *blend* (Lupro-Cid (R)) in graded dosages on the health, performance and nutrient digestibility (ileal/overall) in sows. In: **Proceedings of the Society of Nutrition Physiology (Germany)**. 2000.

MROZ, Z.; KOOPMANS, S. J.; BANNINK, A.; PARTANEN, K.; KRASUCKI, W.; ØVERLAND, M.; RADCLIFFE, S. Carboxylic acids as bioregulators and gut growth promoters in nonruminants. **Biology of Growing Animals**, v. 4, p. 81-133, 2006.

NG, W. K.; KOH, C. B.; SUDESH, K.; SITI-ZAHRAH, A. Effects of dietary organic acids on growth, nutrient digestibility and gut microflora of red hybrid tilapia, *Oreochromis sp.*, and subsequent survival during a challenge test with

*Streptococcus agalactiae*. **Aquaculture Research**, v. 40, n. 13, p. 1490-1500, 2009.

NG, W. K.; KOH, C. B.; TEOH, C. Y.; ROMANO, N. Farm-raised tiger shrimp, *Penaeus monodon*, fed commercial feeds with added organic acids showed enhanced nutrient utilization, immune response and resistance to *Vibrio harveyi* challenge. **Aquaculture**, v. 449, p. 69-77, 2015.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of swine**. National Academies Press, 1998.

NUNES, J.O.; BERTECHINI, A.G.; BRITO, J.A.; FASSANI, E.J.; MESQUITA, F.R.; MAKIYAMA, L.; MENEGHETTI, C. Evaluation of the probiotic (*Bacillus subtilis* C-3102) as additive to improve performance in broiler chicken diets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.11, p.2374-2378, 2012.

OVERLAND, M.; GRANLI, T.; KJOS, N. P.; FJETLAND, O.; STEIEN, S. H.; STOKSTAD, M. Effect of dietary formates on growth performance, carcass traits, sensory quality, intestinal microflora, and stomach alterations in growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 78, n. 7, p. 1875-1884, 2000.

PARTANEN, K. H.; MROZ, Z. Organic acids for performance enhancement in pig diets. **Nutrition Research Reviews**, v. 12, n. 1, p. 117-145, 1999.

RAMLI, N.; HEINDL, U.; SUNANTO, S. Effect of potassium-diformate on growth performance of tilapia challenged with *Vibrio anguillarum*. In: **World Aquaculture Society Conference. Abstract, CD-Rom, Bali, Indonesia**. 2005.

RINGØ, E. Effects of dietary lactate and propionate on growth and digesta in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). **Aquaculture**, v. 96, n. 3-4, p. 321-333, 1991.

ROMANO, N.; KOH, C. B.; NG, W. K. Dietary microencapsulated organic acids blend enhances growth, phosphorus utilization, immune response, hepatopancreatic integrity and resistance against *Vibrio harveyi* in white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 435, p. 228-236, 2015.

SAKOMURA, N. K.; SILVA, J.; COSTA, F.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. Nutrição de Não ruminantes. **Jaboticabal, SP: Editora Funep**, 2014.

SCHWARZ, K.K. **Substituição de antimicrobianos por probióticos e prebióticos na alimentação de frangos de corte**. 2002. 46 p. Dissertação de Mestrado em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002.

SU, X.; LI, X.; LENG, X.; TAN, C.; LIU, B.; CHAI, X.; GUO, T. The improvement of growth, digestive enzyme activity and disease resistance of white shrimp by the dietary citric acid. **Aquaculture international**, v. 22, n. 6, p. 1823-1835, 2014.

UNITED NATIONS, DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, POPULATION DIVISION (UN). **World population prospects: The 2017**

**Revisions, Key Findings & Advance Tables.** Working Paper No. ESA/P/WP/248, New York, 2017.

VAN IMMERSEEL, F.; CAUWERTS, K.; DEVRIESE, L. A.; HAESEBROUCK, F.; DUCATELLE, R. Feed additives to control Salmonella in poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 58, n. 4, p. 501-513, 2002.

XIE, S.; ZHANG, L.; WANG, D. Effects of several organic acids on the feeding behavior of *Tilapia nilotica*. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 19, n. 4, p. 255-257, 2003.

ZHU, Y.; QIU, X.; DING, Q.; DUAN, M.; WANG, C. Combined effects of dietary phytase and organic acid on growth and phosphorus utilization of juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. **Aquaculture**, v. 430, p. 1-8, 2014.

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

## **Capítulo 2 - Interações de níveis de ácidos orgânicos e de proteína digestível das dietas no desempenho e eficiência de utilização de nutrientes para tilápia do Nilo**

### **Resumo**

O objetivo do presente estudo foi determinado o impacto da inclusão crescente de um *blend* comercial de ácidos orgânicos (BAO) (0,0%, 1,0%, 2,0% e 3,0%) em três dietas contendo diferentes teores de proteína digestível (PD) (24,30%; 26,81% e 29,32%) sobre o desempenho produtivo, composição corporal, digestibilidade de nutrientes, taxa de eficiência proteica, índices fisiológicos e sobre histomorfometria intestinal de revertidos de tilápia do Nilo. Foram utilizados 468 juvenis de tilápia do Nilo, com peso médio inicial de  $16,20 \pm 8,03$  g, distribuídos em 36 tanques. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com doze tratamentos e três repetições, em esquema fatorial 4x3. Os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia até saciedade aparente por 95 dias. Não houve efeito da interação entre os teores de inclusão do BAO e os teores proteicos das dietas sobre as médias de: conversão alimentar (CA), taxa de eficiência proteica (TEP), eficiência de retenção de proteína bruta (ERP<sub>B</sub>), eficiência de retenção de energia bruta (ERE<sub>B</sub>), extrato etéreo no ganho de peso (EEGP), proteína bruta no ganho de peso (PBGP), largura de vilosidades (LV), túnica muscular (TM) e sobre os índices fisiológicos. Houve efeito da interação entre os fatores estudados sobre as médias de ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), taxa de crescimento específico (TCE), fósforo na carcaça (P) e coeficientes de digestibilidade aparente (CDA<sub>PB</sub>, CDA<sub>EB</sub> e CDA<sub>MM</sub>), sendo as maiores médias obtidas com o uso de 1% de BAO juntamente com o teor de 29,32% de PD. Para a histomorfometria intestinal, houve interação entre os fatores. As melhores médias para o número de células caliciformes (CC) e a altura das vilosidades (AV) foram obtidos nas dietas com 29,32% de PD e a inclusão de 3% do BAO.

**Palavras-chave:** Aditivo alimentar, desempenho produtivo, nutrição de peixes, *Oreochromis niloticus*.

## **Chapter 2 - Interactions of organic acid levels and dietary digestible protein in performance and nutrient utilization efficiency for Nile tilapia**

### **Abstract**

The subject of this trial was to determine the impact of the inclusion of a commercial organic acids blend (BAO) (0.0%, 1.0%, 2.0% and 3.0%) on three diets containing different levels of digestible protein (DP) (24.30%, 26.81% and 29.32%) on the productive performance, body composition, nutrient digestibility, protein efficiency, physiological indices and intestinal histomorphometry of Nile tilapia. A total of 468 Nile tilapia juveniles were used, with initial mean weight of  $16.20 \pm 8.03$  g, distributed in 36 tanks. The experimental design was completely randomized with twelve treatments and three replicates, in a 4x3 factorial scheme. Fish were fed four times daily until apparent satiety for 95 days. There was no effect of the interaction between the OAB inclusion levels and the protein contents of the diets on the means of: feed conversion (FC), protein efficiency rate (PER), crude protein retention efficiency (CPRE), gross energy retention efficiency (GERE), ethereal extract in weight gain (EEWG), crude protein in weight gain (CPWG), villus width (VW), muscle tunica (MT) and physiological indices. There was an effect of the interaction between the factors studied on mean weight gain (WG), feed intake (FI), specific growth rate (SGR), carcass phosphorus (P) and apparent digestibility coefficients ( $ADC_{CP}$ ,  $ADC_{GE}$  and  $ADC_{MM}$ ). The highest means were obtained with the use of 1% OAB together with the 29.32% DP content. For intestinal histomorphometry, there was interaction between the factors. The best means for the number of goblet cells (GC) and villous height (VH) were obtained in diets with 29.32% of CP and the inclusion of 3% of OAB.

**Key words:** Fish nutrition, food additive, *Oreochromis niloticus*, productive performance.



## 1. Introdução

Atraindo cada vez mais investidores devido aos seus altos índices produtivos e de retorno econômico, a aquicultura está entre as atividades agropecuárias que mais crescem no Brasil, com destaque para a piscicultura continental respondendo por, aproximadamente, 70% da produção aquícola nacional (IBGE, 2015) e tendo como principal espécie protagonista deste cenário a tilápia do Nilo.

Possuir rápido crescimento em sistema intensivo de cultivo e rusticidade são características que destacam a tilápia, dentre as demais espécies de peixes (VERAS, 2013). Em sistemas intensivos alcança produtividade de até 3.500 kg/ha/ano; em densidades entre 8.000 e 10.000 peixes/há (SPERANDIO, 2014). Em virtude disto, vem se estabelecendo como a espécie com maior importância econômica para a aquicultura.

Entretanto, com o aumento da demanda os produtores tem optado por sistemas produtivos cada vez mais intensificados, o que, conseqüentemente, desencadeia vários pontos críticos no decorrer do cultivo, relacionados principalmente aos custos com insumos e incidência de doenças. Sabe-se que, em função do sistema de produção adotado, as rações podem compor 40 a 70% do custo de produção, representando o principal item de custo na piscicultura intensiva. Portanto, uma das maneiras mais eficazes dos produtores minimizarem este custo é ajustar adequadamente a qualidade das rações e o manejo alimentar às diferentes fases de produção e ao sistema de cultivo utilizado (KUBITZA, 1999), buscando por alternativas que maximizem a digestibilidade e aproveitamento das dietas por parte dos animais, favorecendo assim, um melhor desempenho produtivo e sanidade.

Atualmente, com o aumento e a intensificação das criações, práticas sustentáveis estão sendo adotadas na aquicultura como novos métodos para diminuir a poluição química e biológica, controlando assim, o estresse dos organismos cultivados. A realização de vazios sanitários e, quando necessário, a aplicação de manejos integrados contra patógenos, e o uso de vacinas como substituto aos antibióticos para controle de enfermidades (SEBRAE, 2015), assim

como o uso de aditivos alimentares que favoreçam a redução ou eliminação do seu uso.

Os ácidos orgânicos são aditivos alimentares funcionais que têm sido utilizados na produção animal por serem preservantes eficientes da ração, além de uma alternativa no controle de patógenos no trato digestório. Sua ação mais efetiva é, provavelmente, a atividade antimicrobiana, por meio da ação direta de sua forma não dissociada, ou pela alteração indireta da microbiota intestinal, em decorrência da produção de um meio favorável para multiplicação de bactérias lácticas que causam a acidificação no lúmen intestinal (TSILOYIANNIS *et al.*, 2001). Isto favorece mecanismos de absorção de nutrientes, promovendo um melhor desempenho produtivo. Em peixes, os ácidos orgânicos atuam aumentando a palatabilidade do alimento, aumentando o consumo e, conseqüentemente, o ganho de peso (XIE *et al.*, 2003).

Ácidos orgânicos têm demonstrado ótimos resultados em várias espécies de animais como suínos, aves e peixes, principalmente naqueles jovens e adultos em estado de estresse (SCAPINELLO *et al.*, 2001). Assim, algumas combinações de ácidos orgânicos mostram vantagens sobre sua utilização isolada, uma vez que resultaram em melhor controle da proliferação de bactérias patogênicas, sugerindo um efeito sinérgico ainda não explicado (SILVA, 2002). Entretanto, de acordo com Ng e Koh (2016), o uso de ácidos orgânicos e seus sais na alimentação animal já foi amplamente estudado em animais terrestres. O uso de ácidos orgânicos em organismos aquáticos só se intensificou nos últimos 10 anos, o que explica o número escasso de trabalhos.

Tendo em vista as relevantes informações apresentadas a respeito dos ácidos orgânicos, o objetivo do presente estudo foi avaliar o uso destes como promotores de crescimento, melhoradores de retenção de proteína e antimicrobianos em dietas para tilápias do Nilo. Foi determinado o efeito de diferentes níveis de inclusão de ácidos orgânicos sobre o crescimento, desempenho produtivo, a digestibilidade de nutrientes, a taxa de eficiência proteica, a composição corporal, a quantificação e composição da microbiota endógena e sobre a histomorfometria do trato intestinal de revertidos de tilápia do Nilo.

