

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 29/05/2024.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**Efeito do alginato de sódio na determinação da  
digestibilidade aparente em rações comerciais  
para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**

**Hothon Trioni**

Jaboticabal, São Paulo  
2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**Efeito do alginato de sódio na determinação da digestibilidade aparente em rações comerciais para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**

**Hothon Trioni**

**Orientador: Prof. Dr. João Batista Kochenborger Fernandes**

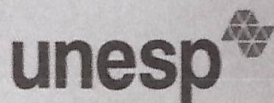
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP - CAUNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Jaboticabal, São Paulo  
2024

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| T834e | <p data-bbox="469 1393 628 1429">Trioni, Hothon</p> <p data-bbox="469 1438 1177 1550">Efeito do alginato de sódio na determinação da digestibilidade aparente em rações comerciais para Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) / Hothon Trioni. -- Jaboticabal, 2024</p> <p data-bbox="494 1559 549 1594">30 p.</p> <p data-bbox="469 1639 1216 1711">Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Centro de Aquicultura da Unesp, Jaboticabal</p> <p data-bbox="494 1720 1034 1756">Orientador: João Batista Kochenborger Fernandes</p> <p data-bbox="469 1800 1216 1872">1. Aquicultura. 2. Peixe alimentação e rações. 3. Tilápia-do-nilo. 4. Alginatos. 5. Nutrição animal. I. Título.</p> |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Centro de Aquicultura da Unesp, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Unidade Complementar - Jaboticabal

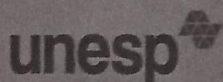
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Efeito do alginato de sódio na determinação da digestibilidade aparente em rações comerciais para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

AUTOR: HOTHON TRIONI

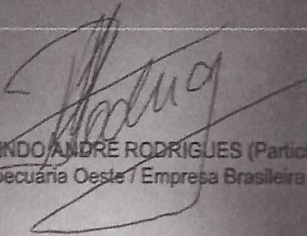
ORIENTADOR: JOÃO BATISTA KOCHENBORGER FERNANDES

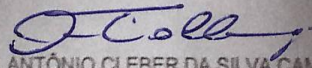
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências, área de Aquicultura, pela Comissão Examinadora:



Assinado de forma digital por João  
Batista Kochenborger  
Fernandes:26621860030  
Dados: 2024.06.10 16:32:38 -03'00'

Prof. Dr. JOÃO BATISTA KOCHENBORGER FERNANDES (Participação Virtual)  
Laboratório de Peixes Ornamentais / Centro de Aquicultura da UNESP, CAUNESP, Jaboticabal-SP

  
Prof. Dr. LAURINDO ANDRÉ RODRIGUES (Participação Virtual)  
Embrapa Agropecuária Oeste / Empresa Brasileira Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA Dourados-MS

  
Prof. Dr. ANTÔNIO CLEBER DA SILVA CAMARGO (Participação Virtual)  
Departamento de Produção Animal / Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana-RS

Jaboticabal, 29 de maio de 2024

Centro de Aquicultura - Unidade Complementar - Jaboticabal - São Paulo  
Via do Acesso Prof. Paulo Donato Cavalcanti, s/nº, 14870-000, Jaboticabal - São Paulo  
<http://www.caunesp.unesp.br/wps/wcm/connect/>

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, expresso minha profunda gratidão a Deus, cujo amor eterno iluminou cada passo deste caminho.

À minha querida família, cujo apoio incondicional e carinho foram a força motriz por trás de todas as minhas realizações.

Aos colaboradores do Centro de Nutrição em Aquicultura da ADM - Aurélio, Dalila, Junior, Henrique e Ivan - cujo suporte desempenhou um papel fundamental na execução desta pesquisa.

À FUNEP, por facilitar a parceria entre a ADM e a UNESP, tornando possível a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Dr. João Batista Kochenborger Fernandes, por confiar no trabalho e viabilizá-lo, a seus ensinamentos e orientações. À sua orientada, Thaís da Silva Oliveira, pela sua colaboração essencial a este trabalho.

## **APOIO FINANCEIRO**

À Archer Daniels Midland Company (ADM do Brasil) pelo apoio financeiro via Instrumento Particular de Desenvolvimento em Pesquisa n.º 1.088/2022 firmado com a Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão – Funep.

