

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP –CAUNESP

**Efeito do AQUATE MQ^{MT} no desempenho
produtivo e qualidade do filé de tilápia-do-
Nilo (*Oreochromis niloticus*) produzida em
tanque-rede**

Marcio Kazuaki Kishimoto

Zootecnista

JABOTICABAL – SÃO PAULO

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP –CAUNESP

**Efeito do AQUATE MQ^{MT} no desempenho
produtivo e qualidade do filé de tilápia-do-
Nilo (*Oreochromis niloticus*) produzida em
tanque-rede**

Marcio Kazuaki Kishimoto

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Susumu Takahashi

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Aquicultura como parte das
exigências para a obtenção do
título de Mestre em Aquicultura.

JABOTICABAL – SÃO PAULO

2022

K61e Kishimoto, Marcio Kazuaki
Efeito do AQUATE MQ^{MT} no desempenho produtivo e qualidade do filé de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) produzida em tanque-rede / Marcio Kazuaki Kishimoto. – – Jaboticabal, 2022
41 p. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2022

Orientador: Leonardo Susumu Takahashi

Banca examinadora: Dariane Beatriz Enke, Rodrigo Yukihiro Gimbo

Bibliografia

1. Minerais na nutrição animal. 2. Controle de qualidade. 3. Tilápia-do-Nilo. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.3.43

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Jaboticabal/SP - Karina Gimenes Fernandes - CRB 8/7418

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Efeito do AQUATE MQ no desempenho produtivo e qualidade do filé de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) produzida em tanque-rede

AUTOR: MARCIO KAZUAKI KISHIMOTO

ORIENTADOR: LEONARDO SUSUMU TAKAHASHI

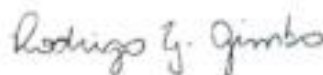
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AQUICULTURA, pela Comissão Examinadora:



Prof. Assoc. LEONARDO SUSUMU TAKAHASHI (Participação Virtual)
Departamento de Produção Animal / FCAT/Unesp, Dracena-SP



Profa. Dra. DARIANE BEATRIZ SCHOFFEN ENKE (Participação Virtual)
Curso de Engenharia de Pesca / FCAVR/Unesp, Registro-SP



Prof. Dr. RODRIGO YUKIHIRO GIMBO (Participação Virtual)
Universidade Nilton Lins, Centro Universitário Nilton Lins, Manaus-AM

Jaboticabal, 22 de setembro de 2022

EPÍGRAFE

*“Mesmo que vocês parem no caminho e se acovardem, vocês não vão parar o
fluxo do tempo, não fiquem tristes pelo fato de que nós todos estamos
alcançando o fim.”*

Rengoku Kyojuro- Demon Slayer

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a todos envolvidos nessa trajetória ao longo dos dois anos. Pessoas que de alguma forma me ajudou a crescer tanto pessoalmente como profissionalmente.

A minha família, em especial meus pais Lúcia e Maurício que me apoiaram e deram confiança em minha trajetória, confiando no meu propósito. A minha irmã Yumi por me entender e me dar dias de alegria e felicidade sempre!!

Karen D. Prada ao amor da minha vida, por me apoiar, escutar, chorar, rir e ser a pessoa que estava em todos os momentos mais importantes de alegria e tristeza. “Aonde um mimi for o outro vai junto “

Equipe do laboratório de tilapicultura do Centro de Aquicultura da Unesp - CAUNESP Jaboticabal, pelo apoio nas coletas e auxílio durante esse tempo. Aos amigos que fiz durante esse tempo na cidade de Jaboticabal, Thaise Mota, Thayse Michielin, Pietra Malumbres e Luiz Fernando.

República Canekão - Jaboticabal lugar que me acolheu durante o período do mestrado. A república Éter na mente - Dracena por me acolher e ser meus companheiros também em momentos mais cruciais e decisivos, durante a época de graduação e final do mestrado. Para todos os moradores desses lugares, a irmandade e carinho irão sempre permanecer.

Gabriela Carli e Paulinho Tahara por me acompanhar nas coletas e análises do projeto, ser minha amiga, escutar sobre a vida e me acompanhar durante dia a dia de análises no laboratório e passar os perrengues junto.

Piscicultura R-Fish do grupo Realiza de Uberlândia-MG por ter aberto as portas para a realização do projeto e em especial ao Luiz, José Humberto e ao André Bernardino e equipe da piscicultura.

A Carol Vasconcelos e Luciana Lacerda, por acompanhar o projeto e ajudar a desenvolver a ideia.

A Thayna Garcia (Na-dela) por me acompanhar e ser amiga pra todas as horas.

Ao Prof. Leonardo Takahashi, pelo apoio, paciência e orientação acadêmica.

À empresa Alltech pela doação do aditivo Aquate MQ^{MT}.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Enfim deixo meus sinceros obrigado a todos, que me ajudaram nessa trajetória.

Obrigado!

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo geral	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1. Produção global de pescado	4
3.2. Produção de pescado no Brasil.....	5
3.3. A nutrição na aquicultura.....	7
3.3.1. Minerais na nutrição de peixes.....	7
3.3.2. Ácidos graxos na dieta dos peixes.....	12
3.3.3. Glucanos e Mananos na nutrição dos peixes.....	13
3.4. Qualidade de pescado	15
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
4.1. Condições experimentais.....	17
4.4. Coleta do material biológico	20
4.5.1. Perdas por cozimento (<i>cooking loss</i>), capacidade de retenção de água (CRA) e perdas por descongelamento (<i>drip loss</i>)	20
4.5.2. Potencial hidrogeniônico (pH) e textura	21
4.5.3. Oxidação lipídica ou lipoperoxidação	22
4.5.4. Determinação de Bases Nitrogenadas Voláteis (BNV).....	23
4.6. Análises estatística.....	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5.1. Resultados zootécnicos	24
6. CONCLUSÃO	30
7. REFERÊNCIAS	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Formulação das dietas experimentais.	18
Tabela 2. Níveis de garantia (mínimo) do Aquate MQ™.	19
Tabela 3. Desempenho produtivo de juvenis de tilápia-do-Nilo em tanque-rede alimentados com Aquate MQ™ durante 7 e 15 dias.	25
Tabela 4. Análises físicas e químicas de filés de juvenis de tilápia-do-Nilo em tanque-rede alimentados com Aquate MQ™ durante 7 e 15 dias.	27
Tabela 5. Efeito da interação entre período de alimentação e níveis de inclusão do Aquate MQ™ em dietas para a tilápia-do-Nilo no lipoperoxidação no músculo branco.	30

RESUMO

Micronutrientes são essenciais aos peixes, atuam de forma direta e indireta no metabolismo, e conforme disponibilizados na dieta em doses e combinações diferentes podem alterar a homeostase metabólica dos peixes, refletindo no desempenho produtivo e qualidade do pescado. O presente estudo teve como objetivo avaliar a suplementação dietética de um blend de microminerais orgânicos (Zn, Fe, Cu, Mn, Se e Cr), glucomananas, mananas e ácido docosahexaenóico (DHA) no desempenho zootécnico e análises físico-químicas de filés da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) produzidas em tanque-rede. Foram avaliados dois níveis de inclusão do Aquate MQ^{MT} (0,0 e 1,5%) e dois períodos de alimentação (7 e 15 dias) anteriores ao abate. Após o período de alimentação com as dietas experimentais, foram coletados aleatoriamente 60 exemplares de tilápia-do-Nilo previamente distribuídos em 20 tanque-rede. Nessa captura foi realizada a biometria dos peixes, e em seguida a retirada dos filés. Após a filetagem os filés foram armazenados em sacos plásticos, mantidos sobre refrigeração em caixas de isopor com gelo e transportados para realização das análises de qualidade. Foram avaliados o desempenho produtivo e variáveis físico-químicas da qualidade de filés, como: *cooking loss*, capacidade de retenção de água, *drip loss*, potencial hidrogênico, rendimento de filé, textura, lipoperoxidação na musculatura branca e vermelha e concentração de bases nitrogenadas voláteis. Os resultados foram submetidos a ANOVA, tendo como fatores os níveis de Aquate MQ^{MT} e períodos de alimentação, seguido pelo teste de Tukey. Com a inclusão de 1,5% do Aquate MQ^{MT} houve diferença ($p < 0,05$) no peso final ($1,91 \pm 0,14$ kg), no ganho de peso diário ($11,32 \pm 1,25$ g), mas sem diferença ($p > 0,05$) na taxa de crescimento específico. Nas variáveis de qualidade do filé foram observadas diferenças ($p < 0,05$) no *cooking loss* ($14,11 \pm 1,51\%$), na capacidade de retenção de água ($82,98 \pm 4,12\%$) e no *drip loss* ($2,97 \pm 1,22\%$), para o potencial hidrogênico (pH) ($6,46 \pm 0,11$) e na concentração de bases nitrogenadas voláteis ($12,71 \pm 1,63$) não foram observadas diferenças ($p > 0,05$). Analisando tais resultados, podemos concluir que a estratégia pré-abate teve resultado positivo melhorando a qualidade físico-química do filé e desempenho zootécnico da tilápia-do-Nilo.

Palavras-chave: suplementação, qualidade do filé, minerais, nutrientes *Oreochromis niloticus*.

ABSTRACT

Micronutrients are fish, directly and indirectly in the metabolism of fish, contributing to the diet with doses and different qualities of metabolism can change quality homeostasis, reflecting on productive performance and fish quality. The study aimed to evaluate the supplementation of organic dietary microminerals (Zn, Fe, Cu, Mn, Se and Cr), glucomannans, mannans and docosahexaenoic acid (DHA) on the zootechnical and physicochemical performance of hilt tilapia fillets (*Oreochromis niloticus*) is sent in a net-tank. There were two levels of inclusion of Aquate MQMT (0.0 and 1.5%) and two feeding periods (7 and 15 days) prior to slaughter. After the experimental feeding period, 60 previously disclosed Nile specimens were randomly sent as a tank. In this capture, the biometrics of the fish were performed, and then the files were removed. filleting the plastics were stored in bags, the material on the vehicle in hold boxes and transported to make the quality ice pieces. They were the productive performance and physico-chemical variables of fillet quality, such as: cooking loss, water yield capacity, water yield loss, drip loss, texture, white and red musculature chemistry and base concentration. volatile nitrogen. The results were provided by ANOVA, factoring in Aquate MQMT levels and feeding periods, followed by Tukey's test. With the inclusion of 1.5% of Aquate MQMT, there was a difference ($p < 0.05$) in the final weight (1.91 ± 0.14 kg), in the daily weight gain (11.32 ± 1.25 g), but no difference ($p > 0.05$) in the specific growth rate. In the fillet quality variables, differences ($p < 0.05$) were observed without loss of cooking ($14.51 \pm 1\%$), in the ability to evaluate water ($82.98 \pm 4.12\%$) and without loss of cooking. ($2.97 \pm 1.22\%$), for the hydro potential (pH) (6.46 ± 0.11) and in the concentration of volatile nitrogenous bases (12.71 ± 1.63) no differences were observed ($p > 0.05$). Analyzing these results, it was possible to achieve a positive pre-result strategy to improve the chemical quality of the fillet and the zootechnical performance of the Nile quality.

Keywords: supplementation, fillet quality, minerals, nutrients *Oreochromis niloticus*.

1. INTRODUÇÃO

A produção mundial de pescado alcançou em 2018 aproximadamente 179 milhões de toneladas, sendo o setor que mais cresceu comparado a outros setores de produção de alimentos (FAO et al., 2020). O Brasil produziu em 2021, 802.930 toneladas, como mostra o levantamento da Associação Brasileira da Piscicultura (PEIXE BR, 2020). O Brasil apresenta um grande potencial para a prática da piscicultura, possuindo como características: clima favorável, mão de obra abundante, crescimento do pescado e espécies nativas que apresentam resultados interessantes no desempenho zootécnico (TROMBETA et al., 2020).

A produção de peixes no Brasil tem passado ao longo do tempo por uma série de mudanças e adaptações à novas tecnologias, que tem garantido um ganho de rentabilidade econômica e produtividade (BRABO et al., 2016; CARDOSO et al., 2016; PENHA et al., 2018). O setor de produção de pescado tenta aperfeiçoar os sistemas de produção, aliando-se com pesquisas científicas, abertura de linhas de crédito e melhor entendimento da legislação ambiental (SILVA, 2008).

A tilápia-do-Nilo possui inúmeras características, como resistência a doenças e pragas, adaptabilidade de cultivo, tolerância a temperaturas de 12 a 36°C, bom desempenho zootécnico e rápido ciclo de reprodução, sabor leve e suave na carne e baixo teor de gordura (SENAR, 2018). Sendo também destaques a textura firme, ausência de espinhos intramusculares e carne branca (SOUZA e MARANHÃO, 2001).