## **2. Materiais e métodos**

### **2.1 Instalações e condições experimentais**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Centro de Aquicultura da Unesp localizado no Campus de Jaboticabal - SP. O período experimental compreendeu os meses de outubro de 2016 a janeiro de 2017 (95 dias). Os peixes foram estocados em 36 caixas de fibra de vidro com capacidade de 450 litros cada, dispostas paralelamente em três linhas de 12 caixas e acondicionadas em estufa experimental. O abastecimento e aeração foram contínuos e individuais, com água oriunda de poço artesiano.

Diariamente foram monitorados os valores de temperatura e oxigênio dissolvido com Oxímetro YSI 55 (YSI - *Yellow Springs Instruments* 550A) a 10 cm da superfície. Semanalmente, foram coletadas amostras de água de todas as unidades experimentais para monitoramento de parâmetros de qualidade da água: pH (PHTEK - pH100) e condutividade elétrica (PHTEK - CD203). Quinzenalmente, foram coletadas amostras de água das unidades experimentais para determinação de amônia, nitrato, nitrito e fósforo total (KOROLEFF, 1976; GOLTERMAN *et al.*, 1978; MACKERETH *et al.*, 1978).

### **2.2 Material biológico e manejo**

Foram utilizados 468 juvenis de tilápia do Nilo revertidos sexualmente para machos, com peso médio inicial de  $16,20 \pm 8,03$  g. Os peixes foram adquiridos da Piscicultura Colpani, localizada em Mococa - SP. A densidade de estocagem foi de 13 peixes por caixa. O arraçoamento foi realizado quatro vezes ao dia, até saciedade aparente, nos seguintes horários: 07h00min, 10h30min, 14h00min e 17h30min. A quantidade de alimento consumida foi calculada semanalmente, através da diferença entre as quantidades inicial e final das dietas previamente pesadas e separadas por unidade experimental.

## 2.3 Dietas experimentais

As análises de nutrientes e energia dos ingredientes utilizados na confecção das dietas experimentais foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Centro de Aquicultura da UNESP, e no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP.

Três dietas isoenergéticas com diferentes teores de proteína digestível (PD) foram formuladas com base nas recomendações das Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápias (FURUYA, 2010) e em dados laboratoriais levantados em pesquisas internas. Em seguida, a partir das três dietas básicas, foram formuladas mais nove dietas contendo diferentes relações de PD e de um *blend* comercial de ácidos orgânicos (BAO) Selacid®-Green Growth (Tabelas 1, 2 e 3). Foram estudados quatro níveis de inclusão do BAO: 0,0%; 1,0%; 2,0% e 3,0% e três teores de proteína digestível (PD): 24,30%; 26,81% e 29,32%. Este *blend* comercial é uma mistura concentrada de ácidos orgânicos de cadeia curta e uma porção de ácidos graxos de cadeia média composto por: ácido sórbico, ácido fórmico, ácido acético, ácido láctico, ácido propiônico, formiato de amônio, ácido cítrico e ácido graxo destilado de côco.

1 **Tabela 1.** Formulação das dietas experimentais (valores com base na matéria natural).

| Ingredientes (%)                             | Dietas |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                              | 24/0   | 24/1   | 24/2   | 24/3   | 26/0   | 26/1   | 26/2   | 26/3   | 29/0   | 29/1   | 29/2   | 29/3   |
| Farinha de vísceras de frango                | 2,760  | 3,010  | 3,010  | 3,010  | 3,215  | 3,230  | 3,310  | 3,310  | 3,415  | 3,585  | 3,425  | 3,425  |
| Farinha de peixe                             | 5,670  | 5,610  | 5,510  | 5,515  | 6,410  | 6,510  | 6,515  | 6,515  | 7,510  | 7,560  | 7,510  | 7,510  |
| Farinha de penas                             | 2,000  | 2,000  | 2,000  | 2,000  | 2,000  | 2,000  | 2,000  | 2,000  | 2,000  | 2,000  | 2,000  | 2,000  |
| Hemoglobina suína                            | 0,500  | 0,500  | 1,000  | 1,100  | 0,500  | 0,500  | 0,600  | 0,700  | 0,500  | 0,500  | 0,855  | 1,000  |
| Farelo de soja                               | 28,240 | 28,250 | 27,570 | 27,570 | 33,420 | 33,620 | 33,550 | 33,640 | 38,560 | 38,500 | 38,300 | 38,300 |
| Milho                                        | 18,140 | 17,730 | 17,550 | 16,300 | 16,205 | 15,920 | 15,405 | 15,405 | 13,100 | 12,550 | 12,100 | 11,100 |
| Farelo de trigo                              | 20,110 | 20,015 | 19,615 | 19,610 | 20,110 | 19,810 | 20,010 | 20,010 | 21,110 | 21,110 | 21,010 | 21,010 |
| Quirera de arroz                             | 17,450 | 16,635 | 16,235 | 16,240 | 13,980 | 13,110 | 11,900 | 10,160 | 9,945  | 9,335  | 8,530  | 7,695  |
| Óleo de soja                                 | 1,500  | 1,670  | 2,000  | 2,150  | 1,000  | 1,140  | 1,550  | 2,100  | 1,000  | 1,000  | 1,410  | 2,100  |
| L-Lisina HCL                                 | 0,065  | 0,061  | 0,060  | 0,030  | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,000  |
| DL-Metionina                                 | 0,075  | 0,069  | 0,070  | 0,070  | 0,024  | 0,024  | 0,024  | 0,024  | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,000  |
| L-Treonina                                   | 0,140  | 0,140  | 0,135  | 0,135  | 0,026  | 0,026  | 0,026  | 0,026  | 0,000  | 0,000  | 0,000  | 0,000  |
| Fosfato bicálcico                            | 1,530  | 1,500  | 1,525  | 1,550  | 1,350  | 1,350  | 1,350  | 1,350  | 1,170  | 1,170  | 1,170  | 1,170  |
| Calcário calcítico                           | 1,150  | 1,140  | 1,050  | 1,050  | 1,090  | 1,090  | 1,090  | 1,090  | 1,020  | 1,020  | 1,020  | 1,020  |
| Antifúngico (Filax)                          | 0,150  | 0,150  | 0,150  | 0,150  | 0,150  | 0,150  | 0,150  | 0,150  | 0,150  | 0,150  | 0,150  | 0,150  |
| Antioxidante (BHT)                           | 0,020  | 0,020  | 0,020  | 0,020  | 0,020  | 0,020  | 0,020  | 0,020  | 0,020  | 0,020  | 0,020  | 0,020  |
| Suplemento mineral vitamínico <sup>(1)</sup> | 0,500  | 0,500  | 0,500  | 0,500  | 0,500  | 0,500  | 0,500  | 0,500  | 0,500  | 0,500  | 0,500  | 0,500  |
| Blend de Ácidos Orgânicos                    | 0,000  | 1,000  | 2,000  | 3,000  | 0,000  | 1,000  | 2,000  | 3,000  | 0,000  | 1,000  | 2,000  | 3,000  |
| TOTAL                                        | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    |

(1) Suplemento vitamínico e mineral: ácido fólico (1.250 mg); pantotenato de cálcio (1.200 mg); cobre (2.500 mg); ferro (15 g); iodo (375 mg); manganês (12,5 g); selênio (87,5 mg); zinco (12,5 mg); cobalto (125 mg); Vit A (2.500 UI); Vit B12 (4000 mg); Tiamina B1 (4000 mg); Riboflavina B2 (4000 mg); Piridoxina B6 (4000 mg); Vit C (50.000 mg); Vit D3 (600.000 UI); Vit E (37.500); Vit K3 (3.750 mg); niacina (122.500 mg); biotina (15 mg).

2

3

1 **Tabela 2.** Composição centesimal das dietas experimentais.

| Composição <sup>(1)</sup>                   | Dietas  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                             | 24/0    | 24/1    | 24/2    | 24/3    | 26/0    | 26/1    | 26/2    | 26/3    | 29/0    | 29/1    | 29/2    | 29/3    |
| Matéria seca (%)                            | 88,55   | 87,46   | 87,08   | 86,21   | 88,58   | 87,89   | 87,07   | 86,26   | 88,80   | 87,94   | 87,11   | 83,31   |
| Matéria mineral (%)                         | 5,80    | 5,80    | 5,74    | 5,72    | 6,35    | 6,39    | 6,39    | 6,40    | 7,03    | 7,06    | 7,00    | 6,98    |
| Proteína bruta (%)                          | 26,99   | 26,97   | 26,94   | 26,92   | 29,52   | 29,52   | 29,52   | 29,51   | 32,22   | 32,22   | 32,19   | 32,16   |
| Proteína digestível (%)                     | 24,30   | 24,30   | 24,29   | 24,29   | 26,81   | 26,81   | 26,81   | 26,81   | 29,32   | 29,32   | 29,32   | 29,31   |
| Extrato etéreo (%)                          | 5,00    | 5,17    | 5,44    | 5,54    | 4,75    | 4,71    | 5,12    | 5,66    | 4,69    | 4,70    | 5,04    | 5,68    |
| Fibra bruta (%)                             | 3,84    | 3,81    | 3,73    | 3,70    | 3,98    | 3,94    | 3,93    | 3,92    | 4,18    | 4,16    | 4,14    | 4,09    |
| Extrato não nitrogenado <sup>(2)</sup> (%)  | 44,54   | 43,36   | 42,52   | 41,64   | 41,87   | 40,77   | 39,57   | 38,24   | 38,42   | 37,54   | 36,49   | 35,13   |
| Energia bruta (kcal.Kg <sup>-1</sup> )      | 3897,70 | 3873,53 | 3862,18 | 3832,23 | 3922,23 | 3872,47 | 3860,95 | 3856,84 | 3930,55 | 3893,83 | 3882,00 | 3883,65 |
| Energia digestível (kcal.Kg <sup>-1</sup> ) | 3210,79 | 3192,67 | 3185,56 | 3160,52 | 3221,02 | 3179,41 | 3172,17 | 3173,91 | 3215,69 | 3183,90 | 3178,73 | 3183,85 |
| Ca (%)                                      | 1,30    | 1,30    | 1,30    | 1,30    | 1,31    | 1,31    | 1,31    | 1,31    | 1,31    | 1,31    | 1,31    | 1,32    |
| P (%)                                       | 0,65    | 0,65    | 0,65    | 0,65    | 0,66    | 0,66    | 0,66    | 0,66    | 0,65    | 0,66    | 0,65    | 0,65    |

(1) Valores calculados a partir da composição centesimal bromatológica analisada dos ingredientes.

(2) Extrativo não nitrogenado = 100 – (%umidade + %PB + %FB + %EE + %MM)

2

3

4

5

6

7

8

1 **Tabela 3.** Composição de aminoácidos totais das dietas experimentais.