## RESUMO

Conhecer o coeficiente de digestibilidade é de grande importância para empresas formuladoras de ração animal e favorece as boas práticas de manejo e a sustentabilidade na aquicultura. Nos peixes, a digestibilidade é avaliada por um método indireto, que consiste na adição de um marcador inerte à mistura durante o processo de fabricação da ração, antes de esta ser peletizada ou extrusada. Contudo, esses marcadores não são incorporados nas formulações de rações comerciais, limitando as análises de digestibilidade a rações de caráter experimental. Para contornar essa limitação, desenvolvemos duas formulações de rações que imitam as comerciais destinadas a tilápias na fase de recria. A diferença entre as rações reside no fato de uma delas ser extrusada com a adição do marcador óxido de cromo III ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), funcionando como controle positivo, enquanto a outra não contém o marcador, servindo como dieta base. Seis dietas experimentais foram produzidas a partir da ração base, utilizando o alginato de sódio em diferentes concentrações e protocolos para aglutinar o óxido de cromo na ração, reticulados ou não com uma solução de 0,5% de cloreto de cálcio. Foi realizado um experimento de digestibilidade delineados em DIC com 4 repetições, utilizando 336 tilápias de  $102,3 \pm 4,18$  g distribuídas em 28 tanques de alimentação com 300 L. Verificou-se que o uso de revestimento (top-coating) superestima a digestibilidade, não sendo recomendado. O uso do alginato em concentração de 0,8%, reticulados ou não com 0,5% de cloreto de cálcio, para incorporação do marcador óxido de cromo III demonstra-se como uma estratégia promissora para a análise de digestibilidade aparente de macronutrientes pelo método indireto em rações comerciais destinadas à Tilápia do Nilo.

**Palavras-chave:** Biopolímero, Cromo, Nutrição, Piscicultura

## ABSTRACT

Knowing the digestibility coefficient is of great importance for animal feed formulation companies and favors good management practices and sustainability in aquaculture. In fish, digestibility is assessed using an indirect method, which consists of adding an inert marker to the mixture during the feed manufacturing process, before it is pelleted or extruded. However, these markers are not incorporated into commercial feed formulations, limiting digestibility analyzes to experimental feeds. To overcome this limitation, we developed two feed formulations that imitate commercial ones intended for tilapia in the rearing phase. The difference between the diets lies in the fact that one of them is extruded with the addition of the marker chromium III oxide ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), functioning as a positive control, while the other does not contain the marker, serving as a base diet. Six experimental diets were produced from the base feed, using sodium alginate in different concentrations and protocols to bind the chromium oxide to the feed, cross-linked or not with a 0.5% solution of calcium chloride. A digestibility experiment designed in DIC was carried out with 4 replications, using 336 tilapia weighing  $102.3 \pm 4.18$  g distributed in 28 feeding tanks with 300 L. It was found that the use of top-coating overestimates the digestibility, not recommended. The use of alginate at a concentration of 0.8%, cross-linked or not with 0.5% calcium chloride, to incorporate the chromium III oxide marker proves to be a promising strategy for analyzing the apparent digestibility of macronutrients using the method indirect in commercial feed intended for Nile Tilapia.

**Key-words:** Biopolymer, Chromium, Nutrition, Fish farming

## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Variação percentual entre cromo na dieta e fezes. ....                   | 23 |
| Tabela 1- Formulação das rações base e controle em g.kg-1 do total da dieta. ....   | 13 |
| Tabela 2 - Composição química analisada como g.kg-1 da dieta total (MN).....        | 16 |
| Tabela 3- Parâmetros de qualidade da água.....                                      | 17 |
| Tabela 4- Coeficiente de Digestibilidade da MS, P, PB e energia não ajustados. .... | 21 |
| Tabela 6 - Coeficiente de Digestibilidade Aparente do extrato etéreo. ....          | 22 |

## LISTA DE EQUAÇÕES

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Equação 1 - Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA).....        | 18 |
| Equação 4 - Variação percentual entre marcador na dieta e fezes ..... | 18 |