O pescado é reconhecido como um ótimo alimento devido a sua alta qualidade e quantidade de proteínas, aminoácidos essenciais, além de vitaminas, minerais e ácidos graxos essenciais (ômega 3), notoriamente também é conhecido por vários benefícios como redução de níveis inflamatórios, diminuição de doenças vasculares, entre outras (SARTORI e AMANCIO, 2012). A intensificação da aquicultura e o constante crescimento levou ao uso de dietas balanceadas que atendam às exigências nutricionais do organismo. Nos atuais sistemas de criação dos peixes, a alimentação natural não consegue atender as exigências nutricionais, sendo necessário o fornecimento de alimento exógeno como uma dieta balanceada, (CYRINO et al., 2010).

Os peixes, assim como os animais terrestres necessitam de minerais, proteínas e fontes de energia para uma bom crescimento e desenvolvimento (LOVELL, 1991). No Brasil existem muitas pesquisas relacionando o efeito nutricional de minerais em dietas para peixes, reforçando a necessidade de uma pesquisa mais aprofundada sobre nutrição mineral e os benefícios zootécnicos. Sendo assim um desafio na piscicultura é associar a nutrição animal, para atender as exigências nutricionais dos peixes e apresentar ao consumidor um produto com elevado padrão de qualidade.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a inclusão na dieta de um blend comercial composto por microminerais orgânicos (ferro, zinco, manganês, cobre, selênio e cromo), ácido docosaheptaenóico, glucomananas e mananas no desempenho produtivo e na qualidade do filé de tilápia-do-Nilo na fase de terminação em tanque-rede.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar os efeitos da alimentação por 7 e 15 dias com dietas suplementadas com blend de microminerais orgânicos e níveis de inclusão diferentes níveis (0 % e 1,5%) no desempenho produtivo da tilápia-do-Nilo de tanque-rede.
- Analisar os parâmetros físico-químico do filé de tilápia-do-Nilo em tanque-rede sob alimentação suplementada com blend de microminerais orgânicos e níveis de inclusão diferentes.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Produção global de pescado

Nos últimos 50 anos, a produção mundial tem crescido a uma taxa média anual de 3,2%, superando o avanço populacional no mesmo período em 1,6%. E o consumo per capita aparente de pescado passou de 9,9 kg/ano na década de 1960 para 19,2 kg/ano em 2012. Este cenário foi favorável por diversos fatores, como aumento de renda e da urbanização, crescimento demográfico e distribuição mais eficiente do pescado (FAO, 2018).

O pescado é a fonte de proteína de maior valor biológico, vitaminas, ácidos graxos insaturados e também apresenta baixo teor de colesterol, constituindo a opção mais saudável em relação a outras carnes (GONÇALVES, 2011). Estima-se que o pescado represente 6,5% de toda proteína consumida no planeta (animal e vegetal) e 16,7% de toda proteína animal. Estes valores são superiores comparados a outras carnes como carne suína, frango, ovino e caprino (FAO, 2019). A produção mundial de pescado em termos gerais, se estabilizou em 90 milhões de toneladas nas últimas duas décadas e deverá manter esse nível. Sendo assim a tendência é que a aquicultura seja responsável por suprir toda a demanda global por pescado nos próximos anos. Atualmente, essa atividade vem crescendo em média 6,2% ao ano, de 2000 e 2013 (FAO, 2014).

A tilápia-do-Nilo é uma espécie de ciclídeo onívoro de água doce original da África, introduzida em todo mundo de forma proposital ou acidental (EKNATH e HULATA, 2009). É uma espécie que apresenta uma série de características vantajosas como: alta taxa de densidade, sucesso em policultivos, rusticidade, capacidade de aceitar dietas de baixo custo, alto desempenho reprodutivo e alta comercialização (FAO, 2011). Possui ainda, tolerância a baixos teores de oxigênio dissolvido, altas temperaturas e elevados teores de amônia, possibilitando sua criação nos mais diferentes tipos de ambiente e sistemas de produção.

3.2. Produção de pescado no Brasil

A piscicultura brasileira vem crescendo durante as últimas décadas, tendo se firmado como importante atividade no agronegócio. O Brasil já foi considerado o país com o maior potencial para o desenvolvimento da pesca e aquicultura. Hoje o país ocupa a 13ª posição na produção de peixes em cativeiro, e é o 8º na produção de peixes de água doce (FOGAÇA, 2020). Segundo a FAO (2014), não há estatística pesqueira oficial no Brasil e os dados são obtidos por levantamentos realizados por instituições parceiras.

Dentre as regiões que mais produzem, destaca-se o Sul e o estado do Paraná, que em 2019 produziu cerca de 146.212 toneladas (33,8%) da produção nacional. O crescente aumento na produção em todas as regiões e o surgimento

de novas áreas de criação em todo o país, com novas tecnologias resultam em crescente aumento na produção nas diferentes regiões (PEIXE BR, 2020).

Apesar da grande produção e procura pela espécie, ainda existem poucos estudos relacionados a qualidade da carne de tilápia (KAYAN et al., 2015; MOAHAMED et al., 2016). As informações relativas à composição química dos peixes também são muito importantes, principalmente para nutricionistas e para o mercado consumidor cada vez mais preocupado com fontes de alimento com alto teor proteico e baixo nível de gordura, além de segurança e qualidade do produto (MOHAMED et al., 2016).

A tilápia-do-Nilo, foi introduzida no Brasil na década de 70 e tem sido pesquisada e produzida em todo o mundo. Possui características como ótimos índices zootécnicos, rusticidade, fácil domínio de produção e bom rendimento de carcaça. A produção comercial no Brasil é realizada em sistemas semi-intensivo e intensivo, tendo como principais meios produtivos o cultivo em viveiros escavados e a produção em tanque-rede (Sebrae, 2014).

Nos sistemas de produção, destacam-se no Brasil as formas de produção por meio de tanque-rede e viveiros escavados. Os tanque-rede são classificados como sistema intensivo ou superintensivos de produção, sendo dependente do fornecimento de alimentos e renovação de água. Esse método é bastante popular e eficaz, pois é mais viável economicamente, podendo ser implementado em rios, açudes, pequenas represas, reservatórios e hidrelétricas (BEVERIDGE, 2008; TEIXEIRA et al., 2009; BRABO et al., 2013; PICKLER e VIEIRA FILHO, 2018). O sistema de tanque-rede é constituído de gaiolas flutuantes inseridas dentro de reservatórios, permitindo a circulação de água, essas redes deixam o peixe em confinamento, protegendo contra os predadores (TEIXEIRA et al., 2009). Nos tanques-redes, a produção de biomassa por área é maior, os peixes têm acesso restrito ao alimento natural e o aumento na produtividade depende do fornecimento de rações balanceadas, pois a alimentação natural não é capaz de suprir as exigências dos peixes e as deficiências de nutrientes podem acarretar perdas na produtividade (ONO e KUBTIZA, 2003; GONÇALVES, 2007).

3.3. A nutrição na aquicultura

A dieta é um fator fundamental para o crescimento e manutenção de funções vitais, como respostas a estressores e defesas imunológicas de peixes. O funcionamento eficiente do organismo também depende da presença de uma variedade de nutrientes, vitaminas e minerais (JOBLING, 1994), que podem ser alterados de acordo com as condições da água, como temperatura e nível de oxigênio.

A composição da dieta fornecida aos animais, pode alterar inclusive a qualidade do pescado, produto final do processo de criação. Por isso é necessário determinar os níveis ótimos de cada nutriente para as diferentes espécies. O custo da produção de peixes tem como um dos principais componentes a dieta, que pode representar de 45 a 85% do custo total (NG; HANIM, 2007). Mas a utilização de dietas industrializadas, permite um controle maior na quantidade de vitaminas, minerais, proteína e outros componentes da dieta (FRASCÁ-SCORVO et al., 2001). E os peixes, no ambiente natural ou em cativeiro, exigem diferentes nutrientes para a manutenção de suas atividades fisiológicas.

3.3.1. Minerais na nutrição de peixes

Todas as espécies de animais aquáticos exigem elementos orgânicos ou minerais para seus processos vitais. Os estudos sobre nutrição mineral de peixes são bastante limitados comparadas com outros grupos de nutrientes. Este grupo é dividido em macrominerais e microminerais. Os macrominerais tem função da construção de ossos e tecidos (OLIVEIRA et al., 2010), regulação osmótica e outras funções metabólicas (LALL, 2002). Os microminerais são componentes com a função de hormônios e enzimas, servindo de cofatores e ativadores de uma variedade de enzimas e participando de outros processos bioquímicos (NRC et al., 2011).

Os peixes podem absorver minerais dissolvidos na água, através das brânquias e pele (LALL, 2002). Alguns minerais como: cálcio, magnésio, sódio, potássio, ferro, zinco, cobre e selênio oriundos da água podem satisfazer parte das exigências nutricionais dos peixes (NRC, 2011). Segundo Furuya (2008), a quantidade de minerais disponíveis na água não é suficiente, para atender as

exigências de peixes no sistema intensivo de produção, sendo assim é necessário a inclusão de mineiras na dieta para suprir ou atender a necessidade do animal.

Os minerais devem ser incluídos nas dietas nos níveis adequados, pois seu excesso pode causar antagonismos entre os minerais, assim como a falta pode causar a deficiência no crescimento ou até o desenvolvimento de doenças. São elementos essenciais para os processos vitais de todo animal, que necessitam dos mesmos minerais que os animais terrestres para a formação de osmorregulação, tecido e outras funções metabólicas (LALL, 2002). Os microminerais são compostos por molibdênio, selênio, cobalto, cobre, ferro, zinco e manganês e são exigidos pelos organismos dos peixes em menor quantidade. (GATLIN, 2010).

Diferentes de alguns macrominerais, os microminerais não são absorvidos por animais aquáticos a partir da água nas quantidades necessárias, sendo indispensável a suplementação na dieta para o crescimento adequado (WATANABE et al., 1997). Sendo assim o fornecimento em quantidades insuficientes de microminerais pode levar os peixes a apresentarem sinais clínicos de deficiência e em excesso pode promover a sua toxicidade (GONÇALVES et al., 2005).

O cromo é um micromineral essencial que desempenha papéis importantes nas respostas fisiológicas e nutricionais em peixes (LIU et al., 2010). A suplementação nas dietas se mostrou eficiente no aumento da proteína plasmática, albumina e globulinas e diminuição dos níveis de lipídio, glicose e colesterol, melhorando a retenção de proteína no músculo da tilápia-do-Nilo (MEHRIM et al., 2014). Tem implicações na nutrição e práticas alimentares de algumas espécies de peixes (SHIAU e LIANG, 1995), incluindo a melhoria na glicose que é absorvida e retido no corpo do peixe (SHIAU, 1998). Segundo Shiau e Liang (1995) ocorre um aumento do ganho de peso e deposição de proteínas e energia em tilápias híbridas (*O. niloticus* × *Oreochromis aureus*) alimentadas com 0,5% de cromo.

Além disso o cromo pode influenciar diferentes processos metabólicos como na deposição de proteína, uma vez que este mineral pode atuar como um cofator para a insulina, auxiliando na captação de glicose e aminoácidos pelo

musculo esquelético (PECHOCA e PAVLATA, 2007). Outro benefício metabólico inclui a ativação de enzimas hepáticas essenciais, levando a uma melhora na assimilação de carboidratos (AHMED et al., 2012). Juvenis de pacu *Piaractus mesopotamicus* alimentados com ração suplementada com até 12 mg kg⁻¹ de cromo apresentaram melhora na qualidade da carcaça (FUJIMOTO et al., 2008).

O manganês é fundamental para o desenvolvimento normal do organismo, participando em componentes essenciais das enzimas envolvidas no metabolismo dos carboidratos, das proteínas e dos lipídios e como cofator de enzimas (PRESTIFILLIPPO et al., 2007). Funciona como cofator de enzimas como a superóxido dismutase, enzimas envolvidas na oxidação da glicose, metabolismo de ácidos graxos e aminoácidos (LOVELL, 1998; SATOH et al., 2001). Em peixes e outros animais, é responsável pelo funcionamento do cérebro, prevenção de deformidades ósseas e reprodução (SATOH et al., 2001).

Arginase, piruvato carboxilase e superóxido dismutase são metaloenzimas que contém manganês, enquanto quinases, transferases, hidrolases e descarboxilases são enzimas que podem ser ativadas pelo manganês (LALL, 2002). Conforme Watanabe (1997) outra enzima dependente do micromineral é a glicosiltransferase. Dessa maneira, pode influenciar no crescimento e na concentração deste mineral no corpo do animal (PAN et al., 2008). Na deficiência de manganês ocorre a inibição da síntese de colesterol e seus precursores, limitando a síntese de hormônios sexuais (MARTIN, 1993). Pode causar também crescimento reduzido, crescimento anormal da cauda e nanismo (LOVELL, 1998; PAN et al., 2008). O excesso na dieta causa a toxicidade, quebra na homeostase do sódio, reduz a absorção e metabolismo do cálcio, pode causar disfunção no metabolismo de carboidratos e compromete a resposta imune (PARTRIDGE e LYMBERY, 2009).