| Aminoácidos <sup>(1)</sup> (%) | Dietas |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                | 24/0   | 24/1  | 24/2  | 24/3  | 26/0  | 26/1  | 26/2  | 26/3  | 29/0  | 29/1  | 29/2  | 29/3  |
| <b>Essenciais:</b>             |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Arginina                       | 2,00   | 1,92  | 1,96  | 1,92  | 2,21  | 2,13  | 2,29  | 2,05  | 2,37  | 2,36  | 2,41  | 2,29  |
| Fenilalanina                   | 1,01   | 0,99  | 1,03  | 0,99  | 1,08  | 1,13  | 1,08  | 1,04  | 1,18  | 1,16  | 1,14  | 1,17  |
| Histidina                      | 0,50   | 0,53  | 0,56  | 0,54  | 0,58  | 0,55  | 0,55  | 0,59  | 0,58  | 0,63  | 0,60  | 0,64  |
| Isoleucina                     | 0,95   | 0,97  | 1,02  | 0,98  | 1,08  | 1,09  | 1,03  | 0,97  | 1,16  | 1,13  | 1,08  | 1,14  |
| Leucina                        | 2,00   | 1,92  | 2,01  | 1,93  | 2,09  | 2,21  | 1,98  | 2,04  | 2,21  | 2,26  | 1,98  | 2,21  |
| Lisina                         | 1,20   | 1,21  | 1,28  | 1,18  | 1,36  | 1,42  | 1,23  | 1,25  | 1,38  | 1,43  | 1,40  | 1,43  |
| Metionina                      | 0,66   | 0,64  | 0,68  | 0,65  | 0,64  | 0,66  | 0,63  | 0,64  | 0,63  | 0,67  | 0,65  | 0,66  |
| Treonina                       | 1,16   | 1,15  | 0,92  | 1,11  | 1,25  | 1,07  | 1,27  | 1,12  | 1,19  | 1,24  | 1,21  | 1,18  |
| Triptofano                     | 0,11   | 0,08  | 0,10  | 0,30  | 0,11  | 0,13  | 0,14  | 0,33  | 0,14  | 0,14  | 0,21  | 0,19  |
| Valina                         | 1,48   | 1,40  | 1,42  | 1,39  | 1,46  | 1,57  | 1,50  | 1,44  | 1,64  | 1,69  | 1,56  | 1,56  |
| <b>Não-essenciais:</b>         |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Alanina                        | 1,45   | 1,46  | 1,46  | 1,48  | 1,50  | 1,47  | 1,55  | 1,54  | 1,66  | 1,77  | 1,71  | 1,67  |
| Asparagina                     | 2,22   | 2,03  | 2,24  | 2,18  | 2,41  | 2,42  | 2,39  | 2,36  | 2,62  | 2,64  | 2,50  | 2,66  |
| Cistina                        | 0,33   | 0,26  | 0,19  | 0,27  | 0,29  | 0,29  | 0,32  | 0,29  | 0,30  | 0,33  | 0,33  | 0,29  |
| Glicina                        | 1,37   | 1,32  | 1,45  | 1,35  | 1,50  | 1,45  | 1,45  | 1,42  | 1,56  | 1,57  | 1,55  | 1,58  |
| Glutamina                      | 4,24   | 4,17  | 4,35  | 4,23  | 4,62  | 4,57  | 4,53  | 4,61  | 4,89  | 4,90  | 4,87  | 4,98  |
| Hidroxiprolina                 | 0,35   | 0,36  | 0,42  | 0,37  | 0,41  | 0,40  | 0,39  | 0,41  | 0,45  | 0,45  | 0,44  | 0,45  |
| Prolina                        | 1,61   | 1,56  | 1,57  | 1,54  | 1,68  | 1,56  | 1,81  | 1,66  | 1,77  | 1,80  | 1,86  | 1,79  |
| Serina                         | 1,21   | 1,16  | 1,12  | 1,22  | 1,35  | 1,26  | 1,32  | 1,36  | 1,44  | 1,39  | 1,43  | 1,47  |
| Taurina                        | 0,05   | 0,06  | 0,05  | 0,07  | 0,06  | 0,02  | 0,04  | 0,06  | 0,05  | 0,05  | 0,06  | 0,06  |
| Tirosina                       | 0,85   | 0,82  | 0,90  | 0,84  | 0,91  | 0,93  | 0,87  | 0,90  | 0,96  | 0,97  | 0,99  | 0,98  |
| <b>Total</b>                   | 24,75  | 24,01 | 24,73 | 24,54 | 26,59 | 26,33 | 26,37 | 26,08 | 28,18 | 28,58 | 27,98 | 28,40 |

## 2 (1) Composição aminoacídica total analisada das dietas experimentais.

As dietas foram processadas no Laboratório de Processamento de Dietas do Centro de Aquicultura da UNESP. Os ingredientes das dietas foram finamente moídos em moinho de facas da marca Vieira, modelo 280, com peneira de porosidade padrão de 0,5 mm de diâmetro, devidamente pesados e misturados em misturador Y da marca MAP, modelo V90L4. Os diferentes níveis do BAO foram adicionados às dietas no momento da mistura, junto aos demais ingredientes antes do processo de extrusão. Em seguida, a mistura foi extrusada em extrusora Exteec, modelo Ex Micro. Foi considerada como condição ótima de processamento das dietas experimentais, quando a extrusão das dietas ficou estabilizada em uma formatação adequada, com no mínimo 90% de flutuabilidade (avaliação realizada com a ração resfriada e posta por 5 minutos em um Becker com 1000 ml de água destilada, segundo a fórmula:  $100 - (\text{número de kibbles afundados} / \text{número de total de kibbles} \times 100)$ ) e a uma temperatura de saída dos *kibbles* estabilizada em 95 a 105° C.

Logo após a extrusão, as dietas foram secas em estufa de ventilação forçada (55°C) durante 12 horas e resfriadas em temperatura ambiente.

Depois, para a realização do ensaio de digestibilidade, uma porção de cada dieta foi novamente moída em moinho de facas da marca Vieira, modelo 280, com peneira de porosidade padrão de 0,5 mm de diâmetro para acréscimo de 0,5% do indicador inerte óxido de cromo III ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). A mistura foi homogeneizada e umedecida com 50% de água, peletizada em moinho de carne da marca C.A.F., modelo 22S, e desidratada em estufa de ventilação forçada (55°C), durante 24 horas e resfriadas em temperatura ambiente.

## 2.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental deste ensaio foi inteiramente casualizado (DIC) com doze tratamentos e três repetições em esquema fatorial 4x3 correspondente a quatro níveis de inclusão do *blend* comercial de ácidos orgânicos (0,0%; 1,0%; 2,0% e 3,0%) e aos três teores de proteína digestível: 24,30%; 26,81% e 29,32%. Cada unidade experimental foi constituída de uma



caixa de fibra de vidro (0,80mx0,62mx1,00m) com volume total de 0,5 m<sup>3</sup>, volume útil de 0,45 m<sup>3</sup> e 13 peixes.

## 2.5 Avaliação do desempenho produtivo

Todos os peixes utilizados neste experimento foram pesados no início e no final do período de experimentação.

Para cada parcela experimental, foram avaliados os resultados de sobrevivência e de desempenho de produção descritos abaixo:

*Ganho em peso (GP) = peso médio final – peso médio inicial em g*

*Consumo de ração (CR) =  $\frac{\text{consumo de alimento}}{\text{número de peixes}}$  em g*

*Conversão alimentar aparente (CAA) =  $\frac{\text{consumo de alimento}}{\text{ganho em peso total}}$*

*Taxa de crescimento específico (TCE) =  $\frac{\text{In peso final} - \text{In peso inicial}}{\text{tempo}} \times 100$  em %.*dia*<sup>-1</sup>*

*Taxa de eficiência proteica (TEP) =  $\frac{\text{ganho em peso vivo}}{\text{proteína bruta consumida}}$*

## 2.6 Análise de composição corporal

Para a determinação da composição corporal, inicialmente foi coletada uma amostra constituída de um grupo de 20 juvenis de 16,20 ± 8,03 g. Ao final do período experimental foram utilizados cinco peixes de cada parcela experimental para determinação da composição corporal e de índices fisiológicos. Estes peixes permaneceram em jejum por 48 horas para o esvaziamento gástrico e, logo após, foram eutanasiados por aprofundamento do plano anestésico em benzocaína, em seguida foram acondicionados com as vísceras em sacos plásticos rotulados e congelados em freezer para posteriores análises bromatológicas. O peso do

fígado e da gordura visceral dos peixes foram avaliados para cálculo do índice hepato-somático e do índice gorduro-viscero-somático.

Posteriormente os peixes foram moídos, homogeneizados em moedor de carne C.A.F, modelo 22S, congelados e liofilizados, para a retirada das amostras destinadas à determinação da porcentagem de matéria seca, proteína bruta (Leco Nitrogen/Protein in Organic Samples, modelo FP528), lipídios (método de hidrólise ácida), matéria mineral, energia bruta determinada em bomba calorimétrica de Parr, de acordo com a metodologia da A.O.A.C. (2000) e fósforo total de acordo com a metodologia de Michelsen (1957).

## 2.7 Parâmetros de eficiência nutricional

Com os resultados obtidos a partir da análise de composição corporal e do desempenho, foram realizados os cálculos de eficiência de retenção de proteína bruta e de energia bruta, além das proporções de proteína bruta e de extrato etéreo no ganho em peso, de acordo com as seguintes expressões:

*Eficiência de retenção de proteína bruta ( $ER_{PB}$  %)*

$$= \frac{(PBf \times Pf) - (PBi \times Pi)}{CPB} \times 100$$

*Eficiência de retenção de energia bruta ( $ER_{EB}$  %)*

$$= \frac{(EBf \times Pf) - (EBi \times Pi)}{CEB} \times 100$$

*Proporção de proteína bruta no ganho de peso ( $PB_{GP}$  %)*

$$= \frac{[(PBf \times Pf) - (PBi \times Pi)]}{(Pf - Pi)} \times 100$$

*Proporção de extrato etéreo no ganho de peso ( $EE_{GP}$  %)*

$$= \frac{[(EEf \times Pf) - (EBi \times Pi)]}{(Pf - Pi)} \times 100$$

Sendo:

PBf e EBf = níveis de proteína bruta e energia bruta corporal final

PBi e EBi = níveis de proteína bruta e energia bruta corporal inicial

CPB= consumo de proteína bruta

CEB= consumo de energia bruta

Pi e Pf= peso médio inicial e final dos peixes

## 2.8 Índices fisiológicos

Para o cálculo do índice hepato-somático (IHS) e do índice gorduro-viscero-somático (IGVS), foram coletados aleatoriamente, no final do período experimental, quatro peixes de cada parcela, num total de 12 peixes por tratamento. Os peixes foram pesados e eutanasiados por aprofundamento do plano anestésico em benzocaína. Em seguida, foram eviscerados para a pesagem das vísceras. Toda a gordura contida nas vísceras foi retirada e pesada para cálculo do índice gorduro-víscero-somático. Logo após cada fígado foi pesado separadamente para o cálculo do índice hepatossomático.

$$\text{Índice hepatossomático (IHS)} = \frac{P_{\text{fígado}}}{P_{\text{tpeixe}}} \times 100 \quad \text{em \%}$$

$$\text{Índice gorduro – víscero – somático (IGVS)} = \frac{P_{\text{gv}}}{P_{\text{tpeixe}}} \times 100 \quad \text{em \%}$$

Sendo:

P<sub>fígado</sub>=peso do fígado

P<sub>t</sub>= peso total do peixe

P<sub>gv</sub>= peso da gordura visceral

## 2.9 Análise da histomorfometria intestinal

As análises histológicas para a avaliação histomorfométrica intestinal foram realizadas no Laboratório de Técnicas Morfológicas e Imunohistoquímica do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal. Para a análise de histomorfometria intestinal, foram coletados e eutanasiados por aprofundamento

do plano anestésico em benzocaína, 12 peixes durante a biometria inicial, correspondendo a amostra experimental inicial. Ao final do período experimental, foram coletados e eutanasiados por aprofundamento do plano anestésico em benzocaína, quatro peixes de cada parcela, totalizando 12 peixes por tratamento. Fragmentos da porção média do intestino das tilápias do Nilo de aproximadamente 3,0 cm foram fixados em solução de Bouin por 24 horas e imersos em etanol 70%. Posteriormente, foram desidratados em bateria com gradiente alcoólico crescente, diafanizadas em xilol e incluídas em parafina (Synth) (ponto de fusão de 56 a 58 °C). Em seguida, foi realizada a microtomia em micrótomo automático (Leica-RM2155), com auxílio de navalhas descartáveis. Cortes de 3 micrometros ( $\mu\text{m}$ ) de espessura, em secção transversal, foram colocados em lâminas histológicas e secos em estufa a 37 °C *overnight*. Após este processo, foram corados com Hematoxilina-Eosina segundo Humason (1979) e as lâminas montadas com Entellan (Merck). As lâminas dos segmentos intestinais dos peixes de cada tratamento experimental foram avaliadas quanto a altura, número e largura das vilosidades, espessura da túnica muscular e contagem de células caliciformes, em microscópio (Leica DM 5000B) e o registro fotográfico realizado por câmera digital Leica DFC 300FX para a descrição histológica.

## 2.10 Ensaio de digestibilidade

Os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta ( $\text{CDA}_{\text{PB}}$ ), de energia bruta ( $\text{CDA}_{\text{EB}}$ ) e da matéria mineral ( $\text{CDA}_{\text{MM}}$ ) de cada uma das doze dietas experimentais foram determinados ao final do experimento de desempenho. Foram utilizadas 324 tilápias do Nilo ( $278,10 \pm 51,06$  g), distribuídas em 36 caixas de fibra de vidro de 450 litros úteis (9 peixes por caixa).

Os peixes foram submetidos ao período de adaptação de dez dias às dietas experimentais contendo 0,5% de óxido de crômio III ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), fornecidas aos peixes de mesmo tratamento, até a saciedade aparente, quatro vezes ao dia, nos horários de 07h00min, 10h30min, 14h00min e 17h30min. No décimo primeiro dia de alimentação, no período do final da tarde, os peixes foram arraçoados, e, após

30 minutos, transferidos para os coletores de fibra de vidro para a coleta de fezes. A coleta de fezes foi realizada por decantação, a cada hora, em 12 coletores de fibra de vidro, com aproximadamente 80L de capacidade, equipados com sistema de circulação contínua de água e construídos de acordo com sistema de Ghelph modificado (ABIMORAD e CARNEIRO, 2004). Logo após a coleta, as fezes foram centrifugadas à 3000 rpm e conservadas em freezer (-20°C), até completar-se a quantidade necessária para as análises químicas. A coleta se estendia durante o período da madrugada. Ao início da manhã, os peixes eram devolvidos às suas respectivas caixas. Ao final da tarde, as 12 caixas seguintes eram transferidas para as incubadoras, e assim sucessivamente.