## SUMÁRIO

|                                                            |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                  | <b>9</b>  |
| <b>3 OBJETIVO GERAL .....</b>                              | <b>12</b> |
| 3.1 Objetivos específicos .....                            | 12        |
| <b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                           | <b>13</b> |
| 4.2 Análises químicas .....                                | 15        |
| 4.3 Teste de Digestibilidade .....                         | 16        |
| 4.4 Cálculos e estatísticas.....                           | 17        |
| 4.4.2 Recuperação de óxido de cromo na dieta e fezes ..... | 18        |
| 4.5 Análise estatística .....                              | 18        |
| <b>5. RESULTADOS .....</b>                                 | <b>19</b> |
| 5.2 Coeficiente de Digestibilidade Aparente.....           | 19        |
| 5.4 Recuperação de óxido de cromo nas fezes .....          | 22        |
| <b>7 DISCUSSÃO .....</b>                                   | <b>24</b> |
| <b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                        | <b>26</b> |
| <b>9 REFERÊNCIAS .....</b>                                 | <b>27</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, as normativas vigentes estabelecem que os rótulos de rações para animais apresentem os níveis de garantia dos nutrientes, refletindo a quantidade total destes, sem destacar a porcentagem digestível. A divulgação exclusiva da quantidade bruta dos nutrientes pode ocultar a real qualidade nutricional da ração, particularmente no que se refere à digestibilidade e, conseqüentemente, à disponibilidade dos nutrientes para os animais. Nesse sentido a digestibilidade dos nutrientes e a relação entre eles, particularmente entre proteína e energia, é um critério de qualidade importante para mensurar o aproveitamento alimentar dos animais. Apesar dos custos envolvidos nas análises laboratoriais, os testes de digestibilidade podem ser aplicados em conjunto com os testes de desempenho zootécnico. Embora os testes de digestibilidade ainda não sejam amplamente aplicáveis aos produtores, instituições de pesquisa e empresas de nutrição animal consideram os estudos de digestibilidade fundamentais para novas dietas.

A digestibilidade é a capacidade do animal de digerir nutrientes e energia contidos nos alimentos. Essa medida é expressa pela fração do alimento consumido que é absorvida no trato digestivo e não encontrada nas fezes, sendo, portanto, a diferença entre os nutrientes ingeridos e os excretados. O cálculo dessa fração é feito através de coeficientes de digestibilidade (ANDRIGUETO *et al.*, 1982). Em sistemas experimentais para peixes, essa avaliação é comumente realizada pelo método indireto. Este método emprega um marcador inerte adicionado à ração, facilitando da digestibilidade. No método indireto, os coeficientes de digestibilidade aparente são calculados com base na diferença entre as concentrações de um marcador indigestível e dos nutrientes presentes tanto no alimento quanto nas fezes. Dessa forma, não é preciso coletar todas as fezes para realizar a análise (MAYNARD *et al.*, 1969). O uso do marcador é crucial, já que o ambiente aquático dificulta a coleta total de fezes e a quantificação precisa do alimento ingerido.

A lixiviação pode ser altamente significativa no método indireto por decantação tanto do alimento ofertado, quanto das fezes devido à distância que os excrementos teriam de percorrer na água antes de serem recolhidos (PEZZATO *et al.*, 2002). Além de um método de coleta de fezes adequado, a escolha de um bom marcador também

é fundamental para uma boa análise de digestibilidade. Características como inércia química em sistema digestório, custo, incorporação na dieta e facilidade de análise devem ser consideradas.

A coleta de fezes para avaliar a digestibilidade em peixes pode ser realizada por diversos métodos, como extrusão manual, sucção anal, dissecação do intestino e decantação da saída de água, como no método de Guelph (CHO, 1979). Cada método apresenta vantagens e desvantagens, particularmente quanto à representatividade das amostras coletadas. Além disso, a avaliação da digestibilidade em rações comerciais por meio do método indireto enfrenta desafios adicionais. Marcadores externos, como regra, não integram as formulações dietéticas padrão, e sua inclusão em escala industrial é inviável por razões econômicas e ambientais.