O ferro tem uma participação no processo celular por meio de sua atividade de oxirredução, produção de hemoglobina, mioglobina, citocromos, transporte de elétrons e outros sistemas enzimáticos (CARRIQUIRIBORDE et al., 2004; PEZZATO et al., 2004). O peixe absorve o ferro através das brânquias, mas sua principal fonte provém da alimentação (NRC, 1993; CARRIQUIRIBORDE et al., 2004).

Em alevinos de tilápia-do-Nilo a ausência de vitamina C ou ferro na dieta, predispõe o aparecimento de anemia microcítica e hipocrômica (BARROS et al., 2002). E o ferro em excesso, liga-se ao fósforo, formando assim um composto insolúvel, que pode provocar a deficiência do mesmo. Os níveis tóxicos do ferro podem levar a danos nos hepatócitos, aumento da mortalidade e redução no crescimento (NRC, 1993; WEBSTER, 2007).

Em experimento com a truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss* utilizando a adição de ferro (100 mg kg^{-1} e 1500 mg kg^{-1}) em dietas purificadas por oito semanas, foi observado o acúmulo de ferro no estômago e intestino dos peixes alimentados com altos níveis de suplementação mineral, enquanto nas dietas normais e abaixo do recomendado ocorreu uma maior deposição nos músculos, brânquias e fígado. Também foi observado um aumento na concentração da hemoglobina corpuscular média nos eritrócitos dos peixes alimentados com níveis normais e altos de suplementação mineral (CARRAQUIRIBORDE et al., 2004).

O ferro absorvido liga-se rapidamente a transferrina e é levado para sítios específicos para metabolização ou armazenagem. O fígado tem o papel fundamental de armazenamento, resgatando a quantidade circulante do metal que excede a capacidade de ligação a transferrina. As células do fígado possuem receptores para hemoglobina, heme, transferrina e ferritina capturando ferro dessas moléculas. A ferritina é constituída de aproferritina e ferro que é a principal proteína envolvida no armazenamento do mineral. Quando excedida a capacidade de armazenamento da molécula ocorre o depósito de amorfo e instável de ferro chamado hemossiderina (BONKOVSKY, 1991; DEVLIN, 1998).

De acordo com Faa (2008), o zinco é fundamental para o funcionamento celular, participando do metabolismo, divisão celular, síntese de DNA e proteínas, regulação de expressão gênica e manutenção estrutural de biomembranas. Serve também para a cicatrização, crescimento e manutenção do tecido conjuntivo, produção de prostaglandinas, mineralização óssea, produção de insulina, funções cognitivas e coagulação de sangue (CHIRANJIB e KUMAR, 2010).

Participa também como cofator de importantes sistemas enzimáticos e é o principal componente para metaloenzimas como a anidrase carbônica, álcool

desidrogenase, desidrogenase glutâmica, D-gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase, lactato desidrogenase, malato desidrogenase, fosfatase alcalina, superóxido dismutase e DNA polimerase (LIM et al., 2001; HISANO et al., 2004; NRC, 2011). De acordo com Lall (2002) este micromineral está envolvido no metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídios.

Os peixes não possuem a atividade de fitase suficiente, enzima responsável pela hidrólise do fitato. Sendo assim, mesmo em dietas contendo altas concentrações de zinco endógena, é recomendada a suplementação de zinco nas rações com ingredientes de origem vegetal ricos em fitato (SÁ et al., 2004). Em juvenis de tilápia-do-Nilo observou-se uma relação positiva do fornecimento de zinco na dieta com a taxa de crescimento corporal, sendo a exigência maior na fase inicial da vida dos animais, visto que nesse período, sua taxa de crescimento é mais elevada (SÁ et al., 2005).

O cobre é essencial para os peixes, pois é fundamental para inúmeras metaloenzimas envolvidas em reações metabólicas, dismutase, tirosinase, produção de energia celular, proteção das células dos radicais livres, síntese de colágeno e produção de melanina (LALL, 2002). Devido a inter-relação do cobre com o metabolismo do ferro no organismo podem ocorrer vários sinais clínicos de deficiência de cobre associada a deficiência de ferro, podendo ser observado uma ligação entre esses minerais (HAYS e SWENSON, 1996). Dietas deficientes em cobre acarretaram crescimento reduzido, catarata e redução na atividade de enzimas cobre-dependentes, como superóxido dismutase e a citocromo oxidase (SHIAU e NING, 2003; LIN et al., 2008).

A toxicidade aguda do cobre pode lesionar as brânquias, assim como o fígado e o rim (BAKER, 1969). De acordo com WATANABE (1997) a toxicidade leva a redução no crescimento, piora na conversão alimentar, danos e necrose do fígado e rins em truta arco-íris. A quantidade de cobre exigida para o desenvolvimento da tilápia-do-Nilo é de 4 mg kg⁻¹ (FURUYA et al., 2010).

O selênio é um micromineral essencial para os peixes pois atua como fator de crescimento e metabolismo. Possui funções biológicas importantes como antioxidante, propriedades anticancerígenas, imunidade e fertilidade (PEZZATO et al., 2004; RAYMOND e RALSTON, 2004; UNDERWOOD, 1999). Apresenta um importante papel como constituinte da glutathione peroxidase,

enzima com destacada atividade antioxidante, que atua em sinergismo com vitamina E no combate aos radicais hidróperóxidos (FRACALOSSI e CYRINO, 2012).

Tanto o excesso como a deficiência de selênio na dieta podem resultar na redução do crescimento, produção de anticorpos e fertilidade (PIEDRAS et al., 2005). Conforme Furuya (2010), para um bom desenvolvimento e crescimento da tilápia-do-Nilo, o selênio é exigido na concentração de 0,25 mg kg⁻¹.

3.3.2. Ácidos graxos na dieta dos peixes

As famílias de ácidos graxos ômega-3 (n-3) e ômega-6 (n-6) são encontradas sobretudo em óleos vegetais, que consistem em ácidos graxos poliinsaturados, contendo de 18 a 22 carbonos (OLSEN, 1998). A referência a ômega tem relação com a posição da primeira dupla ligação, contando com o grupo metílico final da molécula de ácido graxo (WILEY e SONS, 1979). Os principais ácidos graxos ômega-3, são os ácidos linolênicos, ácido eicosapentaenóico (EPA) e o ácido docosahexaenóico (DHA) e os principais ômega-6, são o ácido linoléico e o ácido araquidônico (KINSELLA, 1990; MAYSER et al., 1998). Entre as principais funções dos ácidos graxos para os peixes estão o depósito de energia e o aspecto das membranas celulares, sendo também precursores das substâncias como prostaglandinas, leucotrienos e tromboxanos (BELDA e CAMPOS, 1991; HARRY, 1999; NEURINGER et al., 1986; LIN et al., 1993).

As necessidades destes ácidos nas diversas espécies de peixes vêm sendo estudada desde os anos 60 (NICOLAIDES e WOODALL, 1962). Através da dieta é possível alcançar melhores relações de ômega 3 e 6 no músculo dos peixes. A distribuição, composição e a relação entre os ômega 3 e 6 são influenciadas nos peixes por basicamente três fatores: ambientais (salinidade e temperatura), genéticos (espécies, fases de desenvolvimento e entre outros) e principalmente nutricional (JUSTI et al., 2003).

A composição de ácidos graxos dos peixes de água doce é caracterizada por altos níveis de ômega-6, especialmente ácido linoléico e ácido araquidônico. Comparando os peixes de água doce com os peixes marinhos, a quantidade de

ácidos graxos ômega-3 é inferior à de ácidos graxos ômega-6 (STEFFENS, 1997). Isto está relacionado a alimentação dos peixes de água doce, que se alimentam de fitoplâncton, que possuem maior quantidade de ácidos graxos, e larvas de insetos e crustáceos, que são ricos em ácido linoléico, ácido alfa-linolênico e ácido eicosapentanoico (SUÁREZ-MAHECHA et al., 2002). Salinidade e temperatura influenciam de maneira bastante acentuada em diferentes espécies de peixes, afetando as exigências de ácidos graxos. Adaptação dos peixes a queda de temperatura está no mecanismo ao estresse térmico, alterando a composição do ácido graxo dos fosfolipídios de membranas celulares para manter a fluidez, e a resposta para essas mudanças significativas para o estresse é o aumento de níveis de ácidos graxos, como observados em carpa (*Cyprinus carpio*) e truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (TOCHER, 2003).

3.3.3. Glucanos e Mananos na nutrição dos peixes

O crescimento da piscicultura no Brasil está relacionado a intensificação da produção, onde se preconiza sistemas de altas densidades de estocagem e o fornecimento de altas quantidades de ração e diferentes tipos de manejo, acarretando em aumento de doenças e infecções nos peixes (CYRINO et al., 2010). Assim foram criadas estratégias para minimizar as perdas por doenças bacterianas, como o uso de antibióticos e quimioterápicos que tem ajudado a controlar agentes infecciosos, promovendo assim um maior crescimento, podendo ser inserido na dieta ou diretamente na água (BELEM-COSTA e CYRINO, 2006). Entretanto a seleção indesejada de bactérias resistentes pode ser ocasionada por doses subterapêuticas abusivas, causando também desequilíbrio bacteriano no intestino do animal (YOUSEFIAN e AMIRI, 2009). O uso inadequado desses produtos pode ocasionar acúmulo de resíduos nos órgãos e tecidos animais e humanos (MOTA et al., 2005). Desta forma os imunostimulantes tem recebido uma atenção especial na aquicultura, destacando o uso de produtos naturais, como exemplo, as leveduras e seus derivados.

As leveduras são microrganismos unicelulares, com reprodução de forma sexuada e assexuada e que apresentam melhor desenvolvimento em

fermentação alcoólica (HORII, 1999). São consideradas como uma das fontes mais antigas de proteínas unicelulares, sendo amplamente usada na alimentação animal e vegetal, com destaque para *Saccharomyces cerevisiae* (BARBALHO, 2009).

Os glucanos e mananos são derivados da parede celular de levedura *Saccharomyces cerevisiae* (GANGULY et al., 2013), e tem demonstrado resultados positivos em diferentes espécies de peixes, como melhora na morfologia da mucosa intestinal e conversão alimentar, ativação do sistema imune, aumento da resistência a infecção bacteriana e aumento no crescimento (SCHWARZ, 2011; TORRECILLAS, 2007).

Os glucanos são blocos de glicose unidos por meio de ligações β (1-3) e β (1-6), encontrados nas células de levedura e fungos. Nos peixes, o β -glucano pode favorecer a estimulação de defesas não específicas, induzindo a atividade fagocitária dos macrófagos e aumentando a sua capacidade de defesa contra patógenos, e aumentando na produção de proteínas do sistema complemento e da lisozima (PAULSEN et al., 2001; GOPALAKANNAN e ARUL, 2010). Os β -glucano fazem parte das estruturas da parede celular de fungos, leveduras e de alguns cereais (CAMILLI; TABOURET; QUINTIN, 2018; SILVA, et al., 2006). Integrando a grupos das fibras musculares, os benefícios fisiológicos a saúde de humanos e animais são de imunoestimulantes e efeito probiótico. Tendo a função de manutenção da saúde intestinal por através da conservação de sua microbiota, no seu desenvolvimento imunológico e em níveis sistêmicos e locais (LAM; CHEUNG, 2013).

Após diversas descobertas de isolamento e purificação, propriedades benéficas dos compostos presentes nas leveduras foram desenvolvidas para a utilização destes como nutrientes funcionais (FREIMUND et al., 2003). Esses compostos incluem nucleotídeos, nucleosídeos, aminoácidos, fibras, lipídios, ácidos ribonucleicos, glucanos, mananos e glicogênio (SARWAR et al., 1985).

Os mananos em relação ao desempenho produtivo, atuam indiretamente no crescimento por meio da modulação da microbiota intestinal, sendo assim, aumentando a integridade das vilosidades e resistências às bactérias patogênicas, consequentemente aumentando a eficiência da digestão e absorção (FERNANDEZ et al., 2002; ANDREWS et al., 2009; DIMITROGLOU et

al., 2009). Já a suplementação dos glucanos pode afetar o desempenho produtivo por meio da melhora na digestibilidade das rações, causando a melhoria no ganho de peso e conversão alimentar (BURR et al., 2008).

A produção de peixes exige um maior controle, como o fornecimento de dietas balanceadas e melhoria nas condições de saúde dos peixes, e o uso de imunostimulantes, reduzindo problemas como estresse e surgimento de doença (RINGO et al., 2010). Os diferentes resultados dos estudos com os glucanos e mananos podem estar relacionados com as diferenças na estrutura química dos imunostimulantes, origem, nível de inclusão na dieta, processo de obtenção, espécie e condição experimental (REZA et al., 2009). Entretanto Sado et al. (2008), ressaltam que as ações dos polissacarídeos produzidos a partir da parede celular de levedura, podem variar de acordo a sua estrutura e diferenças nos processos de fermentação e tratamento do produto, causando assim uma diferença nos resultados de desempenho.