As amostras de fezes foram secas em liofilizadora e após a retirada de escamas e outros materiais que poderiam interferir nos cálculos, foram moídas em micromoinho. Para determinação do óxido de crômio – III das fezes e das dietas foi utilizado a metodologia descrita por Furukawa e Tsukahara (1966), onde as amostras foram submetidas a digestão nitro-perclórica, com posterior leitura em espectrofotômetro de absorção atômica. A proteína bruta foi determinada através do aparelho Leco Nitrogen/Protein in Organic Samples modelo FP528, a energia bruta determinada em bomba calorimétrica de Parr e a matéria mineral a partir da queima das amostras em mufla a 600°C. O coeficiente de digestibilidade aparente das rações (CDA) foi estimado segundo Nose (1966):

$$CDA = 100 - \left[ 100 \left( \frac{\% \text{ do marcador na dieta}}{\% \text{ do marcador nas fezes}} \times \frac{\% \text{ do nutriente nas fezes}}{\% \text{ do nutriente na dieta}} \right) \right]$$

## 2.11 Análises estatísticas

As análises de variâncias dos resultados foram testadas pela normalidade dos erros e homocedasticidade das variâncias (testes de Cramer Von-Mises e Brown Forsythe, respectivamente). Quando houve significância estatística, as médias foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas usando o programa R version 3.3.0 - Copyright (©) 2015 The R Foundation for Statistical Computing.

### 3. Resultados

#### 3.1 Condições experimentais

No decorrer do período experimental os parâmetros físico-químicos da água permaneceram dentro da zona de conforto para a espécie objeto deste estudo (Tabela 4).

**Tabela 4.** Valores médios dos parâmetros físico-químicos da água durante o período experimental.

| Parâmetros                                     | Média          |
|------------------------------------------------|----------------|
| Temperatura (°C)                               | 29,71 ± 0,37   |
| Oxigênio dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> )      | 5,11 ± 0,41    |
| pH                                             | 7,17 ± 0,31    |
| Condutividade Elétrica (µSm.cm <sup>-1</sup> ) | 80,27 ± 1,57   |
| Amônia total (µg.L <sup>-1</sup> )             | 93,69 ± 49,99  |
| Nitrato (µg.L <sup>-1</sup> )                  | 223,31 ± 60,07 |
| Nitrito (µg.L <sup>-1</sup> )                  | 16,08 ± 16,66  |
| Fósforo total (µg.L <sup>-1</sup> )            | 65,46 ± 14,22  |

#### 3.2 Desempenho produtivo

Durante o período experimental não foi registrada nenhuma mortalidade dos animais em estudo.

Para os parâmetros de desempenho, as análises de variância demonstraram efeitos significativos ( $P < 0,05$ ) para a interação entre os fatores estudados, exceto para os resultados de conversão alimentar (CA) e taxa de eficiência proteica (TEP) (Tabela 5).

**Tabela 5.** Valores de F e médias dos parâmetros de desempenho de juvenis de tilápias do Nilo alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de BAO e diferentes teores de PD.

| Estatística                    | Parâmetros Avaliados |             |                    |                            |                    |
|--------------------------------|----------------------|-------------|--------------------|----------------------------|--------------------|
|                                | GP (g)               | CR (g)      | CA                 | TCE (%.dia <sup>-1</sup> ) | TEP                |
| Valores de F para:             |                      |             |                    |                            |                    |
| Efeito dos níveis de PD        | 10,93 **             | 239,08 **   | 2,59 <sup>NS</sup> | 11,77 **                   | 48,42 **           |
| Efeito dos níveis de BAO       | 5,00 **              | 6,55 **     | 3,43 *             | 5,66 **                    | 4,04 *             |
| Efeito da interação (PD x BAO) | 4,86 **              | 31,45 **    | 1,53 <sup>NS</sup> | 5,35 **                    | 1,87 <sup>NS</sup> |
| Médias para PD:                |                      |             |                    |                            |                    |
| 24,30 %                        | 244,19               | 353,52      | 1,46               | 2,92                       | 2,57 <sup>a</sup>  |
| 26,81 %                        | 264,42               | 391,42      | 1,48               | 3,00                       | 2,29 <sup>b</sup>  |
| 29,32 %                        | 277,13               | 425,53      | 1,54               | 3,04                       | 2,02 <sup>c</sup>  |
| (DMS)                          | (17,75)              | (8,29)      | (0,10)             | (0,07)                     | (0,14)             |
| Médias para BAO:               |                      |             |                    |                            |                    |
| 0%                             | 271,29               | 393,61      | 1,45 <sup>ab</sup> | 3,02                       | 2,37 <sup>a</sup>  |
| 1%                             | 243,18               | 379,73      | 1,57 <sup>b</sup>  | 2,91                       | 2,36 <sup>a</sup>  |
| 2%                             | 261,26               | 394,84      | 1,51 <sup>ab</sup> | 2,99                       | 2,27 <sup>ab</sup> |
| 3%                             | 271,31               | 391,72      | 1,44 <sup>a</sup>  | 3,03                       | 2,17 <sup>b</sup>  |
| (DMS)                          | (22,64)              | (10,57)     | (0,12)             | (0,09)                     | (0,17)             |
| <b>CV (%)</b>                  | <b>6,65</b>          | <b>2,08</b> | <b>6,24</b>        | <b>2,24</b>                | <b>5,92</b>        |

<sup>a,b,c</sup> - Letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05);

GP: ganho médio de peso; CR: consumo médio de ração por peixe; CA: conversão alimentar; TCE: taxa de crescimento específico; TEP: taxa de eficiência protéica.

<sup>NS</sup> - Não significativa;

\* - Significante a 0,05; \*\* - Significante a 0,01.

As melhores médias de CA ocorreram com 3% de BAO na dieta e as de TEP com o uso do menor teor proteico (24,30% de PD) e também usando-se ou não o menor nível de inclusão do BAO (1%) (Tabela 5). A TEP mostrou redução conforme elevou-se a inclusão de BAO.

No estudo das interações (Tabela 6) as melhores médias de ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE) e consumo de ração (CR) dos peixes que não receberam BAO em suas dietas ocorreram sempre com o maior conteúdo proteico (29,32% PD). Entretanto, as médias desses parâmetros foram igualmente elevadas com a utilização máxima de BAO (3%) nas dietas de menor

conteúdo proteico (24,30% PD), demonstrando a eficiência de utilização deste produto sobre o desempenho, uma vez que o mesmo pode beneficiar a absorção ou digestão da fração proteica.

**Tabela 6.** Médias de desempenho produtivo de juvenis de tilápias do Nilo para os efeitos das interações entre os diferentes níveis de inclusão de BAO e diferentes teores de PD das dietas.

| Médias de:                      | PD (%)       | Níveis de BAO (%)  |                   |                   |                   |
|---------------------------------|--------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                                 |              | 0                  | 1                 | 2                 | 3                 |
| <b>GP (g)</b>                   | <b>24,30</b> | 252,55 ± 11,12 Bb1 | 199,24 ± 18,07 Bc | 249,70 ± 13,37 Bb | 275,25 ± 5,55 Aa  |
|                                 | <b>26,81</b> | 259,26 ± 24,85 Ba  | 274,65 ± 15,37 Aa | 253,55 ± 3,07 Ba  | 270,21 ± 11,13 Aa |
|                                 | <b>29,32</b> | 302,06 ± 16,55 Aa  | 257,45 ± 25,53 Ab | 280,53 ± 21,45 Aa | 268,47 ± 24,59 Aa |
| <b>CR (g)</b>                   | <b>24,30</b> | 346,52 ± 7,73 Cc   | 322,81 ± 4,74 Cd  | 357,57 ± 6,71 Cb  | 385,11 ± 16,42 Ba |
|                                 | <b>26,81</b> | 385,51 ± 6,97 Bb   | 417,82 ± 7,46 Aa  | 387,63 ± 5,11 Bb  | 374,94 ± 10,49 Cc |
|                                 | <b>29,32</b> | 448,85 ± 3,92 Aa   | 398,62 ± 1,14 Bd  | 439,36 ± 8,13 Ab  | 415,22 ± 8,51 Ac  |
| <b>TCE (%.dia<sup>-1</sup>)</b> | <b>24,30</b> | 2,95 ± 0,04 Ba     | 2,72 ± 0,09 Bb    | 2,95 ± 0,05 Aa    | 3,04 ± 0,02 Aa    |
|                                 | <b>26,81</b> | 2,98 ± 0,09 Ba     | 3,04 ± 0,06 Aa    | 2,96 ± 0,01 Aa    | 3,02 ± 0,04 Aa    |
|                                 | <b>29,32</b> | 3,13 ± 0,05 Aa     | 2,97 ± 0,10 Ab    | 3,06 ± 0,08 Aa    | 3,02 ± 0,09 Aa    |

1 - Médias seguidas pela mesma letra (minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas) não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

GP: ganho médio de peso; CR: consumo médio de ração por peixe; TCE: taxa de crescimento específico.

A utilização de dietas contendo 26,81% de PD não tiveram este efeito do uso do BAO sobre os parâmetros de crescimento, exceto para o consumo de ração que foi máximo com o uso de 1% de BAO neste nível proteico (Tabela 6), demonstrando que o uso desse aditivo pode influenciar na palatabilidade das dietas.

### 3.3 Composição corporal

As análises da composição corporal das tilápias, realizadas ao final do período experimental (Tabela 7), demonstraram que, sem ter ocorrido efeito de interações, as maiores concentrações de proteína corporal nas tilápias foram proporcionadas pelo uso do maior teor de PD (29,32%). As maiores médias de



extrato etéreo (EE) e energia bruta (EB) na composição corporal ocorreram com o uso do menor teor de PD (24,30%) nas dietas (Tabela 7).

**Tabela 7.** Valores de F e médias da composição corporal de juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de BAO e diferentes teores de PD (valores observados na matéria natural).

| Estatística                    | Parâmetros Avaliados |                    |                     |                     |                             |                    |                     |
|--------------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|
|                                | MS (%)               | UM (%)             | PB (%)              | EE (%)              | EB (Kcal.Kg <sup>-1</sup> ) | MM (%)             | P (%)               |
| Valores de F para:             |                      |                    |                     |                     |                             |                    |                     |
| Efeito dos níveis de PD        | 1,50 <sup>NS</sup>   | 1,50 <sup>NS</sup> | 21,34 <sup>**</sup> | 11,88 <sup>**</sup> | 7,55 <sup>**</sup>          | 1,92 <sup>NS</sup> | 34,68 <sup>**</sup> |
| Efeito dos níveis de BAO       | 0,80 <sup>NS</sup>   | 0,80 <sup>NS</sup> | 3,90 <sup>*</sup>   | 1,07 <sup>NS</sup>  | 1,37 <sup>NS</sup>          | 0,79 <sup>NS</sup> | 14,92 <sup>**</sup> |
| Efeito da interação (PD x BAO) | 0,49 <sup>NS</sup>   | 0,49 <sup>NS</sup> | 1,11 <sup>NS</sup>  | 0,42 <sup>NS</sup>  | 0,63 <sup>NS</sup>          | 0,64 <sup>NS</sup> | 9,88 <sup>**</sup>  |
| Médias para PD:                |                      |                    |                     |                     |                             |                    |                     |
| 24,30 %                        | 32,08                | 67,92              | 13,39 <sup>b</sup>  | 10,01 <sup>a</sup>  | 1939,4 <sup>a</sup>         | 4,6                | 0,59                |
| 26,81 %                        | 31,08                | 68,92              | 13,64 <sup>b</sup>  | 8,64 <sup>b</sup>   | 1794,1 <sup>b</sup>         | 4,74               | 0,64                |
| 29,32 %                        | 31,40                | 68,6               | 14,21 <sup>a</sup>  | 8,32 <sup>b</sup>   | 1794,0 <sup>b</sup>         | 5,04               | 0,65                |
| DMS                            | (1,48)               | (1,48)             | (0,32)              | (0,92)              | (107,9)                     | (0,57)             | (0,02)              |
| Médias para BAO:               |                      |                    |                     |                     |                             |                    |                     |
| 0%                             | 31,61                | 68,39              | 13,86 <sup>ab</sup> | 9,1                 | 1850,2                      | 4,79               | 0,59                |
| 1%                             | 31,29                | 68,71              | 13,49 <sup>b</sup>  | 8,95                | 1838,0                      | 4,68               | 0,64                |
| 2%                             | 32,09                | 67,91              | 13,67 <sup>ab</sup> | 9,33                | 1891,0                      | 4,68               | 0,63                |
| 3%                             | 31,1                 | 68,9               | 13,96 <sup>a</sup>  | 8,59                | 1790,8                      | 5,03               | 0,64                |
| DMS                            | (1,88)               | (1,88)             | (0,41)              | (1,07)              | (137,63)                    | (0,73)             | (0,02)              |
| <b>CV (%)</b>                  | <b>4,6</b>           | <b>2,12</b>        | <b>2,29</b>         | <b>10,04</b>        | <b>5,74</b>                 | <b>11,75</b>       | <b>2,82</b>         |

<sup>a,b,c</sup> - Letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ );

MS: matéria seca; UM: umidade; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; EB: energia bruta; MM: matéria mineral; P: fósforo.