Uma das alternativas adotadas pelas empresas de nutrição é fazer a ração teste em fábricas menores de unidades de pesquisa ou em parcerias com universidades. Outras possibilidades para analisar a digestibilidade de rações comerciais incluem a utilização de marcadores internos, ou seja, marcadores do próprio alimento, como fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e celulose (BOTELHO *et al.*, 2012). Ou ainda, a inclusão do marcador já na ração pronta (RODRIGUES *et al.*, 2017).

Entre as tentativas para adicionar marcadores de digestibilidade em rações comerciais para salmão, Hillestad *et al.* (1999) revestiram o óxido de ítrio ( $Y_2O_3$ ) com uma pequena quantidade de óleo de peixe em um misturador de concreto, mas concluíram que a perda de ítrio (Y) para a água era muito alta. O método recomendado foi moer a ração seca e misturar no marcador antes de fazer uma dieta úmida a base de água e aglutinante.

Hatlen *et al.* (2015) estudou a possibilidade de avaliar a digestibilidade de rações comerciais por meio do marcador óxido de ítrio ( $Y_2O_3$ ) disperso em óleo de peixe revestidas a vácuo (vacuum coating). O método de coleta de fezes para este experimento foi o de dissecação do intestino. O autor encontrou que o ítrio (Y) disperso em óleo por vacuum coating foi evacuado do estômago junto com os lipídios pouco tempo após a ingestão, enquanto a evacuação da proteína foi mais tarde. A tendência do marcador ser evacuado mais rápido se manteve durante o período de passagem pelo intestino médio e diminuiu na parte distal. Os autores perceberam que as medições de digestibilidade podem ser tendenciosas pelas diferenças nas taxas de

evacuação gastrointestinal entre nutrientes e marcadores. Por fim, concluíram que a adição de óxido de ítrio por vacuum coating é um método promissor para avaliação da digestibilidade em rações comerciais, onde o marcador inerte não foi adicionado no processo de produção mas que, como pré-requisito, quando as fezes são coletadas por extração, é exigido alimentação frequente ou que a extração seja feita no momento ideal. Uma outra opção que não foi explorada pelos autores para aumentar confiabilidade dos dados seria utilizar o método de Guelph para coletar as fezes através da decantação.

Neste sentido, o presente trabalho busca investigar se a digestibilidade dos nutrientes de dietas comerciais para Tilápia do Nilo pode ser determinada incluindo o marcador utilizando o alginato de sódio como aglutinante. O desafio de nosso estudo foi manter a estabilidade das dietas em água, haja vista que os processos de lixiviação acontecem de forma rápida, provocando a liberação de nutrientes e marcador para a água, bem como levando a desagregação dos pellets e, consequentemente, diminuindo a disponibilidade de captura por parte dos animais.

Em função da sua inércia química em sistemas digestórios, o óxido de cromo (III) é frequentemente utilizado como marcador biológico em estudos de digestibilidade (PARIZI, 2012), apresentando a vantagem de ser barato e facilmente incorporado à dieta.

O alginato de sódio devido a características como a ação gelificante e espessante, biodegradabilidade, biocompatibilidade e ausência de toxidez, o torna um material de interesse para nosso estudo (GARCIA-CRUZ *et al.*, 2008). Suas aplicações englobam principalmente a produções de géis devido ao processo de gelificação no qual as cadeias do alginato participam de reticulação intermolecular na presença de íons multivalentes, como cátions  $\text{Ca}^{2+}$ , ou na presença de outros agentes reticulantes (GARCIA-CRUZ *et al.*, 2008). Em sua estrutura, o alginato é constituído por copolímeros lineares contendo blocos de ácido  $\alpha$ -L-gulurônico (G) e ácido  $\beta$ -D-manurônico (M), os quais constroem a estrutura pela formação de blocos G-G, G-M e M-M (CAVALLARO *et al.*, 2013).