3.4. Qualidade de pescado

O crescente interesse pelo consumo de pescado está vinculado às informações sobre valor nutricional e benefícios observados em populações que possuem o pescado como base da alimentação, habito como maior fonte de proteína (BURGER, 2008; MACIEL et al., 2013). O consumo regular de pescado em estudos epidemiológicos tem demonstrado efeitos favoráveis nos níveis de triglicerídeos, pressão sanguínea, mecanismos de coagulação, prevenção de câncer (próstata, mama e cólon), redução dos riscos de depressão, doenças inflamatórias, ansiedade, integridade das membranas celulares e tecidos nervosos (SOUZA et al., 2003).

O avanço no setor da comunicação e expansão aquícola têm sido os principais contribuintes para o crescimento da inclusão deste alimento na dieta da população brasileira (GONÇALVES et al., 2008; BRABO et al., 2016). O consumo brasileiro é diferente entre as regiões e as principais causas são a economia, questões culturais e a indisponibilidade de produtos de fácil preparo que atendam a sociedade em quantidade e qualidade (MENDONÇA et al., 2017). O pescado apresenta um excelente nível de quantidade e qualidade de proteínas

e além de um teor elevado de ácidos graxos poli-insaturados, sendo um alimento mais saudável do ponto nutritivo (LAMBOOIJ et al., 2008).

A qualidade se refere às características que tornam os alimentos aceitáveis para os consumidores. De acordo com Nunes, Batista e Cardoso (2007) a qualidade do alimento é determinada por diversos fatores e aspectos e o termo “qualidade de pescado” dentro da cadeia produtiva do pescado pode ser representado por diversos aspectos. Contudo, a qualidade é sinônimo de frescor e aparência e se refere ao grau de integridade em que o pescado se encontra. O foco para as autoridades governamentais está voltado principalmente para os possíveis riscos à saúde, significando a ausência de agentes como parasitas, organismos patogênicos e compostos químicos (HUSS et al., 1988).

Na análise da qualidade do pescado combina-se o método sensorial e o método não sensorial, sendo classificados como método subjetivo e objetivo (SOARES e GONÇALVES, 2012). No método objetivo estão as análises, físico-químicas e microbiológicas. O objetivo final é atingir um bom padrão e caracterização do produto de pescado para a comercialização e assim garantir e atingir a expectativa do consumidor final (MACEDO-VIEGASM et al., 2004).

De uma forma geral a carne do pescado apresenta uma ótima composição nutricional. A constituição da carne de peixe pode ser influenciada por muitos fatores como a espécie, o gênero, o estado fisiológico, o tamanho, o ambiente e época do ano. A composição centesimal química é muito próxima em relação a outras espécies como carne suína, bovina e de aves, em que o principal constituinte é a água, variando com percentuais de 60 a 85%, seguido de proteína, aproximadamente 20%, lipídios variando de 0,6 a 36% e carboidratos em torno de 0,3 a 1% (CORRÊA et al., 2016).

O método de avaliação físico é necessário para a indústria de pescado, pois pode refletir a qualidade também durante a estocagem do produto, garantindo o seu estado sanitário e higiênico, aumentando o seu tempo de prateleira. Já o método bioquímico pode ser utilizado para avaliar as transformações bioquímicas existentes nos pescados, como alteração em compostos como amônia e teor de nitrogênio não proteico (EMBRAPA, 2009).

Os métodos físico-químicos são utilizados para quantificar a formação de compostos de degradação do pescado, entre os métodos físicos estão: tensão das fibras musculares, propriedades elétricas, viscosidade, dureza, cor e textura e entre os químicos são avaliados o pH, nitrogênio das bases voláteis totais, nitrogênio de trimelmina, hipoxantina, aminas e aminoácidos livres (BRASIL, 2019).

Apesar da crescente evolução no consumo e a complexidade da decomposição do pescado, é injusto adotar apenas um método como uma avaliação de qualidade, sendo assim é necessário utilizar várias metodologias em conjunto. Poucas pesquisas sobre a qualidade do pescado foram desenvolvidas, sendo necessário um estudo mais aprofundado, evitando perdas econômicas a indústrias e consumidor.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Condições experimentais

O estudo foi conduzido em uma piscicultura comercial produtora de tilápia-do-Nilo em tanque-rede (R-Fish), localizada na cidade de Uberlândia-MG, na extensão do Rio Araguari, represa Capim Branco (18°48'54.8"S 48°06'49.2"W). A piscicultura possui um total de 120 tanque-rede de 108 m³, com capacidade total de 83,3 peixes/m³ e uma densidade de estocagem de aproximadamente 9.000 peixes por tanque.

Para a realização do experimento foram utilizados 20 tanque-rede de 108 m³ (densidade de 83,3 peixes/m³) foram utilizados no experimento, sendo retirado 3 peixes de cada tanque-rede (com peso médio de 1.028 ± 170 g e comprimento médio de $35,9 \pm 2,2$ cm) utilizando-se 60 exemplares no total de tilápia-do-Nilo.

4.2. Dietas experimentais

Foram formuladas duas dietas experimentais isoprotéicas e isoenergéticas (Tabela 1), seguindo as recomendações de Furuya et al. (2010), com dois níveis de inclusão de 0% e 1,5% do produto Aquate MQ™ (Alltech®, Nicholasville, KY, USA) adicionados na dieta. O produto comercial é composto

por: ferro, glucomananos, mananas, zinco, manganês, cobre, selênio e cromo em diferentes concentrações, conforme Tabela 2.

Os animais foram alimentados com as dietas experimentais durante 7 e 15 dias, quatro vezes ao dia (8h00; 11h00; 13h00 e 16h00). A quantidade ofertada de ração foi calculada através da biomassa dos tanque-rede e o número total de peixes, sendo corrigido semanalmente.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos em arranjo 2x2, correspondendo aos dois níveis de inclusão do Aquate MQ™ (0,0 e 1,5%) e dois períodos de alimentação (7 e 15 dias), com 5 repetições por tratamento.

4.3. Desempenho produtivo

Antes do início da alimentação com as dietas experimentais e após 15 dias de experimento, os animais foram submetidos a biometria e os seguintes parâmetros foram avaliados:

- **Ganho de peso diário**

$GPD = \text{ganho de peso (g)} / n^{\circ} \text{ dias};$

- **Consumo diário**

$\text{Consumo diário} = \text{consumo de alimento} / n^{\circ} \text{ dias};$

- **Conversão alimentar**

$CA = \text{consumo de alimento (g)} / \text{ganho de peso(g)};$

- **Taxa de crescimento específico**

$TCE (\%) = 100 [(\ln \text{ peso corporal final} - \ln \text{ peso corporal inicial}) / \text{dias experimentais}].$

Tabela 1. Formulação das dietas experimentais.

Ingredientes (%)	Dieta 0% Aquate	Dieta 1,5% Aquate
Milho grão	24,1	22,4
Farelo de soja 45 %	21,0	21,1
Farinha de carne e osso 45%	16,3	16,3
Farinha de peixe 55%	15,0	15,0

Sorgo baixo tanino	15,0	15,0
Farinha de sangue	4,0	4,0
Óleo de peixe	2,6	2,6
Aquate™MQ ²	0,0	1,5
Sal comum	1,0	1,0
Mistura mineral e vitamínica ¹	0,8	0,8
L- Treonina	0,18	0,18
DL-Metionina	0,18	0,18
L-Lisina HCL	0,07	0,06
Composição Estimada (%)		
Proteína bruta	32,11	32,05
Proteína digestível	28,16	28,12
Amido	27,19	26,10
Gordura	7,50	7,50
Cálcio	3,08	3,09
Fenil+Tir.	2,39	2,39
Arginina	2,29	2,29
Fibra bruta	2,06	2,06
Fosforo	1,60	1,60
Valina	1,60	1,44
Leucina	1,09	2,39
Isoleucina	1,09	1,08
Histidina	0,83	0,83
Triptofano	0,32	0,32

¹Premix MCassab, níveis de garantia do produto: vitamina A, 12000 UI; vitamina D, 3000 UI; vitamina E, 150 mg; vitamina K, 30 mg; vitamina B1, 20 mg; vitamina B2, 20 mg; vitamina B6 ,25 mg; vitamina B12, 40 mg; vitamina C, 700 mg; ácido fólico ,6mg; ácido pantotênico ,50 mg; niacina ,100 mg; biotina, 1 mg ; colina, 600 mg; Inositol, 400 mg; Cu, 18 mg; Fe, 80 mg; I, 0,8 mg ; Co, 0,6 mg; Mn 50 mg; Se, 0,5 mg ; Zn, 120 mg. ²AquateTMMQ *blend* de microminerais, com níveis de garantia mínimos: ferro (22,5 g kg⁻¹), zinco (8010 mg kg⁻¹), manganês (2670 mg kg⁻¹), cobre (660 mg kg⁻¹), selênio (60 mg kg⁻¹) e cromo (40 mg kg⁻¹), DHA (66,1 g kg⁻¹), glucomananas (18 g kg⁻¹) e mananas (16,8 mg kg⁻¹). Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 2. Níveis de garantia (mínimo) do Aquate MQ™.

Ingredientes	Concentração
DHA	66,1 g/kg
Ferro	22,5 g/kg
Glucomananas	18,0 g/kg

Mananas	16,8 g/kg
Zinco	8.010 mg/kg
Manganês	2.670 mg/kg
Cobre	660 mg/kg
Selênio	60 mg/kg
Cromo	40 mg/kg

Fonte: ALLTECH do Brasil Agroindustrial LTDA.

4.4. Coleta do material biológico

Após o período de alimentação, 3 peixes de cada tanque-rede, previamente submetidos a 24 horas de jejum, foram insensibilizados com imersão em água e gelo (1:2) a fim de obter dados biométricos. Realizada a biometria dos peixes, os animais foram filetados pós rigor-mortis, no mesmo local do experimento. No processo de filetagem foram retirados os filés do lado direito e esquerdo através de um corte no sentido crânio-caudal, seguindo a espinha dorsal, até a nadadeira caudal do peixe, sempre com a faca deitada. Em seguida, as peles foram retiradas. Este processo foi realizado manualmente por uma única pessoa, uma filetadora profissional contratada para esta finalidade.

Posteriormente os filés foram individualmente armazenados em sacos plásticos, identificados e mantidos sob refrigeração em caixas de isopor contendo gelo filtrado na proporção 1:2 (1 peixe e 2 gelos), até serem transportados à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT), campus de Dracena, para avaliação de parâmetros físico-químicos do filé.

4.5. Qualidade do filé

4.5.1. Perdas por cozimento (*cooking loss*), capacidade de retenção de água (CRA) e perdas por descongelamento (*drip loss*)

Para a determinação de perdas de peso por cozimento (*cooking loss*), foram utilizados os filés da musculatura esquerda (lado esquerdo) de cada tratamento, foram pesados (peso amostra fresca), as amostras foram acondicionadas em sacos plástico e em seguida colocados em banho-maria à

85° C, onde foram deixados por aproximadamente 5 minutos de acordo com uma adaptação da metodologia de Honikel (1987). Logo após este procedimento, as amostras foram removidas do banho-maria e resfriadas até a temperatura ambiente de 25° C, com a temperatura verificada por termômetro infravermelho, sendo novamente pesadas para a determinação do *cooking loss* calculado pela equação:

$$\text{Cooking Loss (\%)} = \frac{(\text{Peso da amostra fresca} - \text{Peso da amostra cozida}) \times 100}{\text{Peso da amostra fresca}}$$

A determinação da capacidade de retenção de água (CRA) foi realizada em amostras de filé fresco de aproximadamente 2 g de filé (lado direito), colocadas em papéis filtro circulares e pressionados entre duas placas de plásticos sob um peso de 10 kg durante 5 minutos, de acordo com a metodologia Hamm (1960) adaptada. A CRA foi expressa em porcentagem e calculada conforme a fórmula:

$$\text{CRA (\%)} = \frac{(\text{Peso amostra final}) \times 100}{\text{Peso amostra inicial}}$$

A determinação da perda de peso pelo descongelamento (*drip loss*), foi definida pela diferença gravimétrica entre o filé congelado e o filé descongelado, mantidos em refrigerador por 48 h à 4° C em sacos plásticos suspensos identificados conforme descrito por Honikel (1998). Nesta análise foram utilizados filés do lado direito. Os resultados foram expressos em porcentagem entre perdas do peso inicial e final, conforme a equação:

$$\text{Drip loss (\%)} = \frac{(\text{Peso inicial da amostra}) - (\text{Peso final da amostra}) \times 100}{(\text{Peso inicial da amostra})}$$

4.5.2. Potencial hidrogeniônico (pH) e textura

A partir dos filés coletados, o pH foi determinado pelo método descrito por Beltrán et al. (1997), com medições feitas por um pHmetro digital Hanna

(Modelo HI 99163, Woonsocket, USA), com eletrodo combinado para leitura em triplicata com perfurações em um ponto de cada repetição, em filés frescos (lado esquerdo). O pHmetro foi brevemente calibrado antes do uso, com a solução tampão 4,1 e 7,1.