<sup>NS</sup> - Não significante;

\* - Significante a 0,05; \*\* - Significante a 0,01.

Só houve efeito significativo da interação para os níveis de fósforo total (P) na carcaça (Tabela 9). Observou-se que a inclusão de 1% de BAO foi suficiente para elevar satisfatoriamente a concentração de P em peixes que receberam dietas contendo todos os níveis proteicos.

**Tabela 8.** Médias da composição corporal de fósforo em juvenis de tilápia do Nilo para os efeitos das interações entre os diferentes níveis de inclusão de BAO e diferentes teores de PD das dietas (valores observados na matéria natural).

| Médias de:   | PD (%)       | Níveis de BAO (%) |                |                |                |
|--------------|--------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|
|              |              | 0                 | 1              | 2              | 3              |
|              | <b>24,30</b> | 0,56 ± 0,01 Bb    | 0,62 ± 0,01 Aa | 0,56 ± 0,02 Bb | 0,60 ± 0,02 Ab |
| <b>P (%)</b> | <b>26,81</b> | 0,61 ± 0,02 Aa    | 0,66 ± 0,01 Aa | 0,66 ± 0,02 Aa | 0,63 ± 0,03 Aa |
|              | <b>29,32</b> | 0,60 ± 0,02 Ab    | 0,68 ± 0,03 Aa | 0,67 ± 0,02 Aa | 0,64 ± 0,02 Aa |

1 - Médias seguidas pela mesma letra (minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas) não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

P: fósforo total.

### 3.4 Eficiência nutricional

Não ocorreram efeitos das interações entre os teores de inclusão do BAO e os teores proteicos das dietas ( $P > 0,05$ ) sobre as médias de eficiência de retenção da proteína ( $ER_{PB}$ ), de eficiência de retenção de energia bruta ( $ER_{EB}$ ), das proporções de extrato etéreo no ganho em peso ( $EE_{GP}$ ) e de proteína no ganho de peso ( $PB_{GP}$ ) (Tabela 9).

**Tabela 9.** Valores de F e médias da eficiência nutricional de juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de BAO e diferentes teores de PD.

| Estatística                    | Parâmetros Avaliados |                      |                      |                      |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                                | ER <sub>PB</sub> (%) | ER <sub>EB</sub> (%) | PB <sub>GP</sub> (%) | EE <sub>GP</sub> (%) |
| Valores de F para:             |                      |                      |                      |                      |
| Efeito dos níveis de PD        | 16,79 **             | 7,62 **              | 20,37 **             | 12,85 **             |
| Efeito dos níveis de BAO       | 3,92 *               | 1,28 <sup>NS</sup>   | 3,45 *               | 1,12 <sup>NS</sup>   |
| Efeito da interação (PD x BAO) | 1,83 <sup>NS</sup>   | 0,91 <sup>NS</sup>   | 1,09 <sup>NS</sup>   | 0,39 <sup>NS</sup>   |
| Médias para PD:                |                      |                      |                      |                      |
| 24,30 %                        | 24,70 <sup>b</sup>   | 33,23 <sup>a</sup>   | 13,62 <sup>b</sup>   | 10,49 <sup>a</sup>   |
| 26,81 %                        | 26,69 <sup>b</sup>   | 29,90 <sup>b</sup>   | 13,86 <sup>b</sup>   | 8,99 <sup>b</sup>    |
| 29,32 %                        | 29,45 <sup>a</sup>   | 28,57 <sup>b</sup>   | 14,45 <sup>a</sup>   | 8,64 <sup>b</sup>    |
| (DMS)                          | (2,06)               | (3,04)               | (0,34)               | (0,97)               |
| Médias para BAO:               |                      |                      |                      |                      |
| 0%                             | 27,76 <sup>ab</sup>  | 31,6                 | 14,09 <sup>ab</sup>  | 9,47                 |
| 1%                             | 25,39 <sup>b</sup>   | 29,04                | 13,73 <sup>b</sup>   | 9,36                 |
| 2%                             | 26,34 <sup>ab</sup>  | 31,23                | 13,90 <sup>ab</sup>  | 9,73                 |
| 3%                             | 29,56 <sup>a</sup>   | 30,41                | 14,20 <sup>a</sup>   | 8,93                 |
| (DMS)                          | (2,62)               | (3,92)               | (0,43)               | (1,23)               |
| <b>CV (%)</b>                  | <b>7,49</b>          | <b>9,85</b>          | <b>2,37</b>          | <b>10,11</b>         |

<sup>a,b,c</sup> - Letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05);

ER<sub>PB</sub>: eficiência de retenção de proteína bruta; ER<sub>EB</sub>: eficiência de retenção de energia bruta; PB<sub>GP</sub>: proporção de proteína bruta no ganho de peso; EE<sub>GP</sub>: proporção de extrato etéreo no ganho de peso.

<sup>NS</sup> - Não significativa;

\* - Significante a 0,05; \*\* - Significante a 0,01.

As médias de ER<sub>PB</sub> foram maiores (P<0,01) para o uso de dieta com maior conteúdo proteico (29,32% de PD) e também para o maior nível de inclusão do BAO (3%). As médias de ER<sub>EB</sub> e de EE<sub>GP</sub> só foram influenciadas (P<0,01) pelos teores proteicos das dietas, apresentando-se mais elevadas com o uso de 24,30% de PD. Os maiores valores médios para PB<sub>GP</sub> foram proporcionados por dietas contendo teor de PD mais elevado (29,32%) e também pelo maior nível de BAO (3%).

### 3.5 Índices fisiológicos

Os resultados observados para os índices hepatossomático (IHS) e gorduro-víscero-somático (IGVS) não diferiram estatisticamente tanto em relação aos níveis de inclusão do BAO quanto aos teores proteicos estudadas ( $P>0,05$ ) (Tabela 10).

**Tabela 10.** Valores de F e médias dos índices fisiológicos de juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de BAO e diferentes teores de PD.

| Estatística                    | Parâmetros Avaliados |                     |
|--------------------------------|----------------------|---------------------|
|                                | IHS (%)              | IGVS (%)            |
| Valores de F para:             |                      |                     |
| Efeito dos níveis de PD        | 0,15 <sup>NS</sup>   | 18,84 <sup>**</sup> |
| Efeito dos níveis de BAO       | 0,87 <sup>NS</sup>   | 2,77 <sup>NS</sup>  |
| Efeito da interação (PD x BAO) | 2,84 <sup>NS</sup>   | 1,18 <sup>NS</sup>  |
| Médias para PD:                |                      |                     |
| 24,30 %                        | 1,72                 | 3,00 <sup>a</sup>   |
| 26,81 %                        | 1,75                 | 3,04 <sup>a</sup>   |
| 29,32 %                        | 1,77                 | 2,16 <sup>b</sup>   |
| (DMS)                          | (0,19)               | (0,41)              |
| Médias para BAO:               |                      |                     |
| 0%                             | 1,81                 | 2,61                |
| 1%                             | 1,75                 | 2,54                |
| 2%                             | 1,68                 | 2,76                |
| 3%                             | 1,74                 | 3,04                |
| (DMS)                          | (0,24)               | (0,52)              |
| <b>CV (%)</b>                  | <b>10,41</b>         | <b>14,61</b>        |

<sup>a,b,c</sup> - Letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ );

IHS: índice hepatossomático; IGVS: índice gorduro-víscero-somático.

<sup>NS</sup> - Não significativa;

\* - Significante a 0,05; \*\* - Significante a 0,01.

### 3.6 Histomorfometria intestinal

Não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ) nas medidas histomorfométricas dos intestinos de juvenis de tilápia para a interação entre os fatores estudados para largura das vilosidades (LV), número de vilosidades (NV) e largura da túnica muscular (TM) (Tabela 11). Já para o número de células caliciformes (CC) e altura das vilosidades (AV) houve efeito significativo ( $P<0,05$ ) para a interação.

**Tabela 11.** Valores de F e médias dos parâmetros histomorfométricos intestinais de juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de BAO e diferentes teores de PD.

| Estatística                    | Parâmetros Avaliados |                    |                      |                      |                      |
|--------------------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                                | CC                   | NV                 | AV ( $\mu\text{m}$ ) | LV ( $\mu\text{m}$ ) | TM ( $\mu\text{m}$ ) |
| Valores de F para:             |                      |                    |                      |                      |                      |
| Efeito dos níveis de PD        | 20,02 **             | 2,69 <sup>NS</sup> | 88,47 **             | 0,38 <sup>NS</sup>   | 0,91 <sup>NS</sup>   |
| Efeito dos níveis de BAO       | 13,02 **             | 2,38 <sup>NS</sup> | 18,51 **             | 0,60 <sup>NS</sup>   | 2,69 <sup>NS</sup>   |
| Efeito da interação (PD x BAO) | 25,43 **             | 1,92 <sup>NS</sup> | 16,14 **             | 0,79 <sup>NS</sup>   | 1,51 <sup>NS</sup>   |
| Médias para PD:                |                      |                    |                      |                      |                      |
| 24,30 %                        | 19,17                | 35,33              | 315,5                | 92,84                | 51,52                |
| 26,81 %                        | 18,25                | 35,83              | 326,7                | 89,33                | 50,13                |
| 29,32 %                        | 21,17                | 33,33              | 377,2                | 89,42                | 56,49                |
| (DMS)                          | (1,17)               | (2,85)             | (12,33)              | (11,48)              | (12,41)              |
| Médias para BAO:               |                      |                    |                      |                      |                      |
| 0%                             | 18,89                | 36,83              | 328,2                | 91,72                | 55,00                |
| 1%                             | 20,44                | 33,61              | 338,6                | 88,80                | 44,12                |
| 2%                             | 17,89                | 34,0               | 327,7                | 87,55                | 51,74                |
| 3%                             | 20,89                | 34,89              | 364,7                | 94,03                | 60,01                |
| (DMS)                          | (1,50)               | (3,63)             | (15,73)              | (14,64)              | (0,12)               |
| <b>CV (%)</b>                  | <b>5,91</b>          | <b>8,02</b>        | <b>3,56</b>          | <b>12,44</b>         | <b>6,24</b>          |

<sup>a,b,c</sup> - Letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ );

CC: número de células caliciformes; NV: número de vilosidades; AV: altura das vilosidades; LV: largura das vilosidades; TM: largura da túnica muscular.

<sup>NS</sup> - Não significante;

\* - Significante a 0,05; \*\* - Significante a 0,01.

Os maiores valores médios para número de CC e AV ( $P < 0,01$ ) foram proporcionados por dietas contendo o teor de PD mais elevado (29,32%) e também pelo maior nível de BAO estudado (3%).

**Tabela 12.** Médias dos parâmetros histomorfométricos intestinais de juvenis de tilápia do Nilo para os efeitos das interações entre os diferentes níveis de inclusão de BAO e diferentes teores de PD das dietas.

| Médias de: | PD (%) | Níveis de BAO (%)            |                 |                  |                  |
|------------|--------|------------------------------|-----------------|------------------|------------------|
|            |        | 0                            | 1               | 2                | 3                |
| CC         | 24,30  | 21,67 ± 1,15 Aa <sup>1</sup> | 21,33 ± 1,15 Aa | 15,67 ± 1,53 Bb  | 18,00 ± 1,00 Bb  |
|            | 26,81  | 15,00 ± 0,00 Bb              | 16,33 ± 0,58 Bb | 21,00 ± 0,00 Aa  | 20,67 ± 1,53 Ba  |
|            | 29,32  | 20,00 ± 1,00 Ab              | 23,67 ± 1,43 Aa | 17,00 ± 1,00 Bb  | 24,00 ± 1,73 Aa  |
| AV (µm)    | 24,30  | 316,1 ± 7,29 Bb              | 350,8 ± 6,87 Aa | 274,7 ± 20,30 Bc | 320,4 ± 24,27 Ba |
|            | 26,81  | 313,6 ± 1,80 Bb              | 296,3 ± 4,02 Bb | 322,9 ± 5,96 Cb  | 374,2 ± 14,12 Aa |
|            | 29,32  | 355,0 ± 7,18 Ab              | 368,7 ± 7,41 Aa | 385,5 ± 6,30 Aa  | 399,6 ± 15,95 Aa |

1 - Médias seguidas pela mesma letra (minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas) não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

CC: número de células caliciformes; AV: altura das vilosidades.