Os estudos sobre alginato de sódio na aquicultura destacam sua ampla aplicabilidade. Hue *et al.* (2023) demonstraram o uso de nanopartículas de alginato de sódio para encapsular vacinas orais de DNA. Em seguida, Rodriguez *et al.* (2018) utilizaram microcápsulas de alginato para entrega de enzimas exógenas à tilápia do

Nilo. Yin *et al.* (2018) desenvolveram cápsulas de alginato com ágar, carregadas com indometacina, cuja liberação foi controlada pelo pH. Além disso, a reticulação do alginato de sódio, que pode ser realizada com cátions bi e trivalentes, influencia as propriedades mecânicas e solubilidade em água do biopolímero (Remuñán-López & Bodmeier, 1997).

Duis K. *et al.* (1995) investigaram a reticulação de alginato com cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) e óleo de fígado de bacalhau em rações, visando reduzir a lixiviação de oxitetraciclina e amoxicilina. Ledesma *et al.* (2012) aplicaram alginato de sódio reticulado com  $\text{CaCl}_2$  para desenvolver cápsulas contendo probióticos para administração oral em pescados. Cejko *et al.* (2023) exploraram soluções de alginato de sódio e  $\text{CaCl}_2$  para armazenar espermatozoides testiculares de truta arco-íris (*O. mykiss*). Finalmente, Veja-Carranza *et al.* (2021) investigaram a encapsulação de probióticos em micropartículas de alginato e  $\text{CaCl}_2$ , avaliando sua liberação controlada.

## **8 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A inclusão do marcador óxido de cromo por meio do reprocessamento da ração extrusada em péletes, associada ao aglutinante alginato de sódio na concentração de 0,8%, permitiu mensurar a digestibilidade dos nutrientes sem prejuízos em relação ao método tradicional de inclusão do marcador, ou seja, antes da extrusão.

## 9 REFERÊNCIAS

- ADESHINA, Ibrahim *et al.* Interactive effects of dietary phosphorus and microbial phytase on growth performance, intestinal morphometry, and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on low-fishmeal diets. **Aquaculture**, v. 563, p. 738995, 2023.
- AOAC INTERNATIONAL. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 20. ed. Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists, 2016.
- BOTELHO, R. M. *et al.* Marcadores internos como alternativa ao oxido de cromio-III na determinacao da digestibilidade aparente em tilapia do Nilo. *Veterinária e Zootecnia*, v. 19, n. 4, p. 539-547, 2012.
- BOYD, C. E.; QUEIROZ, J. F.; McNEVIN, A. Perspectives on the responsible aquaculture movement. **World Aquaculture**, v. 44, n. 4, p. 14-21, 2013.
- CANTELMO, O.A.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; RIBEIRO, M.A.R. Influência de diferentes aglutinantes na digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína, no pacu (*Piaractus mesopotamicus*) arraçoado com rações elaboradas sem ou com vapor. *Acta Scientiarum* 21 (2), 277-282, 1999.
- CAVALLARO, G., *et al.* Alginate gel beads filled with halloysite nanotubes. **Applied clay science**, 2013, 72: 132-137.
- CEJKO, Beata Irena *et al.* Application of sodium alginate solution for short-term storage of different volumes of sex-reversed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) testicular sperm. **Aquaculture**, v. 560, p. 738491, 2022.
- CHO, C. Y. Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout. **Finfish nutrition and fishfeed technology**, 1979.
- DO NASCIMENTO, Thiago MT *et al.* Determination of the optimum dietary essential amino acid profile for growing phase of Nile tilapia by deletion method. **Aquaculture**, v. 523, p. 735204, 2020.
- DUIS, K. *et al.* Leaching of four different antibacterials from oil-and alginate-coated fish-feed pellets. **Aquaculture Research**, v. 26, n. 8, p. 549-556, 1995.

FURUYA, Wilson Massamitu *et al.* Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus* (L.)(linhagem tailandesa). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 23, p. 465-469, 2001.

FURUYA, W. M. Níveis de proteína e fitase em rações de terminação para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 8, n. 1, 2005.

FURUYA, Wilson Massamitu *et al.* Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias. Toledo: GFM, 2010.

JUST, Philip N. *et al.* Effects of two delivery matrix components, alginate and polyethylene glycol, on the intestinal tract and inflammatory response of juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, Walbaum. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 55, n. 1, p. 202-222, 2024.