A textura da carne foi avaliada através da força de cisalhamento dos filés cozidos do lado direito em um texturômetro (CT3 Brookfield, USA), com célula de carga de 25 kg, equipado com lâmina Warner Bratzler de espessura de 3,0 mm e largura de 70 mm, aplicada transversalmente às fibras para a obtenção da força de corte da carne. O instrumento foi operado com velocidade do teste de 2 mm s⁻¹, seguindo metodologia de Sigurgisladdottir et al. (1999) adaptada. A espessura do filé de tilápia cozido varia da cabeça para a cauda, sendo necessária precisão no preparo da amostra, que foi cortada em cinco pedaços cuboides de tamanho igual (2 x 2 x 1 cm, comprimento x largura x espessura), acima da linha lateral. A força de cisalhamento foi expressa em quilograma-força (kgf).

4.5.3. Oxidação lipídica ou lipoperoxidação

Os ensaios usados para avaliar a concentração de hidróxido foram realizados seguindo a metodologia de Hermes-Lima et al. (1995), que se baseou na oxidação do Fe (II) a Fe (III) por peróxidos lipídicos em condições ácidas na presença do corante Fe (III) complexante, o xilenol laranja.

Dos peixes abatidos foram retirados 10 g de cada filé do musculo branco e do musculo vermelho. Após a pesagem dos respectivos músculos (branco e vermelho) foram colocadas junto a solução de 50 mL de TCA (ácido tricloroacético) a 7,5%, homogeneizados durante 5 minutos utilizando-se um misturador Ultra-Turrax. Em seguida, esta mistura foi filtrada no papel filtro em balão volumétrico de 50 mL, após a filtração foram retirados uma alíquota de 5 mL e misturados com a solução TBA (0,020 mol/L) e colocado em banho maria (100 °C) por 10 minutos, em seguida esfriada em banho de gelo. A absorbância das amostras foi determinada a 595 nm de comprimento de onda, em duplicata e expressa em CHPE/g (cumeno hidroperóxido por grama), utilizando-se como base uma curva padrão feita com TEP (tetraetoxipropano). A concentração de

hidroperóxidos lipídicos (substâncias reativas do FOX) foi expressa em termos de equivalentes de cumeno hidroperóxido por grama de tecido (CHPE/g) através da fórmula:

$$CHPE/g = \frac{(Abs. Amostra / Abs. 5 \text{ nmol CHP}) \times 10 \text{ nmol CHPE} \times 1000}{V \times 10}$$

V = volume do extrato de amostra usado 10 = fator de diluição 1:5 g/v.

4.5.4. Determinação de Bases Nitrogenadas Voláteis (BNV)

A metodologia usada para verificar a concentração de bases nitrogenadas voláteis (BNV) foi de Contreras-Guzman (1988). Os métodos químicos para a determinação do frescor baseiam-se em diversos compostos gerados pelas mudanças dos compostos musculares originais, causados por enzimas exógenas ou endógenas (CONTRERAS-GUZMÁN, 1988).

Para a determinação do BNV, foram pesadas amostras de 10 g de filé, trituradas e transferidas para um Becker. Às amostras foram acrescentados 120 mL de TCA 5% (ácido tricloroacético), homogeneizadas por 5 minutos e mantidas em repouso por 30 minutos. Depois da decantação, foi realizada a filtragem e transferência de 20 mL do filtrado para tubo digestor de proteínas (duplicatas). Para o processo do tubo digestor, foi adicionado 1 g de MgO (óxido de magnésio) e 20 mL de H₃BO₃ (ácido bórico). No aparelho micro-Kjeldahl foi destilado aproximadamente 70 mL. Para a titulação foi usado o HCl (ácido clorídrico) verificando a mudança de cor de azul para rosa claro. O cálculo usado para expressar o BNV (em mg N/100 g de músculo) foi realizado através da fórmula:

$$BNV = \frac{mL \text{ de HCL} \times N \times 14 \times 100 \times 134}{10 \times 20}$$

ml de HCl é o volume de ácido gasto.

N = normalidade do HCl.

134 corresponde à fração líquida total que estaria contida em 10 g de peixe extraídos com 120 mL de TCA 5%. Considera-se que em média a carne de peixe tenha 70% de água, logo, 20 g contribuiriam com 14 g de água, que somada a 120 mL resulta em 134 de fração líquida total.

4.6. Análises estatística

Os resultados, após o teste de normalidade e homogeneidade de variância, foram submetidos a análises de variância (ANOVA) de duas vias com os níveis de Aquate MQ e períodos de alimentação como fatores, seguido pelo Teste de Tukey para identificar diferenças entre as médias. Os efeitos dos tratamentos foram considerados significativos em $p < 0,05$. Todas as análises foram realizadas por meio do pacote de software Statistical Analysis Systems versão 1.2 do Rstudio Team (Rstudio, Inc., Boston, MA, 2018).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental de 15 dias, não foram observadas mortalidades dos peixes alimentados com as dietas experimentais.

5.1. Resultados zootécnicos

Os resultados zootécnicos estão correlacionados a biodisponibilidade dos microminerais presente na dieta. Sabe-se que a biodisponibilidade de um nutriente indica quanto foi efetivamente utilizado pelo organismo para suas funções metabólicas (WATANABE et al., 1997). Vários fatores podem influenciar a biodisponibilidade dos nutrientes e minerais na dieta entre eles, o tamanho da partícula, a forma do nutriente, a digestibilidade da dieta, e as condições fisiológicas e patológicas (WEBSTER e LIM, 2015). E em virtude desses fatores, 1,5% de inclusão do Aquate MQ™ apresentou uma melhor disponibilidade para as tilápias, promovendo consequentemente melhores índices zootécnicos. De acordo com Conte (2002) para a piscicultura o gasto com a compra de ração balanceada comercialmente pode chegar a 70% do custo dessa atividade. Logo, é de extrema importância buscar soluções para minimizar esses custos, através

de diagnósticos precisos da conversão alimentar, quantidade de ração fornecida, usos de técnicas de manejo que visem à redução dos custos.

Tabela 3. Desempenho produtivo de juvenis de tilápia-do-Nilo em tanque-rede alimentados com Aquate MQ™ durante 7 e 15 dias.

Variáveis	Aquate MQ		Alimentação		SEM	Two-way ANOVA		
	0%	1,5%	7 d	15 d		Aquat.	Alim.	Int.
PF (kg)	0,91b	1,91a	1,02	1,07	0,04	<0,001	0,395	0,07
GPD (g dia ⁻¹)	8,81b	11,32a	9,42b	10,70a	0,35	<0,001	<0,001	0,05
TCE (%)	1,04	1,01	1,01	1,05	0,02	0,231	0,231	0,05
CONS (g dia ⁻¹)	11,40b	15,56a	12,85b	14,11a	0,54	<0,01	<0,01	0,05
CA	1,29	1,38	1,36	1,31	0,02	0,074	0,338	0,506

Valores são representados em médias. Letras minúsculas indicam médias estatisticamente diferentes entre os dias de alimentação pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

No peso final (PF) foram observadas diferenças ($p < 0,05$) entre os níveis de inclusão do Aquate MQ™ (Tabela 3), sem efeito da interação ou do período de alimentação. Sendo observado que a alimentação de 1,5 % resultou em maior PF comparado aos peixes sem a inclusão do Aquate MQ. **No ganho de peso (GPD)** foi observado diferenças ($p < 0,05$) entre os níveis de inclusão do Aquate MQ™, sem efeito de interação, sendo para os peixes que receberam as dietas com 1,5 % Aquate MQ™, um incremento de 11,32 g/dia. Mostrando um GPD aos 15 dias 13,5 % maior, comparado aos peixes alimentados por 7 dias. Resultados de desempenho produtivo semelhantes foram observados por Carvalho et al. (2010), quando alimentaram tilápia-do-Nilo em tanque-rede em uma represa pública, através de um modelo empírico de classificação com GDP de 7,23 g/dia. Contudo Moraes et al. (2009) avaliou o desempenho zootécnico da tilápia-do-Nilo cultivada em tanque-rede com diferentes rações comerciais e encontraram ganho de peso diário de 5,20 a 5,67 g/dia. A variação do crescimento dos peixes pode ser atribuída por diversos fatores como por exemplo, consumo de ração, estresse devido a densidade de estocagem elevado e outros fatores de crescimento (MARENGONI et al., 2017).

Na taxa de crescimento específico (TCE) não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) entre os níveis de Aquate MQ™ e dias de alimentação, como

mostra a Tabela 3. Em trabalhos semelhantes realizado pelo grupo de pesquisa a utilização de 1,0% do Aquate MQ™ nas dietas também não resultou em diferenças significativas na taxa de crescimento específico (MIGUEL, 2020). De acordo com Carmo et al. (2008), a taxa de crescimento está associada diretamente com a idade, demonstrando que quanto menor for o peso do peixe, maior será a velocidade de crescimento em função do alimento transformado em massa muscular. Sendo neste estudo a taxa de crescimento menor, pois os peixes estavam próximos ao período final de abate, e além, o curto intervalo de avaliação do produto para esta fase.

Porém, o **consumo da dieta (CONS)** com a suplementação de 1,5% do Aquate MQ™ 1,5 % foi superior, quando comparado ao consumo da dieta sem suplementação e nos dias de alimentação de 15 dias comparados com 7 dias, isto é, devido a que as mananas que compõe o produto Aquate MQ™, é um açúcar, e possivelmente pode ter promovido maior atratividade e palatabilidade, resultando em maior consumo (RODRIGUES et al., 2015).

Não foram observadas diferenças ($p>0,05$) na **conversão alimentar (CA)** obtida entre 1,29 a 1,38 para os diferentes tratamentos. De acordo com Dos Santos (2015) a conversão alimentar foi de 1,22 em tilápias alimentadas com microalga *Schizochytrium* sp. Já Pádua (2000) observou valores de 1,6 a 1,8 na produção em tanques-rede.

Resultados similares foram relatados por SANCHEZ et al. (2017), mostrando um desenvolvimento satisfatório em juvenis de tilápia-do-Nilo, alimentados com dietas suplementadas com diferentes níveis de complexo mineral e vitamínico, apresentando melhor desempenho produtivo no maior nível de suplementação (4,0%). Já Pierri (2020) avaliando a suplementação dietética com microminerais orgânicos (Fe, Zn, Cu, Mn e Se) em juvenis de tilápia-do-Nilo não observou diferença significativa no crescimento e conversão alimentar dentro das diferentes concentrações, mas o excesso (75 a 100%) de inclusão do complexo mineral possivelmente causou um desequilíbrio no metabolismo dos metais, alterando a homeostase.

5.2. Perdas de peso por cozimento (*cooking loss*), Capacidade de retenção de água (CRA), Perdas de peso do descongelamento (*Drip loss*) e Lipoperoxidação

No *cooking loss* foram observadas diferenças ($p < 0,05$) entre os níveis de inclusão do Aquate MQ™ (Tabela 4), sem efeito da interação ou do período de alimentação. Foram observadas menores *cooking loss* nos peixes que receberam a dieta com 1,5% do Aquate MQ™ em relação ao grupo sem a inclusão do Aquate MQ. De acordo com Bouton et al. (1971) o *cooking loss* é influenciado diretamente pela capacidade de retenção de água (CRA). Segundo Freire et al. (2016) no processo de *cooking loss* várias características são alteradas, como teores de umidade, gordura e proteína, influenciando assim o rendimento final do filé avaliado.

O *cooking loss* ocorre durante o processo de preparo da carne para o consumo. A perda de água é causada pelo aumento da temperatura de 25 e 50 °C, depois diminuindo na faixa de 45-50 °C e permanecendo constante ao elevar-se a temperatura (OFSTAD et al., 1995). As alterações do aquecimento causam nas proteínas miofibrilares o aumento do volume protéico, ocasionando um aumento na retenção de água (WILDING et al., 1986). Durante o processo de cocção ocorre a perda líquida, onde se encontra parte de vitaminas e minerais, alterando seu valor nutritivo e sua qualidade sensorial, deixando mais secos e menos macio para o consumidor (GONÇALVES, 2004).

Tabela 4. Análises físicas e químicas de filés de juvenis de tilápia-do-Nilo em tanque-rede alimentados com Aquate MQ™ durante 7 e 15 dias.

Variáveis	AquateMQ		Alimentação		SEM	Two-way ANOVA		
	0%	1,5%	7 d	15 d		Aquat.	Alim.	Int.
CL (%)	14a	12b	13	12	0,4	0,010	0,200	0,394
CRA (%)	79b	83a	78b	83a	0,9	0,001	0,001	0,161
DL (%)	3a	1,9b	2,2	2,7	0,2	0,020	0,200	0,310
pH	6,5	6,5	6,5	6,5	0,02	0,206	0,084	0,206
Textura (kgf/cm ²)	9,3	9,3	9,5	9,1	0,2	0,988	0,400	0,319
LPO _b (100 g mg ⁻¹)	3374,4b	4780,5a	3906	4248,9	202,9	<0,001	0,143	0,043
LPO _v (100 g mg ⁻¹)	3845,4	3852,9	3916	3781,9	128,1	0,979	0,632	0,722
BNV (mg N 100g ⁻¹)	13	12	13	13	0,5	0,29	0,819	0,780

SEM: Erro padrão da média, CL:(cooking loss), CRA (capacidade de retenção de água), DL: (drip loss), pH (potencial hidrogeniônico), LPOb (lipoperoxidação no músculo branco), LPOv (lipoperoxidação no músculo vermelho), BNV (concentração de bases nitrogenadas voláteis). Valores apresentados em médias agrupadas. Letras distintas nas linhas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($P<0,05$); entre os níveis de Aquate MQ ou dias de alimentação.