Para as dietas contendo 24,30% de PD, os maiores números de CC foram registrados para a adição de 1% ou 0% do BAO (21,33 e 21,67, respectivamente) e, quando utilizados os níveis de 2% ou 3% de inclusão do BAO este número de CC sofreu redução considerável (Tabela 12).

A menor e maior médias de AV foram observadas nos tratamentos com 24,30% de PD com 2% do BAO (274,7µm) e 29,32% de PD com 3% do BAO (399,6µm), respectivamente (Tabela 12).

Quando o teor proteico das dietas foi de 29,32%, as médias de AV aumentaram constantemente conforme o nível de inclusão do BAO foi aumentado.

A Figura 1 mostra as medidas de mensuração da morfometria. Na Figura 2 foi possível observar células caliciformes, a túnica muscular composta da camada muscular longitudinal e camada muscular interna, a membrana serosa e o epitélio da mucosa para cada tratamento.

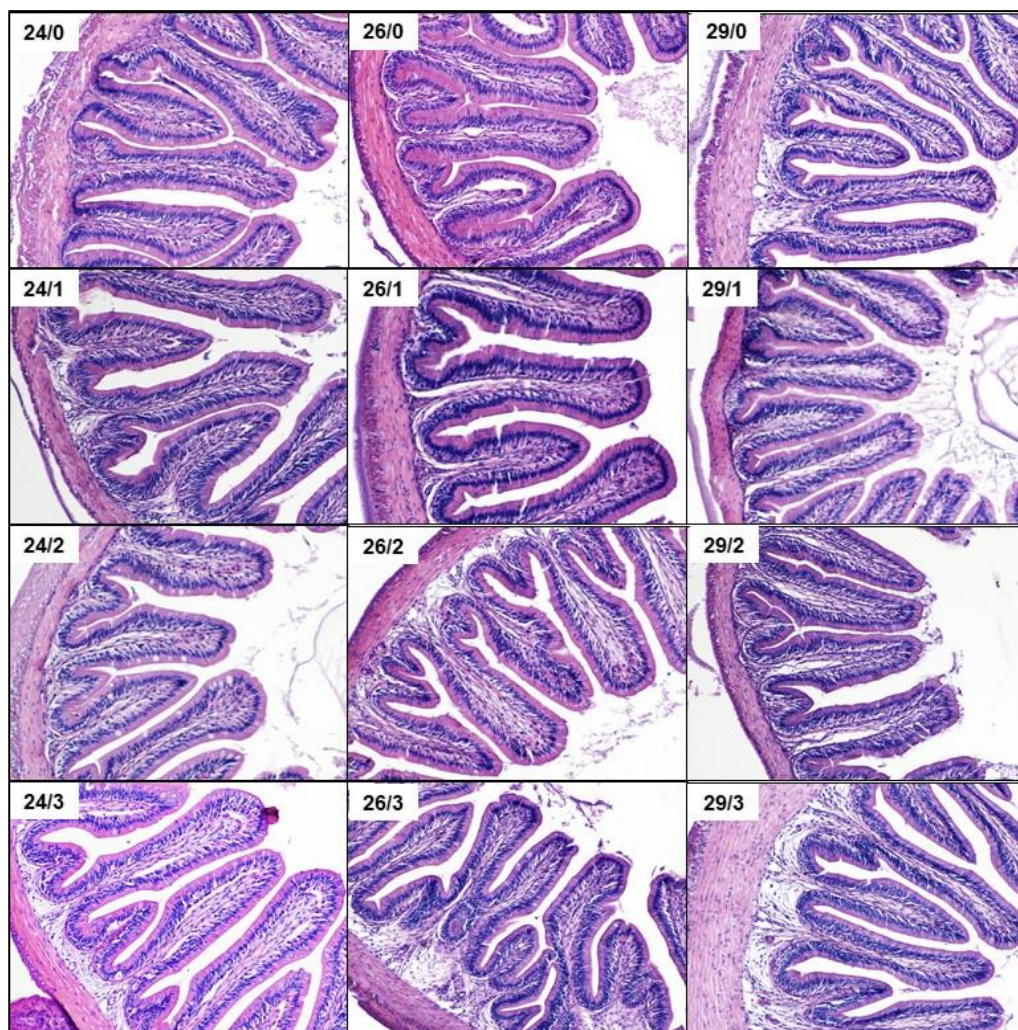


**Figura 1.** Fotomicrografia para medidas de histomorfometria.

AV: altura da vilosidade; LV: largura da vilosidade; TM: largura da túnica muscular; mi: camada muscular interna; ml: camada muscular longitudinal; (→): célula caliciforme; em: epitélio da mucosa; ms: membrana serosa.

A altura dos vilos intestinais apresentaram diferença significativa nos diferentes tratamentos. A visualização dos cortes histológicos demonstrou que a largura das vilosidades intestinais e a largura da túnica muscular não foram influenciados pelas diferentes combinações de PD e BAO das dietas, entretanto, o mesmo não foi observado para o número de células caliciformes e altura das vilosidades.





**Figura 2.** Fotomicrografias das vilosidades intestinais de juvenis de tilápia do Nilo em corte transversal. Barras de escala de 200 $\mu$ m. Hematoxilina/Eosina (HE).

### 3.7 Ensaio de digestibilidade

Houve interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre os níveis de BAO e de PD, para todos os resultados de coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) avaliados neste ensaio de digestibilidade (Tabela 13).

As médias do coeficiente de digestibilidade aparente da proteína ( $CDA_{PB}$ ), do coeficiente de digestibilidade aparente da energia ( $CDA_{EB}$ ) e do coeficiente de digestibilidade aparente da matéria mineral ( $CDA_{MM}$ ) das dietas para os efeitos de interação são apresentados na Tabela 14.



**Tabela 13.** Valores de F e médias dos coeficientes de digestibilidade aparente de dietas para juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de BAO e diferentes teores de PD.

| Estatística                    | Parâmetros Avaliados  |                       |                       |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                | CDA <sub>PB</sub> (%) | CDA <sub>EB</sub> (%) | CDA <sub>MM</sub> (%) |
| Valores de F para:             |                       |                       |                       |
| Efeito dos níveis de PD        | 3,01 <sup>NS</sup>    | 2,19 <sup>NS</sup>    | 22,50 <sup>**</sup>   |
| Efeito dos níveis de BAO       | 8,85 <sup>**</sup>    | 12,22 <sup>**</sup>   | 11,78 <sup>**</sup>   |
| Efeito da interação (PD x BAO) | 14,43 <sup>**</sup>   | 15,55 <sup>**</sup>   | 57,89 <sup>**</sup>   |
| Médias para PD:                |                       |                       |                       |
| 24,30 %                        | 82,01                 | 73,43                 | 33,89 <sup>b</sup>    |
| 26,81 %                        | 84,51                 | 74,75                 | 40,59 <sup>a</sup>    |
| 29,32 %                        | 83,15                 | 72,12                 | 41,42 <sup>a</sup>    |
| (DMS)                          | (2,55)                | (3,15)                | (3,07)                |
| Médias para BAO:               |                       |                       |                       |
| 0%                             | 79,96 <sup>b</sup>    | 68,35 <sup>b</sup>    | 38,91 <sup>b</sup>    |
| 1%                             | 85,97 <sup>a</sup>    | 76,83 <sup>a</sup>    | 47,23 <sup>a</sup>    |
| 2%                             | 83,72 <sup>a</sup>    | 74,07 <sup>a</sup>    | 37,26 <sup>b</sup>    |
| 3%                             | 83,25 <sup>a</sup>    | 74,47 <sup>a</sup>    | 31,13 <sup>c</sup>    |
| (DMS)                          | (3,25)                | (4,01)                | (3,92)                |
| <b>CV (%)</b>                  | <b>3,00</b>           | <b>4,20</b>           | <b>7,81</b>           |

<sup>a,b,c</sup> - Letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey (p <0.05);

CD<sub>PB</sub>: coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta; CDA<sub>EB</sub>: coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta; CDA<sub>MM</sub>: coeficiente de digestibilidade aparente da matéria mineral.

\* - Significante a 0,05; \*\* - Significante a 0,01.

Para a dieta isenta de BAO, contendo o maior teor de PD (29,32%) a média do CDA<sub>PB</sub> apresentou, como esperado, redução significativa (Tabela 14). O mesmo comportamento foi observado com o resultado médio do CDA<sub>EB</sub> e do CDA<sub>MM</sub>, para o aumento do teor proteico das dietas; o CDA<sub>EB</sub> e do CDA<sub>MM</sub> também pioraram.

**Tabela 14.** Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente de dietas para juvenis de tilápia do Nilo para os efeitos das interações entre os diferentes níveis de inclusão de BAO e diferentes teores de PD das dietas.

| Médias de:                 | PD (%)       | Níveis de BAO (%)            |                 |                 |                 |
|----------------------------|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                            |              | 0                            | 1               | 2               | 3               |
| <b>CD<sub>PB</sub> (%)</b> | <b>24,30</b> | 84,49 ± 1,56 Aa <sup>1</sup> | 83,50 ± 1,54 Aa | 76,14 ± 1,57 Bb | 85,91 ± 4,53 Aa |
|                            | <b>26,81</b> | 84,00 ± 1,18 Aa              | 86,97 ± 1,06 Aa | 88,29 ± 0,59 Aa | 78,79 ± 3,24 Bb |
|                            | <b>29,32</b> | 73,38 ± 2,04 Bb              | 87,43 ± 5,00 Aa | 86,74 ± 1,23 Aa | 85,05 ± 1,74 Aa |
| <b>CD<sub>EB</sub> (%)</b> | <b>24,30</b> | 72,98 ± 2,93 Ab              | 74,10 ± 0,66 Bb | 65,99 ± 3,63 Bc | 80,64 ± 2,24 Aa |
|                            | <b>26,81</b> | 73,19 ± 3,73 Ab              | 76,41 ± 2,65 Aa | 79,01 ± 1,43 Aa | 70,40 ± 2,72 Bb |
|                            | <b>29,32</b> | 58,59 ± 3,86 Bc              | 79,99 ± 5,25 Aa | 77,20 ± 0,88 Aa | 72,38 ± 3,67 Bb |
| <b>CD<sub>MM</sub> (%)</b> | <b>24,30</b> | 44,74 ± 1,34 Aa              | 43,28 ± 2,62 Ba | 16,18 ± 3,03 Cc | 31,35 ± 4,09 Bb |
|                            | <b>26,81</b> | 39,38 ± 3,21 Ac              | 43,04 ± 3,51 Bb | 52,21 ± 2,77 Aa | 27,74 ± 4,15 Cb |
|                            | <b>29,32</b> | 32,60 ± 0,91 Bc              | 55,37 ± 1,24 Aa | 43,39 ± 4,58 Bb | 34,32 ± 1,92 Ac |

1 - Médias seguidas pela mesma letra (minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas) não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

CD<sub>PB</sub>: coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta; CD<sub>EB</sub>: coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta; CD<sub>MM</sub>: coeficiente de digestibilidade aparente da matéria mineral.

A inclusão de apenas 1% ou 2% do BAO foi suficiente para elevar as médias de CD<sub>MM</sub> nas dietas experimentais contendo 26,81 e 29,32% de PD.

A inclusão de 1% do BAO foi a mais eficiente para aumentar significativamente a média de CD<sub>PB</sub> da dieta com alto teor proteico (29,32%), de 73,38% para 87,43%. O mesmo foi observado para o CD<sub>EB</sub>, o qual passou de 58,59% para 79,99%, e para o CD<sub>MM</sub>, passando de 32,60% para 55,37% com a inclusão de 1% de BAO.

Quando a inclusão de BAO foi de 2% ou 3%, houve efeito do aumento gradual dos teores proteicos das dietas para o CD<sub>EB</sub>.