MA, Fei *et al.* Effects of extruded and pelleted diets with differing protein levels on growth and nutrient retention of tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. **Aquaculture International**, v. 23, p. 1341-1356, 2015.

MAYNARD, Leonard Amby *et al.* Animal nutrition. **Animal nutrition.**, n. 6th ed, 1969.

MORALES, Gabriel A. *et al.* Effect of different inorganic phosphorus sources on growth performance, digestibility, retention efficiency and discharge of nutrients in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 495, p. 568-574, 2018.

PARIZI, José Luiz Santos. Avaliação do potencial genotóxico do 51Cr2O3, marcador de digestibilidade, por meio da frequência de anormalidades nucleares em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). 2012.

PERES, H. *et al.* Growth performance and metabolic responses of Nile tilapia fed diets with different protein to energy ratios. **Aquaculture**, v. 547, p. 737493, 2022.

PEZZATO, Luiz Edivaldo *et al.* Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 1595-1604, 2002.

HATLEN, Bjarne *et al.* Addition of yttrium oxide as digestibility marker by vacuum coating on finished pellets—A method for assessing digestibility in commercial salmon feeds?. *Aquaculture*, v. 435, p. 301-305, 2015.

HILLESTAD, Marie; ÅSGÅRD, Torbjørn; BERGE, Gerd Marit. Determination of digestibility of commercial salmon feeds. ***Aquaculture***, v. 179, n. 1-4, p. 81-94, 1999.

HUO, Xingchen *et al.* Oral pcDNA3. 1-VP4/VP56-FlaC DNA vaccine encapsulated by chitosan/sodium alginate nanoparticles confers remarkable protection against GCRV infection in grass carp. ***Aquaculture***, v. 577, p. 739996, 2023.

QUADROS, Moisés *et al.* Crude protein reduction and digestible methionine+ cystine and threonine to digestible lysine ratios in diets for Nile tilapia fingerlings. ***Revista Brasileira de Zootecnia***, v. 38, p. 1400-1406, 2009.

RODRIGUES, A. P. O. *et al.* Qualidade de rações comerciais utilizadas na alimentação do pirarucu *Arapaima gigas* em cativeiro. 2017.

RODRIGUEZ, Yamila E. *et al.* Exogenous enzymes in aquaculture: Alginate and alginate-bentonite microcapsules for the intestinal delivery of shrimp proteases to Nile tilapia. ***Aquaculture***, v. 490, p. 35-43, 2018.

ROSTAGNO, H S. *et al.* Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos - Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. Viçosa : Departamento de Zootecnia, UFV, 2017.

SHIPTON, T. A.; BRITZ, P. J. An assessment of the use of chromic oxide as a marker in protein digestibility studies with *Haliotis midae* L. ***Aquaculture***, v. 203, n. 1-2, p. 69-83, 2001.

SPYRIDAKIS, P.; METAILLER, R.; GABAUDAN, J. Studies on nutrient digestibility in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*): 2. Effect of sodium alginate on protein and lipid digestibility. ***Aquaculture***, v. 77, n. 1, p. 71-73, 1989.

STOREBAKKEN, Trond; AUSTRENG, Erland. Binders in fish feeds: II. Effect of different alginates on the digestibility of macronutrients in rainbow trout. ***Aquaculture***, v. 60, n. 2, p. 121-131, 1987.

STOREBAKKEN, Trond. Binders in fish feeds: I. Effect of alginate and guar gum on growth, digestibility, feed intake and passage through the gastrointestinal tract of rainbow trout. **Aquaculture**, v. 47, n. 1, p. 11-26, 1985.

TACON, Albert GJ; METIAN, Marc. Feed matters: satisfying the feed demand of aquaculture. **Reviews in Fisheries Science & Aquaculture**, v. 23, n. 1, p. 1-10, 2015.

VEGA-CARRANZA, Ana S. et al. Alginate microcapsules as delivery and protective systems of *Bacillus licheniformis* in a simulated shrimp's digestive tract. **Aquaculture**, v. 540, p. 736675, 2021.

YIN, Zi-Chen; WANG, Yan-Ling; WANG, Kun. A pH-responsive composite hydrogel beads based on agar and alginate for oral drug delivery. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, v. 43, p. 12-18, 2018.