Na **capacidade de retenção de água (CRA)** não foram observados efeitos da interação ($p>0,05$) entre os níveis de inclusão do Aquate MQ™ e os período de alimentação (Tabela 4), onde o nível de inclusão de 1,5% proporcionou ao filé retenção 4,7% superior ao nível de 0% de Aquate MQ™. E após 15 dias de alimentação os peixes apresentaram maior CRA comparado a 7 dias de alimentação.

A perda de água, sejam pela desnaturação das proteínas, exsudação por resfriamento ou pressão durante a estocagem, causam ao produto características sensoriais indesejadas de suculência com diminuição do tamanho do filé cozido (LAKSHMANAN et al., 2007). A maior parte da água (90%) é encontrada na sua forma livre e ligada na carne e no tecido por capilaridade principalmente nos espaços intracelulares (OFFER e TRINICK, 1983). A CRA e o *cooking loss* não são parâmetros objetivos e sim uma tendência, pois não existe um valor constante para propriedade. Este processo é dinâmico, podendo ocorrer mudança nas propriedades proteicas em decorrência da exposição a fatores externo como cozimento e congelamento (CASTRO, 2007).

A CRA do tecido muscular tem importante relevância em relação ao armazenamento. No momento em que os tecidos se encontram com limitada capacidade de retenção, as perdas de umidade, e consequentemente, de peso no decorrer do armazenamento são grandes. Uma vez efetuados os cortes para o consumo, ocorre uma maior chance de perda de água (ROÇA, 2005).

Para a variável **drip loss** também foram observadas diferenças ($p<0,05$) entre os níveis de inclusão do Aquate MQ™ (Tabela 4). Nos filés dos peixes alimentados com 1,5% do Aquate MQ™ foram observadas menores *drip loss* quando comparados aos peixes alimentados com a dieta sem a inclusão Aquate MQ™ independentemente do período de alimentação (Tabela 4).

A alimentação das tilápias com dietas contendo 1,5% Aquate MQ™ contribuiu de forma benéfica para a diminuição do *drip loss* nos filés, possivelmente devido ao produto compor microminerais orgânicos tais como cromo, manganês, cobre e selênio, que atuam como precursores de enzimas, como a superóxido dismutase e a glutathione peroxidase (FERREIRA et al., 1997). Resultando assim em um menor rompimento da membrana celular, e agindo no sistema antioxidante enzimático contra os radicais livres, diminuindo o estresse oxidativo e a perda de água no *drip loss* (ROSEIN et al., 2006).

Pesquisas acerca do efeito de microminerais na alimentação é limitada e escassa na piscicultura. O selênio (Se) tem sido avaliado na produção animal, sobre seus efeitos nas características qualitativas como rendimento de carcaça, *drip loss*, capacidade de retenção de água (CRA) e *cooking loss* (perda por cocção) em frango de corte e suínos (ALVES, 2011). Trabalhos como de DOWNS et al. (2000) concluem o uso do Se em aves, provocam uma diminuição no *drip loss*. De maneira semelhante, Boiago (2010) avaliou a suplementação de zinco (Zn), Se e manganês (Mn) nas formas orgânicas e inorgânicas em frango de corte, e observou que a suplementação de microminerais, principalmente por ação do Se, ajuda na preservação da integridade da parede celular e na prevenção da lipoperoxidação, diminuindo assim a porcentagem de líquido exsudado.

Considerando que o *drip loss* reflete o dano celular muscular, usando como medida a quantidade de exsudatos resultantes do congelamento e descongelamento do filé. Com a liberação posterior da água, ocorre uma desidratação das proteínas musculares, causando a desnaturação proteica. A contração do músculo pode causar perdas de água maiores, resultando assim num produto seco e endurecido submetido ao cozimento (SUTTON, 1969). Peixes congelados inteiros no estado *pré-rigor* tendem a ter uma maior perda por gotejamento do que os congelados em *rigor pleno* ou *pós-rigor*. O congelamento também reduz a qualidade de filés quando estes são retirados no momento de *pré-rigor* (SORENSEN et al., 2004).

No **pH, textura, e concentração de bases nitrogenadas voláteis (BNV)** não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) entre os níveis de Aquate MQ™ e dias de alimentação (Tabela 4). Na lipoperoxidação no músculo branco foi

observado resultado significativo ($p < 0,05$) da **interação** entre o nível de inclusão do Aquate MQ™ e o período de alimentação (Tabela 4). Na Tabela 5 está apresentado o resultado da interação entre os níveis do Aquate MQ™ e o período de alimentação. Os resultados sugerem uma maior lipoperoxidação dos files dos peixes alimentados com 1,5% Aquate MQ™ tanto aos 7 como aos 15 dias de alimentação. De acordo com Ruff et al. (2004) a oxidação lipídica é causada por compostos químicos ou espécies reativas ao oxigênio que causam quebra das ligações duplas nas frações fosfolipídicas das membranas celulares, e que nos peixes possuem maior grau de insaturação.

A lipoperoxidação ou rancidez é a deterioração mais importante que ocorre nesse tipo de produto, demonstrando assim a vida útil na prateleira. A definição de tempo útil na prateleira do pescado fresco e/ou refrigerado é relativamente baixa, pois depende de como foi realizada a despesca, quanto tempo em que ele foi mantido no gelo antes do processamento (OGAWA e MAIA, 1999).

Tabela 5. Efeito da interação entre período de alimentação e níveis de inclusão do Aquate MQ™ em dietas para a tilápia-do-Nilo no lipoperoxidação no músculo branco.

Variável	AquateMQ	Alimentação	
		7 dias	15 dias
LPO _{branco} (100 g mg ⁻¹)	0%	3446,8 ± 258,1B	3301,9 ± 276,9B
	1,5%	4365,2 ± 744,4bA	5195,8 ± 545,1aA

Letras minúsculas indicam médias estatisticamente diferentes entre os dias de alimentação pelo teste Tukey ($p < 0,05$). Letras maiúsculas indicam médias estatisticamente diferente entre os níveis de Aquate MQ™ pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

6. CONCLUSÃO

A inclusão do Aquate MQ™ em dietas como estratégia de alimentação pré-abate com o nível de inclusão de 1,5% Aquate MQ™ no período de 7 e 15 dias, apresentou resultado positivo contribuindo na qualidade físico-químicos dos filés de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), assim como desempenho zootécnico, sendo que os melhores resultados foram na suplementação por 15 dias.

7. REFERÊNCIAS

- AHMED, A.R., JHA, A.N., DAVIES, S.J. The efficacy of chromium as a growth enhancer for mirror carp (*Cyprinus carpio* L): an integrated study using biochemical, genetic, and histological responses. **Biol. Trace Elem. Res.** 148, 187–197, 2012.
- ALVES, L. R. **Qualidade de carne suína**. 1. efeito do gene halotano sobre a deposição de gordura intramuscular. 2. efeito da suplementação com minerais no pré-abate. 2011. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Uberlândia, Universidade de Uberlândia, Uberlândia, 2011.
- ANDREWS, S. R.; SAHU, N. P.; PAL, A. K.; KUMAR, S. Haematological modulation and growth of *Labeo rohita* fingerlings: effect of dietary mannan oligosaccharide, yeast extract, protein hydrolysate and chlorella. **Aquaculture research** , v. 41, n. 1, p. 61-69, 2009
- BAKER, J. T. P. Histological and electron microscopical observations on copper poisoning in the winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*). **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, v. 26, p.2785-2793, 1969.
- BELTRÁN, J. A.; JAIME, I.; SANTOLARIA, P.; SAÑUDO, C.; ALBERTI, P.; RONCALÉS, P. Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. *Meat Sci.*, v. 45, n. 2, p. 201-207, 1997.
- BEVERIDGE, Malcolm CM. **Cage aquaculture**. John Wiley & Sons, 2008.
- BELADA, M.C.R. e CAMPOS, M.A.P. 1991 Ácidos graxos essenciais em nutrição: uma visão atualizada. **Ciênc.Tecnol. Aliment.**, 11: 5-3
- BONKOVSKY, H.L. Iron and liver. **American Journal of Medical Sciences**, v.301, p. 31-43, 1991.
- BOIAGO, M.M. **Microminerais complexados a moléculas orgânicas sobre aspectos produtivos e qualitativos da carne de frangos de corte criados sob condições de estresse térmico**. 71f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.
- BOUTON, P.E.; HARRIS, P.V.; SHORTHORSE, W.R. Effects of ultimate pH upon the water-holding capacity and tenderness of mutton. **Journal of Food Science**, v.36, p.435-439. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1971.tb06382.x>, 1971.
- BRABO, M.F. et al. Viabilidade econômica da piscicultura em tanques-rede no reservatório da usina hidrelétrica de Tucurí, Estado do Pará. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2013.

BRABO, M. F., PEREIRA, L. F. S., FERREIRA, L. A., COSTA, J. W. P., CAMPELO, D. A. V., VERAS, G. C. (2016). A cadeia produtiva da aquicultura no Nordeste paraense, Amazônia, Brasil. **Informações Econômicas**, 46(4), 16-26, 2016.

BURGER, J. Fishing, fish consumption, and awareness about warnings in a university community in central New Jersey in 2007, and comparisons with 2004. **Environmental Research**, 108(1): 107-116, 2008.

BURR, G.; HUME, M.; NEILL, W. H.; GATLIN III, D. M. Effects of prebiotics on nutrient digestibility of a soybean-meal-based diet by red drum *Sciaenops ocellatus* (Linnaeus). **Aquaculture Research**, v. 39, n. 15, p. 1680-1686, 2008.

CASTRO, D. A. D. **Perdas de água em file de pescado do Pantanal**, 2007.

CAMILLI, Giorgio; TABOURET, Guillaume; QUINTIN, Jessica. The complexity of fungal β -glucan in health and disease: effects on the mononuclear phagocyte system. **Frontiers in immunology**, v. 9, p. 673, 2018.

CARDOSO, A. S., EL - DEIR, S. G., CUNHA, M. C. C. **Bases da sustentabilidade para atividade de piscicultura no semiárido de Pernambuco**. Interações, 17(4), 645 – 653 ,2016.

CARMO, J.L.; FERREIRA, D.A.; SILVA JÚNIOR, R.F.; SOUZA SANTOS, R.M.; SOUZA CORREIA, E. Crescimento de três linhagens de tilápia sob cultivo semi-intensivo em viveiros. **Revista Caatinga**, v.21, n.2, p.20-26, 2008.

CARVALHO, Edmir Daniel; CAMARGO, André Luiz Scarano; ZANATTA, Augusto Seawright. Desempenho produtivo da tilápia do Nilo em tanques-rede numa represa pública: modelo empírico de classificação. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1616-1622, 2010.

CONTE, L. **Produtividade econômica da tilapicultura em gaiolas na região sudoeste do estado de São Paulo: Estudos de casos**. São Paulo. 59p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade de São Paulo), 2002.

CARRIQUIRIBORDE, P., HANDY, R.D., DAVIES, S.J. Physiological modulation of iron metabolism in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed low and high iron diets. **Journal of Experimental Biology**, v.207, p.75–86, 2004.

CHIRANJIB, D.B.; KUMAR, K.P.S. A potential medicinal importance of zinc in human health and chronic disease. **International Journal of Pharmacy and Biomedical Sciences**, v.1, n.1, p.5-11, 2010.

CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSSO, D. M.; CASTAGNOLLI, N. (Ed.). **Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva**. -São Paulo: TecArt, 533p, 2004.

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, J. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 68-87. Do peso corporal. *Acta Scientiarum* 23, 897-901, 2010.

DEVLIN, T.M. **Manual de bioquímica com correlações químicas**. 4 ed, 1007p. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

DIMITROGLOU, A.; MERRIFIELD, D. L.; MOATE, R.; DAVIES, S. J.; SPRING, P.; SWEETMAN, J.; BRADLEY, G. Dietary mannan oligosaccharide supplementation modulates intestinal microbial ecology and improves gut morphology of rainbow trout, (Walbaum). **Journal of animal science** 2009, v. 87, n. 10, p. 3226-3234. EKNATH, A. E.; HULATA, G. Use and exchange of genetic resources of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Reviews in Aquaculture** 1, 197–213, 2009.

DOS SANTOS, Sâmela Keila Almeida et al. Microalga *Schizochytrium* sp. em Rações para Tilápia do Nilo. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 7, p. 75-79, 2015.