Com a inclusão de 2% do BAO nas dietas, os resultados médios do CD<sub>PB</sub> e de CD<sub>EB</sub> foram maiores para as dietas com os dois maiores teores proteicos (26,81% e 29,32% de PD). Entretanto, a inclusão de 2% do BAO promoveu a maior média de CD<sub>MM</sub> para a dieta contendo o teor de 26,81% de PD.

Para o nível de 24,30% de proteína digestível na dieta, o uso de 2% de inclusão do BAO diminuiu as médias de CD<sub>PB</sub>, de CD<sub>EB</sub> e de CD<sub>MM</sub>, piorando esses resultados.

## 4. Discussão

### 4.1 Desempenho e eficiência nutricional

Ao final do período experimental as análises de variância para os parâmetros de desempenho demonstraram acréscimos nos resultados de GP, CR e TCE; porém, não demonstraram diferenças significativas para a interação dos teores de PD e níveis de inclusão dos BAOs para os resultados de CA e TEP.

A CA melhorou com a inclusão de 3,0% de BAO, enquanto que a TEP foi maior com a inclusão ou não de 1,0% de BAO. Ramli *et al.* (2005) estudando a inclusão de 0,0; 0,2; 0,3 e 0,5% de diformato de potássio, um sal de ácido fórmico, em dietas contendo 32% de proteína bruta para juvenis de tilápia, também observaram melhoras significativas nas médias de GP, de CA, de CR de TEP a partir da inclusão de, 2 ou 5 kg/t de diformato de potássio nas dietas. Ng *et al.* (2009) também não encontraram diferenças estatísticas significativas sobre CA e TEP, ao avaliar a inclusão de um *blend* comercial de ácidos orgânicos em dietas para alevinos de tilápia vermelha híbrida.

As melhores médias de CA foram proporcionadas por dietas com inclusão de 3% de BAO. As de TEP ocorreram com o uso do menor teor proteico (24,30% de PD) e também usando-se ou não o menor nível de inclusão do BAO (1%). Petkam *et al.* (2008) estudaram a inclusão de um *blend* de ácidos e sais orgânicos (formiato de cálcio, propionato de cálcio, lactato de cálcio, fosfato de cálcio e ácido cítrico) em diferentes níveis de inclusão (0,5%; 1,0% e 1,5%) em comparação com a inclusão de 0,5% de oxitetraciclina (antibiótico promotor de crescimento - AGP) em dietas contendo 31% de proteína bruta. Apesar de não terem encontrado dados estatisticamente significativos para GP e CA para juvenis de tilápia, concluíram que a inclusão de 1,5% deste *blend* resultou em um aumento numérico de 11% em comparação ao controle negativo, com resultados semelhantes aos da dieta suplementada com AGP. Ng *et al.* (2009) avaliaram a inclusão de 0,0; 0,1; 0,2 ou 0,3% de um *blend* comercial de ácidos orgânicos em dietas contendo 35% de proteína bruta para alevinos de tilápia vermelha híbrida e também não encontraram diferenças significativas para os resultados de GP,

apresentando apenas diferença numérica para as dietas com inclusão de 0,1 ou 0,2% do *blend* de ácidos orgânicos (aumento de 11,0% e 11,3%, respectivamente) em comparação as dietas controle. Fortes da Silva et al. (2008) trabalharam com um *blend* de ácidos orgânicos (bioflavonóides, ácido ascórbico, ácido cítrico, ácido láctico e ácido fumárico) nas inclusões de: 0,00; 0,02; 0,04; 0,06; 0,08 e 0,10%, em dietas contendo 32% de proteína bruta e não observaram efeitos significativos para CR, CA e TEP. Para os resultados de GP observaram efeito quadrático dos níveis de ácidos orgânicos, havendo melhora deste parâmetro até o nível de inclusão de 0,043%.

No presente estudo, as interações entre os fatores estudados demonstraram que as melhores médias de GP, CR e TCE dos peixes que não receberam BAO em suas dietas ocorreram sempre com o maior conteúdo proteico (29,32% PD). Entretanto, as médias desses parâmetros foram igualmente elevadas com a utilização máxima de 3% do BAO nas dietas, em combinação com o menor conteúdo proteico (24,30% de PD), demonstrando a eficiência de utilização deste produto sobre o desempenho, o qual pode sugerir um efeito melhorador de absorção ou digestão da fração proteica. Em estudo realizado por De Wet (2005) com juvenis de truta-arco-íris, o autor utilizou um *blend* de ácidos orgânicos nas proporções de 0,5%; 1,0% e 1,5% e também observou melhoras nos parâmetros de desempenho dos peixes (GP, CA e TCE), mostrando médias superiores para a inclusão de apenas 1,0%. Resultados semelhantes foram obtidos em estudo realizado por Sherif e Doaa (2013) com tilápias do Nilo para GP, CA e TCE, com a inclusão do maior nível de BAO avaliado, o qual, neste estudo, foi de 0,4%.

A utilização de dietas contendo 26,81% de PD não tiveram efeito do uso do BAO sobre os parâmetros de crescimento. Mas o CR foi máximo com este teor proteico, demonstrando efeito característico de aumento na palatabilidade dessas dietas. Efeitos semelhantes para o CR foram encontrados por Ringø (1992) com o uso de 1% de acetato de sódio em dietas para truta do ártico. Estudando níveis de inclusão de um *blend* de ácidos orgânicos em dietas com 30,5% de proteína bruta, Sherif e Doaa (2013) encontraram resultados 59% superiores no CR para as tilápias que receberam o maior nível de inclusão do BAO (0,4%). O mesmo não foi observado por Khaled (2015), que não encontrou efeitos significativos para

o CR, com o uso de diformato de sódio NDF® em dietas contendo 32% de proteína bruta, para alevinos híbridos de tilápia (♀ *O. Niloticus* x ♂ *O. aureus*).

Neste ensaio, não ocorreram efeitos das interações entre os teores de inclusão do BAO e os teores proteicos das dietas sobre as médias de  $ER_{PB}$ , de  $ER_{EB}$ ,  $EE_{GP}$  e de  $PB_{GP}$ . As maiores médias de  $ER_{PB}$  foram então observadas para as dietas com maior conteúdo proteico (29,32% de PD) e o maior nível de inclusão do BAO estudado (3%). Ng et al (2009) não observaram efeitos significativos para os resultados de  $ER_{PB}$  com a inclusão de BAO em dietas para alevinos de tilápia vermelha híbrida. A inclusão de 0,75 e 1,5% de lactato de cálcio, ácido cítrico e diformato de potássio em dietas para juvenis de red drum (*Sciaenops ocellatus*) também não tiveram efeito significativo sobre  $ER_{PB}$  e TEP (CASTILLO et al., 2014). Hassaan et al. (2014) usaram dietas com 30,66% de proteína bruta para testar as inclusões de 0,0; 0,5; 1,0 e 1,5% de propionato de cálcio ou 0,0; 0,5; 1,0 e 1,5% de lactato de cálcio; observaram as melhores médias de  $ER_{EB}$  para as dietas que continham 1% de lactato de cálcio para juvenis de tilápia no Nilo.

Os resultados observados para os índices IHS e IGVS não diferiram estatisticamente, tanto em relação aos níveis de inclusão do BAO, quanto aos teores proteicos estudadas. As inclusões de ácidos orgânicos isolados ou de *blends* parecem não afetar estes índices fisiológicos, visto que, em vários trabalhos consultados não foram observadas diferenças estatisticamente significativas (NG et al., 2009; CASTILLO et al., 2014; KOH et al., 2016; EBRAHIMI et al., 2017).

## 4.2 Composição corporal

Houve efeito significativo da interação para os níveis de fósforo total (P) na composição corporal dos peixes ( $P < 0,01$ ). O uso de 1% de BAO elevou a concentração de P corporal em peixes, independentemente do nível proteico das dietas. Hossain et al. (2007) avaliaram a inclusão de 1% dos ácidos cítrico, ou málico ou láctico em dietas contendo 46% de proteína bruta e observaram aumento significativo no teor de P nas carcaças dos peixes da espécie *Pagrus*

*major* que foram suplementados com 1% de ácido láctico. Em estudo com truta-arco-íris usando níveis de 0,0; 0,4; 0,8 ou 1,6% de ácido cítrico nas dietas, Vielma *et al.* (1999) observaram que o teor de cinzas corporal elevou-se igualmente para todos os níveis estudados, mas o conteúdo de fósforo mostrou apenas uma tendência a aumentar ( $P=0,07$ ).

Foram observadas diferenças significativas para a porcentagem de proteína na carcaça tanto para os níveis de PB quanto para os níveis de BAO avaliados, sendo este maior quando utilizado o maior teor de PD (29,32%) e o maior nível de inclusão de BAO (3,0%). Para as porcentagens de EE e EB, as médias diferiram apenas entre os teores proteicos avaliados. Ng *et al.* (2009) avaliando a inclusão de 0,0; 0,1; 0,2 ou 0,3% de um *blend* comercial de ácidos orgânicos em dietas contendo 35% de proteína bruta para alevinos de tilápia vermelha híbrida, não encontraram diferença estatística significativa para a composição de umidade, proteína bruta, extrato etéreo, energia bruta e matéria mineral corporal.

#### 4.3 Histomorfometria intestinal

As análises de variância demonstraram efeitos de interação significativos nas medidas histomorfométricas de altura das vilosidades (AV) e contagem de células caliciformes (CC) dos intestinos de juvenis de tilápia para as interações entre os fatores estudados ( $P<0,01$ ). O mesmo não foi observado para os parâmetros de número de vilosidades (NV), largura das vilosidades (LV) e largura da túnica muscular (TM) ( $P>0,05$ ). Os maiores valores médios para CC e AV foram proporcionados por dietas contendo o teor de PD mais elevado (29,32%) e pelo maior nível de BAO estudado (3%). Adil *et al.* (2010) trabalharam com frangos de corte analisando a inclusão de 2 ou 3% de ácido butírico, de ácido fumárico e de ácido láctico, observaram que os animais que ingeriram a dieta suplementada com 3% de ácido fumárico apresentaram aumento significativo da AV de 23% em comparação aos animais que ingeriram a dieta controle. Viola e Vieira (2007) estudaram a inclusão de quatro diferentes *blends* de ácidos orgânicos às dietas com três diferentes níveis para cada *blend* (A: 0,8%; 0,45% e

0,25%; B: 1,0%; 0,6% e 0,3%; C<sub>1</sub>: 0,4%; 0,2% e 0,1%; C<sub>2</sub>: 0,3%; 0,3% e 0,1%; D<sub>1</sub>: 0,5%; 0,25% e D<sub>2</sub>: 0,3%; 0,3% e 0,1%) sendo cada um trabalhado em três fases distintas de criação de frangos de corte. Com exceção doo *blend* B, todos os demais *blends* e níveis de inclusão apresentaram efeitos significativos para AV e profundidades das criptas superiores aos animais que receberam as dietas controle.

Para as dietas contendo 24,30% de PD, os maiores números de CC foram registrados para a adição de 1% ou não do BAO (21,33 e 21,67, respectivamente). Quando utilizados os níveis de 2% ou 3% de inclusão do BAO, este número de CC sofreu redução considerável.

Quando analisado o menor teor proteico das dietas estudadas (24,30% PD) observou-se tendência similar para CR e CC, uma vez que doses mais altas de BAO aparentam afetar tais parâmetros.

#### 4.4 Digestibilidade

Houve interação significativa entre os níveis de BAO e de PD para todos os resultados de coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) avaliados neste ensaio de digestibilidade ( $P < 0,01$ ).

Para a dieta isenta de BAO contendo o maior teor de PD (29,32%), a média do CDA<sub>PB</sub> apresentou, como esperado, redução significativa, tendo em vista que quando aumenta-se a oferta de proteína na dieta, o animal tende a gastar menos energia para digerir este excesso. O mesmo foi observado com o resultado médio do CDA<sub>EB</sub> e do CDA<sub>MM</sub>, para o aumento do teor proteico das dietas; o CDA<sub>EB</sub> e do CDA<sub>MM</sub> também pioraram. Comparando a digestibilidade de nutrientes em dietas contendo um nível baixo (25%) e um nível alto (35%) de proteína bruta combinadas com 1,5 ou 3,0% de ácido cítrico para juvenis de carpa rohu, Baruah *et al.* (2007) também observaram redução significativa do CD<sub>PB</sub> quando o teor de proteína da dieta foi o mais elevado sem a inclusão do ácido orgânico. Hossain *et al.* (2007) não observaram diferenças significativas entre os tratamentos para o CDA<sub>PB</sub> e o CDA<sub>EB</sub>. No entanto, as dietas que receberam a inclusão de 1% de

ácido cítrico, ácido málico ou ácido láctico mostraram tendência de aumento destes coeficientes para *Pagrus major*.