FAO. Fishstat plus: Universal Software for Fishery Statistical Time Series, Version .2.3. **FAO** Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistical Unit, Rome, 2011.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of world fisheries and aquaculture, 2020**.

FAO. -Fishstat plus: Universal Software for Fishery Statistical Time Series, Version .2.3. **FAO** Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistical.

FERNANDEZ, F.; HINTON, M.; GILS, B. V. Dietary mannan-oligosaccharides and their effect on chicken caecal microflora in relation to *Salmonella Enteritidis* colonization. **Avian Pathology** v. 31, n. 1, p. 49-58, 2002.

FERREIRA ALA, MATSUBARA LS. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **RAMB**. 1997; 43(1):61-8.

FLETCHER, D. L. **Broiler breast meat color variation, pH and texture**. **Poultry Science**, v.78, p.1323-1327, 1999.

FOGAÇA, F. O protagonismo do Brasil na produção mundial de pescado. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)**, 2020.

FRASCÁ-SCORVO, C. M.; CARNEIRO, D. J.; MALHEIROS, E. B. **Comportamento alimentar do matrinxã (*Brycon cephalus*) no período de temperaturas mais baixas**. *Bol. Inst. Pesca*, 27:1-5, 2001.

FREIRE, B.C.F.; SOARES, K.M.P.; COSTA, A.C.A.A.; SOUZA, A.S.; SILVA, L.K.C.; GÓIS, V.A.; BEZERRA, A.C.D.S.; GOMES H.A.N. Qualidade de camarão (*Litopenaeus vannamei*) minimamente processado. **Acta Veterinária Brasília**, v.10, p.10-15. <https://doi.org/10.21708/avb.2016.10.2.5543>, 2016.

FUJIMOTO, R. Y.; CASTRO, M. P.; MATINS, M. L.; MORAES, F. R.; MONFORT, K. C. Parâmetros sanguíneos de pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg,1887), alimentados com dietas suplementadas com cromo trivalente em duas densidades de estocagem. **Acta Science**, v. 29, p. 465-471, 2008.

FURUYA, W. M.; FUJII, K. M.; SANTOS, L. D.; SILVA, T. S. C.; SILVA, L. C. R.; SALES, P. J. P. Exigência de fósforo disponível para juvenis de tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa (MG), v. 37, n. 9, p. 1517-1522, 2008.

FURUYA, W. M. Tabelas brasileiras para nutrição de Tilápias. 21. ed. Toledo: GFM, 100 p, 2010.

GANGULY, S.; DORA, K. C.; SARKAR, S.; CHOWDHURY, S. Supplementation of prebiotics in fish feed: a review. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v.23, n. 2, p. 195-199, 2013.

GATLIN III, D. M. Principles of fish nutrition. **Southern Regional Aquaculture Center**, v. 5003, p. 1-8, 2010.

GERMAN, D. P. **Food acquisition and digestion | Digestive Efficiency**. [s.l.] Elsevier Inc. v. 3,2011.

GRAM, L; HUSS, H. H. **Microbiological spoilage of fish and fish products**. **Int. J. Food Microbiol.**, v. 33, p. 121–13, 1996.

GOES, E. S. R.; LARA, J. A. F.; GASPARINO, E.; GOES, M. D.; ZUANAZZI, J. D. G.; LOPERA-BARRERO, N. M.; RODRIGUEZ, M. P. R.; CASTRO, P. L.; RIBEIRO, R. P. Effects of transportation stress on quality and sensory profiles of Nile tilapia fillets. **Scientia Agricola**, v. 75, n. 4, p. 321-328, 2018.

GOES, E. S.R.; GOES, M.D.; CASTRO, P.L.; LARA, J.A.F.; VITAL, A.C.P.; RIBEIRO, R.P. Imbalance of the redox system and quality of tilapia fillets subjected to pre-slaughter stress. **Plos One**, p.1-15, 2019.

GONÇALVES, G. S.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; KLEEMAN, G. K.; ROCHA, D. F. Efeitos da suplementação da fitase sobre a disponibilidade aparente de Mg, Ca, Zn, Cu, Mn e Fe em alimentos vegetais para Tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2155-2163, 2005.

GONÇALVES, G. S. **Digestibilidade e Exigência de Lisina, Proteína e Energia em Dietas para Tilápia do Nilo**. Jaboticabal; 2007. 98p. Dissertação (Doutorado) – Centro de Aquicultura da Unesp-CAUNESP da Unesp-CAUNESP, Universidade Estadual Paulista, 2007.

- HAMM, R. **Biochemistry of meat hydration**. **Advanced Food Research**, v. 10, p. 33-36, 1960.
- HAMRE, K.; BJØRNEVIK, M.; ESPE, M.; CONCEIÇÃO, E. C.; JOHANSEN, J.; SILVA, J.; HILLESTAD, M.; PRABHU, A. J.; TAYLOR, J. F.; TOCHER, D. R. Dietary micronutrient composition affects fillet texture and muscle cell size in Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture Nutrition**, p.1-9, 2020.
- HARRIS, W.S. 1999 Nonpharmacologic treatment of hypertriglyceridemia: focus on fish oils. **Clin.Cardiol.**, 22(suppl. II): 40-43.
- HAYS, V. W.; SWENSON, M. J. Minerais. In: SWENSON, M. J.; REECE, W. O. *Dukes fisiologia dos animais domésticos*. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan**, p.471-487, 1996.
- HERMES-LIMA, M.; WILLMORE, W. G.; STOREY, K. B. Quantification of lipid peroxidation in tissue extracts based on Fe (III) xylenol orange complex formation. **Free Radical Biology & Medicine**, v.19, p.271-280, 1995.
- HISANO, H.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FREIRE, E. S.; GONÇALVES, G. S.; FERRARI, J. E. C. Zinco e levedura desidratada de álcool como pró-nutrientes para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Animal Sci. J.**, v.26, n.2, p.171-179, 2004.
- HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Sci. Barking**, v. 49, p. 447-457, 1998.
- HONIKEL, K. O. **The water binding of meat**. **Fleischwirtsch**, v. 67, p. 1098-1102, 1987.
- HUSS, H. H. **Assurance of seafood quality**. Rome: FAO. 169 p. (FAO Fisheries Technical Paper, 334), 1994.
- JIANG Z-Y, WOOLLARD ACS, WOLFF SP. Lipid hydroperoxide measurement by oxidation of Fe²⁺ in the presence of xylenol Orange - Comparison with the TBA assay and an iodometric method. **Lipids**, v.26, p.853-856, 1991
- JOBLING, M. **Fish Bioenergetics**. London, UK: Chapman & Hall, 1994.
- JOBLING, M. Are modifications in tissue fatty acid profiles following a change in diet the result of dilution? Test of a simple dilution model. **Aquaculture**, v.232, p. 551-562, 2004.
- JUSTI, K. C. et al. The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with n-3 fatty acids. **Food Chemistry**, v.80, p.489-493, 2003.
- KINSELLA, J.E. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: possible mechanisms. **Am. J. Clin. Nutr.**, 52: 1-28, 1990.
- KOOHMARIE, M. et al. Postmortem proteolysis in *Longissimus muscle* from beef lamb and carcasses. **Journal of Food Science**, v.69, p.617-624, 1991.

LAKSHMANAN, P.T.; ANTONY, P.D.; GOPAKUMAR, K. Nucleotide degradation and quality changes in mullet (*Lisa corsula*) and pearsplot (*Etroplus suratensis*) in ice and at ambient temperatures. **Food Control**, v. 6, p. 277-283, 1996.

LALL, S. P. The minerals. In: Fish Nutrition. J.E. Halver and R.W. Hardy (eds.), 3rd edition. **London: Academic Press**. p. 259-308, 2002.

LAM, Ka-Lung; CHEUNG, Peter Chi-Keung. Non-digestible long chain beta-glucans as novel prebiotics. **Bioactive carbohydrates and dietary fibre**, v. 2,n. 1, p. 45-64, 2013.

LAWRIE, R. A. Ciência da carne. 3. ed. Oxford: Pergamon Press, 2005. 451p

LIN, D.S.; CONNOR, W.E.; WOLF, D.P.; NEURINGER, M.; HACHEY, D. L. Unique lipids of primatespermatozoa: demosterol and docosahexaenoicacid. **J. Lipid Res.**, 34: 491-49, 1993.

LIN, Y. -H.; SHIE, Y. -Y.; SHIAU, S. -Y. Dietary copper requirements of juvenile grouper, *Epinephelus malabaricus*. **Aquaculture**, v. 274, p.161-165, 2008.

LIU, T., WEN, H., JIANG, M., YUAN, D., GAO, P., ZHAO, Y., WU, F., LIU, W. Effect of dietary chromium picolinate on growth performance and blood parameters in grass carp fingerling, *Ctenopharyngodon idellus*. **Fish Physiol. Biochem.** 36, 565–572, 2010.

LOVELL, R.T. Nutrition of aquaculture species. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 4193 – 4200, 1991.

LOVELL, T. Dietary Requirements. In: NUTRITION and feeding of fish. 2. ed. **Auburn: Kluwer Academic Publishers**,p. 61-68, 1998.

LOVELL, R. T,Diet and Fish Husbandry. In: Fish Nutrition. 3. ed. New York: **Elsevier Science**, 2002.

MACEDO-VIÉGAS, E. M.; SOUZA, M. L. R. Pré-processamento e conservação do pescado produzido em piscicultura. In: CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSSO, D. M.; CASTAGNOLLI, N. (Ed.) **Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva**. São Paulo: TecArt. Cap.14, p.405-480, 2004.

MACIEL, E.D.S.; SAVAY-DA-SILVA, L.K.; VASCONCELOS, J.S.; SONATI, J.G.; GALVÃO, J.A.; LIMA, L.K.F.D.; OETTERER, M.Relationship between the price of fish and its quality attributes: a study within a community at the University of São Paulo, Brazil. **Food Science and Technology**, 33(3): 451-456, 2013.

MARCHI, J. F. **Desenvolvimento e avaliação de produtos à base de polpa e surimi produzidos a partir de tilápia nilótica, *Oreochromis niloticus***. 85 f, 1997.

MARCHI, J. F. **Desenvolvimento e avaliação de produtos à base de polpa e surimi produzidos a partir de tilápia nilótica, *Oreochromis niloticus***, 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

MAYSER, P.; MROWIETZ, U.; ARENBERGER, P.; BARTAK, P.; BUCHVALD, J.; CRISTHOPHER, E.; JABLONSKA, S.; SALMOHOFER, W.; SCHILL, W.B.; KRAMER, H.J.; SCHLOTZER, E.; MAYER, K.; SEEGER, W.; GRIMMINGER, F. Omega-3 fatty acid-based lipid infusion inpatients with chronic plaque psoriasis: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled, multicenter trial. *J. Am. Acad. Dermatol.*, 38: 421, 1998.

MENDONÇA, B. S.; CASETTA, J.; LEWANDOWSKI, V. Fatores que afetam o consumo de peixe no Brasil. **Anais do II Simpósio em Produção Sustentável e Saúde Animal**, 101-104, 2017.

MENDES, A. A.; KOMIYAMA, C. M. Estratégias de manejo de frangos de corte visando qualidade de carcaça e carne. **R. Bras. Zootec.**, v. 40, p. 352-357, 2011.

MEHRIM, A.I. Physiological, biochemical and histometric responses of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) by dietary organic chromium (*chromium picolinate*) supplementation. **J. Adv. Res.** 5, 303–310, 2014.

MOAZENZADEH, K.; ISLAMI, H. R.; ZAMINI, A.; SOLTANI, M. Quantitative dietary copper requirement of juvenile *Siberian sturgeon*, *Acipenser baerii*, and effects on muscle composition and some enzymatic activities. **Aquaculture Nutrition**, p.1-11, 2020.

MORAES, A.M.; SEIFFERT, W.Q.; TAVARES, F.; FRACALLOSSI, D.M. Desempenho zootécnico de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, em tanques-rede, com diferentes rações comerciais. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.3, p.388-395, 2009.

Miguel, J. S. D. C. **Efeito de microminerais orgânicos no crescimento e qualidade do filé de tilápia (*Oreochromis niloticus*)**, 2020.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient Requirements of Fishes. Washington, **DC: National Academy of Sciences**, 1993.

NAVARRO, R.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de energia digestível da dieta sobre o desempenho de piaçu (*Leporinus macrocephalus*) em fase pós-larval. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.29, n.1, p.109-114, 2007.

NEURINGER, M.; CONNOR, W.E.; LINS, D.S.; BARSTAD, L.; LUCK, S. Biochemical and functional effects of prenatal and postnatal omega-3 fatty acid deficiency on retina and brain in rhesus monkeys. **Proc. Natl. Acad. Sci., USA**, 83: 4021-4025, 1986.

NICOLAIDES, N.; WOODALL, A. H. Impaired pigmentation in chinook salmon fed diets deficient in essential fatty acids. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.78, p.431-437, 1962.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirement of fish and shrimp. Washington: National Academic Press. p. 164-184, , 2011.

NG, W. K.; HANIM, R. Performance of genetically improved Nile tilapia compared with red hybrid tilapia fed diets containing two protein levels. **Aquaculture Research**, v. 38, n. 9, p. 965–972, 2007.

OLIVEIRA, A. P. A.; NUNES, R. C.; RONE, M. N. B.; STRINGHINI, J. H.; RUFINO, L. M.; FARIAS, L. A. Desempenho e avaliação da carcaça em suínos alimentados com rações de terminação com fitase associada à retirada de microminerais, vitaminas e fósforo inorgânico. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, n. 4, 2010.

OFSTAD, R., KIDMAN, S., MYKLEBUST, R., & HERMANSSON, A. M. Liquid holding capacity and structural changes during heating of fish muscle: cod (*Gadus morhua* L.) and salmon (*Salmo salar*). **Food Structure**, 12, 163–174, 1993.

OFSTAD, R.; KIDMAN, S.; MYKLEBUST, R.; OLSEN, R. L.; HERMANSSON, A. M. Liquid-holding capacity and structural changes in comminuted salmon (*Salmo salar*). Muscle as influenced by pH, salt and temperature. **LWT-Lebensmittelwissenschaft und Technologie**, v. 28, p. 329-339, 1995.

OLSEN, Y. Lipids and essential fatty acids in aquatic food webs: what can freshwater ecologists learn from mariculture. In: ARTS, M. T., WAINMAN, B. C. **Lipids in freshwater ecosystems**, cap. 8, p.161- 202, 1998.

ONO, E. A.; KUBITZA, F. Cultivo de peixes em tanques-rede. 3ªed. Jundiaí: **Eduardo A. Ono**, 112p, 2003.

OGAWA, M.; MAIA, E.L. Manual da pesca: ciência e tecnologia do pescado. São Paulo: **Varela**, 430p, 1999.

PÁDUA, D. M. C. **Apontamentos de Piscicultura**. Goiânia: UCG, 2000. 277p.

PAN, L. et al. Effects of dietary manganese on growth and tissue manganese concentrations of juvenile gibel carp, *Carassius auratus gibelio*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 14, n. 5, p. 459-463, 2008.

PARTRIDGE, G. J.; LYMBERY, A. J. Effects of manganese on juvenile mullet (*Argyrosomus japonicus*) cultured in water with varying salinity implications for inland mariculture. **Aquaculture**, v. 290, p. 311-316, 2009.

PAULSEN, S.M.; ENGSTAD, R.E.; ROBERTSEN, B. Enhanced lysozyme production in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) macrophages treated with yeast

β -glucan and bacterial lipopolysaccharide. **Fish and Shellfish Immunology**, v.11 p.23-37. DOI: 10.1006/fsim.2000.0291,2001.

PRICE, M. C.; SCHWEIGERT, B. S. Ciencia de la carne e de los productos carnicos. Espanha: **Ed. Acribia**,581p, 1994.

PENHA, I. C. S., SILVA, H. M. L., MENDES, K. F. M., SILVA, F. B. A.; ASSIS, A. S. Piscicultura de água doce, utilizando o tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818), como espécie principal (Belém-PA). **Revista Valore**, 3(1), 9-19.

PEIXE BR. **Anuário peixe BR da piscicultura 2020**. São Paulo: Associação Brasileira de Piscicultura, 2018. p.138. Pechova, A., Pavlata, L., 2007. Chromium as an essential nutrient: a review. *Vet. Med.* 52, 1–18,2,2018.

PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FRACALOSSI, D. M.; CYRINO, J. E. P. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSSI, D. M.; CASTAGNOLLI, N. (ED.). **Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva. Editado por José Eurico P. Cyrino (et al.)** -- São Paulo: TecArt. p. 75-170, 2004.

PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; FURUYA, W.M.; QUINTEROPINTO, L.G. Digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta e a energia digestível de alguns alimentos alternativos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum**, v.26, n.3, p.329-337, 2004.

PICKLER, Eduardo; VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. DESENVOLVIMENTO E POTENCIAL DA TILAPICULTURA NO BRASIL. **Brazilian Review of Economics & Agribusiness/Revista de Economia e Agronegócio**, v. 16, n. 2, 2018.

PIEDRAS, S. R. N.; MORAES, P. R. R.; ISOLDI, L. A.; POUEY, J. L. O. F.; RUTZ, F. Comparação entre o selênio orgânico e o inorgânico empregados na dieta de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 171 - 174, 2005.

PIERRE, B. D. S. **Efeito da suplementação de microminerais orgânicos em dietas para juvenis de tilápia-do-Nilo**, 2020.

PRESTIFILIPPO, J. P.; FERNÁNDEZ-SOLARI, J.; MOHN, C.; DE LAURENTIIS, A.; MCCANN, S.M.; DEES, W.; RETTORI, V. Effect of manganese on luteinizing hormone-releasing hormone secretion in adult male rats. **Toxicological Sciences**, v. 97, n.1, p. 75-80, 2007.

RAYMOND, L. J.; RALSTON, N. V. C. Mercury: selenium interactions and health implications. *Seychelles Medical and Dental Journal*, **Special Issue**, v. 7, n. 1, 72-77, 2004.

REZA, A.; ABDOLMAJID, H.; ABBAS, M.; ABDOLMOHAMMAD, A. K. Effect of dietary prebiotic inulin on growth performance, intestinal microflora, body composition and hematological parameters of juvenile beluga, *Huso huso*

(Linnaeus, 1758). **Journal of the World Aquaculture Society** 2009, v. 40, n. 6, p. 771-779, 2009.

RODRIGUES, RÔMULO; MEURER, FÁBIO; BOSCOLO, WILSON ROGÉRIO. Aditivos en la nutrición de peces. **Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA**, v. 7, n. 2, p. 228-236, 2015.

ROSEIN, G. E. et al. Oxidação de proteínas por oxigênio singlete: mecanismos de dano, estratégias para detecção e implicações biológicas. **Química Nova, São Paulo**, v.29, n.3, p.563-568, mai./jun. 2006

ROÇA, R. Propriedades Da Carne. Botucatu, 2005.

RUFF, N. et al. Distribution of α -tocopherol in fillets of turbot (*Scophthalmus maximus*) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*), following dietary α -tocopheryl acetate supplementation. **Aquaculture Nutrition**, v.10, p.75-81, 2004.

SÁ, M. V. C.; PEZZATO, M. M.; BARROS, M. M.; PADILHA, P. M. Apparent absorption of zinc from supplemental inorganic and organic sources to Nile tilapia *Oreochromis niloticus* juveniles. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 36, p. 375-383, 2005.

SÁ, M. V. C.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; PADILHA, P. M. Optimum zinc supplementation level in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* juvenile diets. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 238, p. 385-401, 2004.

SADO, R. Y.; BICUDO, Á. J. D. A.; CYRINO, J. E. P. Feeding dietary mannan oligosaccharides to juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, has no effect on hematological parameters and showed decreased feed consumption. **Journal of the world Aquaculture Society**, v. 39, n. 6, p. 821-826, 2008.

SANCHEZ, M. S. S., PESSINI, J. E., MORO, E. B., RODRIGUES, M. L., Boscolo, W. R., & Signor, A. Complexo mineral e vitamínico em dietas para alevinos de tilápia-do-nilo. **Boletim de Indústria Animal**, 74(3), 148-155, 2017.

SARTORI, A. G. de O.; AMANCIO, R. D. Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, SP, v. 19, n. 2, p. 83–93. DOI: 10.20396/san.v19i2.8634613, 2012.

SATOH, S.; TSUKIOKA, T.; KIRON, V.; WATANABE, T.; FUJITA, S. Bioavailability of amino acid-chelated and glass-embedded manganese to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), fingerlings. **Aquaculture Research**, v. 32, p. 18- 25, 2001. SIGURGISLADOTTIR, S.; HAFSTEISSON, H.; JONSSON, A.; LIE, O.; NORTVEDT, R.; THOMASSEN, M.; TORRISSEN, O. Textural properties of raw salmon fillets as related to sampling method. **Journal of Food Science**, v. 64, n. 1, p. 199-104, 1999.

- SILVA, Maria de Lourdes Corradi da et al. Caracterização química de glucanas fúngicas e suas aplicações biotecnológicas. **Química Nova**, v. 29, n. 1, p.85-92, 2006
- SILVA, E. C. S. Avanços no cultivo de espécies carnívoras. **PUBVET**, v.2, n.20, Art 234, mai, 2008.
- SEBRAE – SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Criação de tilápias em tanques escavados**. Natal: Sebrae, 2014.
- SEBRAE. **Aquicultura no Brasil – Série de estudos mercadológicos**. 2015
- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL – SENAR. **Piscicultura: criação de tilápias em viveiros escavados**. SENAR. 120 p, il. – (Coleção SENAR), 2018.
- SOARES, K. M. P.; GONÇALVES, A. G. Sea food quality and safety. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 71, n. 1, p. 1-10, 2012.
- SOUZA, P.H.M.; SOUZA NETO, M.H.; MAIA, G.A. Componentes funcionais nos alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 37(2): 127-135, 2003.
- SOUZA, M. L. R.; MARANHÃO, T. C. F. 2001. **Rendimento de carcaça, filé e subprodutos da filetagem da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L), em função Unit**, Rome, 2011.
- STEFFENS, W. Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. **Aquaculture**, Amsterdam, v.151, p.97–119, 1997.
- SUAREZ-MAHECHA, H. et al. Importância de ácidos graxos poliinsaturados presentes em peixes de cultivo e de ambiente natural para a nutrição humana. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v.28, n.1, p.101-110, 2002.
- SCHWARZ, K. K.; FURUYA, W. M.; NATALL, M. R. M.; GAUDEZ, M. C.; LIMA, P. A. G. Mananoligossacarídeo em dietas para larvas de tilápia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 12, p. 2634-2640, 2011.
- SUTTON, A.H. Polyphosphate treatment of Cod muscle. In Freezing and Irradiation, (R. Kreuzer, ed.), 1969.
- SHIAU, S. Y.; NING, Y. C. Estimation of dietary copper requirements of juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Animal Science**, v. 77, p. 287-279, 2003.
- SHIAU, S.Y., LIANG, H.S, Carbohydrate utilization and digestibility by tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*, are affected by chromic oxide inclusion in the diet. **J. Nutr.** 125, 976–982,1995.

SHIAU, S.Y., SHY, S.M., Dietary chromic oxide inclusion level required to maximize glucose utilization in hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Aquaculture** 161, 357–364, 1998.

TEIXEIRA, R. N. G. et al. Piscicultura em tanques-rede. Área de Informação da Sede-Col Criar Plantar **ABC 500P/500R Saber** (INFOTECA-E), 2009.

The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges. Rome: FAO, 2016. 243 p.

TOCHER, D.R. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. **Reviews in Fisheries Science**, v.11, n.2, p.107-184, 2003.

TORRECILLAS, S.; MAKOL, A.; CABALLERO, M. J.; MONTERO, D.; ROBAINA, L.; REAL, F.; IZQUIERDO, M. S. Immune stimulation and improved infection resistance in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed mannan oligosaccharides. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 23, n. 5, p. 969-981, 2007.

Trombeta, T. D., Silva, W., Zarzar, C. A., & Reis, B. P. Caracterização produtiva e análise do ambiente institucional da piscicultura em Monte Alegre -Pará. **Brazilian Journal of Development**, 6(2), 5473- 5497, 2020.

UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, N. F. Selenium. In: The mineral nutrition of livestock. 3. ed. **Midlothian-UK: CABI Publishing**, p. 421-475, 1999.

WATANABE, T.; KIRON, V.; SATOH, S. Trace minerals in fish nutrition. **Aquaculture**, v. 151, n. 1–4, p. 185–207, 1997.

WEBSTER, C. D.; LIM, C. **Minerals Dietary Nutrients, Additives, and Fish Health:** Wiley Online Books. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9781119005568.ch9>, 2015.

WILEY, J. e SONS Bailey's Industrial Oil and Fat Products. In: SWERN, D. Ed. **Structure and composition of fats and líos**. v.1, 841p, 1979.

WEBSTER, C. Minerals and fish health. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO E SAÚDE DE PEIXES, 2., Botucatu, SP. 2º **Simpósio de Nutrição e Saúde de Peixes 18 (Anais) Botucatu:** Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, p. 21-34, 2007.

WILDING, P.; HEDGES, N.; LILLFORD, P. Salt-induced swelling of meat: the effect of storage time, pH, ion-type and concentration. **Meat Science**, Barking, v.18, p. 55 – 75, 1986.

ZUANAZZI, J. S. G.; LARA, J. A. F.; GOES, E. S. R.; ALMEIDA, F. L. A.; OLIVEIRA, C. A. L.; RIBEIRO, R. P. Anoxia stress and effect on flesh quality and gene expression of tilapia. **Food Science And Technology**, v. 39, n. 1, p.195-202, 2018.