A inclusão de 1% do BAO foi a mais eficiente para aumentar significativamente as médias do CDA<sub>PB</sub>, do CDA<sub>EB</sub> e do CDA<sub>MM</sub> para as dietas com o mais alto teor proteico (29,32% de PD). Avaliando a inclusão de 0,5 e 1,0% de um BAO ou a inclusão de 0,5% de oxitetraciclina em dietas com 31% de proteína bruta para tilápia híbrida vermelha, Koh *et al.* (2016) também observaram maior CDA<sub>MM</sub> para as dietas com a inclusão de 1% de BAO. Khaled (2015) observou aumento significativo do CDA<sub>PB</sub> com o uso do diformato de sódio NDF® em dietas contendo 32% de proteína bruta, para alevinos híbridos de tilápia. Morken *et al.* (2011), suplementando dietas para truta-arco-íris com 1,06% de diformato de sódio, também observaram aumento significativo do CDA<sub>PB</sub> e do CDA<sub>MM</sub>, em comparação ao tratamento controle.

Diferentemente do estudo aqui apresentado, Ng *et al.* (2009) não encontraram valores de CDA<sub>PB</sub> superiores para qualquer nível de inclusão do *blend* comercial de ácidos orgânicos ou para a inclusão de 0,2% de diformato de potássio em dietas contendo 35% de proteína bruta para alevinos de tilápia vermelha híbrida. Lin e Cheng (2017) avaliaram a inclusão de 1% de lactato de sódio ou butirato de sódio em dietas contendo, aproximadamente, 48% de proteína bruta e também não observaram diferenças significativas entre tratamentos para os resultados de CDA<sub>PB</sub>.



## 5. Conclusão

Os resultados do presente estudo indicam que a suplementação de dietas com este *blend* comercial de ácidos orgânicos em dietas para juvenis de tilápia do Nilo produziu efeitos benéficos para os parâmetros avaliados.

A melhoria do desempenho zootécnico ocorreu paralelamente aos benefícios observados na morfologia intestinal, e, nas condições de realização do presente estudo. A melhor relação de BAO e PD diferiu de acordo com o parâmetro avaliado.

Apesar de não haver tendência estatística, observa-se tendência numérica da superioridade da inclusão do teor de 1% de BAO em dietas para tilápias do Nilo.

## 6. Referências Bibliográficas

- ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Métodos de coletas de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia dos alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 5, p. 1101-1109, 2004.
- ADIL, S.; BANDAY, T.; BHAT, G. A.; MIR, M. S.; REHMAN, M. Effect of dietary supplementation of organic acids on performance, intestinal histomorphology, and serum biochemistry of broiler chicken. **Veterinary medicine international**, v. 2010, p. 7, 2010.
- AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Agriculture Chemists**. 17th ed., Arlington: AOAC, 2000.v.2.
- BARUAH, K.; SAHU, N. P.; PAL, A. K.; JAIN, K. K.; DEBNATH, D.; MUKHERJEE, S. C. Dietary microbial phytase and citric acid synergistically enhances nutrient digestibility and growth performance of *Labeo rohita* (Hamilton) juveniles at sub-optimal protein level. **Aquaculture Research**, v. 38, n. 2, p. 109-120, 2007.
- CASTILLO, S.; ROSALES, M.; POHLENZ, C.; GATLIN, D. M. Effects of organic acids on growth performance and digestive enzyme activities of juvenile red drum *Sciaenops ocellatus*. **Aquaculture**, v. 433, p. 6-12, 2014.
- DE WET, L. Can organic acid effectively replace antibiotic growth promotants in diets for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* raised under sub-optimal water temperatures. In: **World Aquaculture Society Conference**. 2005.
- EBRAHIMI, M.; DAEMAN, N. H.; CHONG, C. M.; KARAMI, A.; KUMAR, V.; HOSEINIFAR, S. H.; ROMANO, N. Comparing the effects of different dietary organic acids on the growth, intestinal short-chain fatty acids, and liver histopathology of red hybrid tilapia (*Oreochromis sp.*) and potential use of these as preservatives. **Fish Physiology and Biochemistry**, p. 1-13, 2017.
- FORTES DA SILVA, R.; TEIXEIRA LANNA, E. A.; DELMONDES BOMFIM, M. A.; BARBOSA RIBEIRO, F.; DE ASSIS JÚNIOR, F. I.; NAVARRO, R. D. Uso de ácidos orgânicos em dietas para Tilápia do Nilo. **Revista Ceres**, v. 55, n. 4, p. 352-355, 2008.
- FURUKAWA, A.; TSUKAHARA, H. On the acid digestion for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of fish feed. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v. 32, n. 6, p. 502-506, 1966.
- GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**. London:Blackweel Sci. Publ., 1978. 214p.

HASSAAN, M. S.; WAFI, M. A.; SOLTAN, M. A.; GODA, A. S.; MOGHETH, N. M. A. Effect of dietary organic salts on growth, nutrient digestibility, mineral absorption and some biochemical indices of Nile tilapia; *Oreochromis niloticus* L. fingerlings, p. 47-55, 2014.

HOSSAIN, M. A.; PANDEY, A.; SATOH, S. Effects of organic acids on growth and phosphorus utilization in red sea bream *Pagrus major*. **Fisheries Science**, v. 73, n. 6, p. 1309-1317, 2007.

HUMASON, G.L. **Animal tissue techniques**. San Francisco: WH Freeman, 1979. 641 p.

IBGE/SIDRA – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PPM – Produção da Pecuária Municipal, 2015**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2015/default\\_xls\\_grandes\\_regioes.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2015/default_xls_grandes_regioes.shtm). Arquivo consultado em 08 de abril de 2017.

KHALED, M. Effect of organic acid salt supplementation on growth performance and feed utilization in practical diets of hybrid tilapia (♀ *O. Niloticus* x ♂ *O. aureus*) fingerlings. **Egyptian J. Anim. Prod**, v. 52, n. 1, p. 81-88, 2015.

KOH, C. B.; ROMANO, N.; ZAHRAH, A. S.; NG, W. K. Effects of a dietary organic acids *blend* and oxytetracycline on the growth, nutrient utilization and total cultivable gut microbiota of the red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp., and resistance to *Streptococcus agalactiae*. **Aquaculture Research**, v. 47, n. 2, p. 357-369, 2016.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRANSHOFFK (Ed). **Methods of seawater analysis**. Weinheim: Verlag Chemie, 1976. p. 117-181.

KUBITZA, F. Nutrição e alimentação de tilápias–parte I. **Panorama da aquicultura**, v. 2, n. 52, p. 42-50, 1999.

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

LIN, Y-H; CHENG, M-Y. Effects of dietary organic acid supplementation on the growth, nutrient digestibility and intestinal histology of the giant grouper *Epinephelus lanceolatus* fed a diet with soybean meal. **Aquaculture**, v. 469, p. 106-111, 2017.

MACKERETH, F.J.H., HERON, J. E TALLING, J.F. **Water analyses: Some revised methods for limnologists**. London: **Scient Public.**, 1978. 121p.

MICHELSSEN, O. B. Photometric determination of phosphorus as molybdovanadophosphoric acid. **Analytical Chemistry**, v. 29, n. 1, p. 60-62, 1957.

MORKEN, T.; KRAUGERUD, O. F.; BARROWS, F. T.; SØRENSEN, M.; STOREBAKKEN, T.; ØVERLAND, M. Sodium diformate and extrusion

temperature affect nutrient digestibility and physical quality of diets with fish meal and barley protein concentrate for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 317, n. 1, p. 138-145, 2011.

NG, W. K.; KOH, C. B.; SUDESH, K.; SITI-ZAHRAH; A. Effects of dietary organic acids on growth, nutrient digestibility and gut microflora of red hybrid tilapia, *Oreochromis sp.*, and subsequent survival during a challenge test with *Streptococcus agalactiae*. **Aquaculture Research**, v. 40, n. 13, p. 1490-1500, 2009.

NG, W-K; KOH, C-B. The utilization and mode of action of organic acids in the feeds of cultured aquatic animals. **Reviews in Aquaculture**, v. 9, n. 4, p. 342-368, 2017.

NOSE, T. Recent advances in the study of fish digestion in Japan. In: Symposium on feeding trout and salmon culture, 7. 1966, Belgrade. Proceedings Belgrade: EIFAC, p.17. 1966.

PETKAM, R.; LUCKSTADT, C.; NITTAYACHIT, P.; SADAIO, S.; ENCARNACAO, P. Evaluation of a dietary organic acid blend on tilapia *Oreochromis niloticus* growth performance. **Busan, Korea: World Aquaculture**, 2008.

RAMLI, N.; HEINDL, U.; SUNANTO, S. Effect of potassium-diformate on growth performance of tilapia challenged with *Vibrio anguillarum*. In: **World Aquaculture Society Conference. Abstract, CD-Rom, Bali, Indonesia**. 2005.

RINGØ, E. Effects of dietary formate and acetate on growth and lipid digestibility in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). **Fiskeridirektoratets Skrifter Serie Ernæring**, v. 5, p. 17-24, 1992.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Aquicultura no Brasil**. Série Estudos Mercadológicos. SEBRAE: Brasília, 71p. 2015.

SCAPINELLO, C.; FARIA, H. G. D.; FURLAN, A. C.; MICHELAN, A. C. Efeito da utilização de oligossacarídeo manose e acidificantes sobre o desempenho de coelhos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1272-1277, 2001.

SHERIF, A. H.; DOAA, M. Gad. Studies on the effect of acidifier on cultured *Oreochromis niloticus* fish. **Journal of the Arabian Aquaculture Society**, v. 8, p. 229-236, 2013.

SILVA, M. da C. **Ácidos orgânicos e suas combinações em dietas para leitões desmamados aos 21 dias de idade**. 2002. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG. 64 p.

SPERANDIO, L. M. **Criação de tilápias em tanque-rede**. Disponível: [http://www.uov.com.br/biblioteca/90/criacao\\_de\\_tilapias\\_em\\_tanque-rede.html](http://www.uov.com.br/biblioteca/90/criacao_de_tilapias_em_tanque-rede.html)> Acesso em: 28 de outubro de 2017. v. 30, 2014.

TSILOYIANNIS, V. K.; KYRIAKIS, S. C.; VLEMMAS, J.; SARRIS, K. The effect of organic acids on the control of post-weaning oedema disease of piglets. **Research in Veterinary Science**, v. 70, n. 3, p. 281-285, 2001.

VERAS, G. C. Fotoperíodo sobre parâmetros fisiológicos relacionados ao estresse em alevinos de tilápia do Nilo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 5, p. 1434-1440, 2013.

VIELMA, J.; RUOHONEN, K.; LALL, S. P. Supplemental citric acid and particle size of fish bone-meal influence the availability of minerals in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquaculture Nutrition**, v. 5, n. 1, p. 65, 1999.

VIOLA, E. S.; VIEIRA, S. L. Supplementation of organic and inorganic acidifiers in diets for broiler chickens: performance and intestinal morphology. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 1097-1104, 2007.

XIE, S.; ZHANG, L.; WANG, D. Effects of several organic acids on the feeding behavior of *Tilapia nilotica*. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 19, n. 4, p. 255-257, 2003.

## 7. Anexos

### Anexo I - CEUA – Comissão de Ética no Uso de Animais



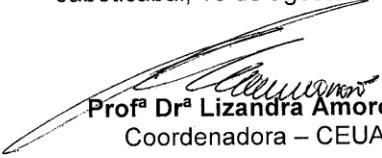
#### CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

#### CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado “**Ácidos orgânicos podem melhorar o desempenho, a sanidade e a eficiência de utilização de nutrientes em dietas para produção de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede?**”, protocolo nº 12.031/16, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Dalton José Carneiro, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de junho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 18 de agosto de 2016.

|                     |                                                              |
|---------------------|--------------------------------------------------------------|
| Vigência do Projeto | 01/09/2016 a 01/03/2017                                      |
| Espécie / Linhagem  | Tilápia                                                      |
| Nº de animais       | 1800                                                         |
| Peso / Idade        | 360 com 30 gramas – 60 dias / 1440 com 150 gramas – 120 dias |
| Sexo                | Machos e fêmeas                                              |
| Origem              | Piscicultura AcquaSanta – Arealva/SP.                        |

Jaboticabal, 18 de agosto de 2016.

  
**Profª Drª Lizandra Amoroso**  
Coordenadora – CEUA