

# Glúten de trigo em dietas para tilápia do Nilo: digestibilidade e desempenho produtivo de larvas\*

## Wheat gluten in the diet of Nile tilapia: digestibility and larvae growth performance

Vanessa Lewandowski,\*\* Cesar Sary,\*\*\* Jhonis Ernzen Pessini,\*\*\*\* Altevair Signor,\*\*\*\*\* Wilson Rogério Boscolo,\*\*\*\*\* Fábio Bittencourt,\*\*\*\*\* Aldi Feiden\*\*\*\*\*

### Resumo

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial de utilização do glúten de trigo em dietas para tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), através de estudos de digestibilidade e desempenho produtivo de larvas. Para o estudo de digestibilidade foi elaborada uma dieta referência e uma dieta teste, contendo glúten de trigo. Utilizou-se o óxido de cromo III como marcador inerte. As fezes coletadas foram destinadas à análise de composição química, assim como as rações e o ingrediente teste. Além disso, foi realizada análise de leitura de óxido de cromo das fezes e das dietas. Os resultados obtidos por meio dessas análises foram utilizados para calcular os coeficientes de digestibilidade. Com base nesses coeficientes foram elaboradas as dietas experimentais dos estudos de dose-resposta para larvas. Foram formuladas cinco dietas experimentais com diferentes níveis de inclusão de glúten de trigo, sendo de 0%; 2,5%; 5,0%, 7,5% e 10%. Ao final do experimento foram avaliados o desempenho produtivo dos animais. Os dados de desempenho foram submetidos à análise de regressão linear a 5% de probabilidade. O glúten de trigo apresenta elevados coeficientes de digestibilidade para matéria seca, proteína bruta e energia bruta, sendo de 94,02; 98,18 e 96,90%, respectivamente. A análise de regressão demonstrou um efeito linear negativo quanto ao comprimento final e sobrevivência das larvas conforme aumentou-se o nível desse alimento. Dessa forma, conclui-se que o glúten de trigo é um ingrediente potencial para ser utilizado em dietas para tilápia-do-nilo, não sendo recomendada sua inclusão na fase larval.

*Palavras-chave:* nutrição de peixes, ingrediente alternativo, piscicultura.

### Abstract

The objective of this study was to evaluate the utilization potential of wheat gluten in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) through studies of digestibility and productive performance of larvae. For the digestibility study was elaborated a reference diet and a test diet containing wheat gluten. Chromium oxide-III was used as an inert marker. The collected faeces were destined to analysis of chemists compounds as the feed, and the test ingredient. Besides, reading chromium oxide analysis was performed in the faeces and diets. The results obtained through these analyses were used to calculate the digestibility coefficients. Based on these coefficients, experimental diets were elaborated for the dose-response studies in larvae. For the experiment, five experimental diets were formulated with different inclusion levels of wheat gluten, with 0%; 2,5%; 5,0%, 7,5% and 10%. At the end of the experiment, the productive performance was evaluated. The performance data were submitted to linear regression with 5% of probability. The wheat gluten presents high digestibility coefficients for dry matter, crude protein and gross energy with 94,02; 98.18 and 96.90%, respectively. The regression analyses showed a negative linear effect on the final length and survival of the larvae when the level of this food was increased. Thus, it is concluded that wheat gluten is a potential ingredient to be utilized in diets for Nile tilapia, not being recommended its inclusion in the larvae period.

*Keywords:* feeding, alternative ingredient, animal growth performance.

### Introdução

O glúten de trigo é um alimento proteico, coeso e viscoelástico, sendo considerado um coproduto do processo de isolamento do amido da farinha de trigo (Day et al., 2006). Sua fração proteica é constituída de estruturas conhecidas como gliadinas e gluteninas (Wieser, 2007), as quais, quando hidratadas, são responsáveis

pela propriedade viscoelástica. Devido a sua viscoelasticidade, pode ser empregado como aglutinante em rações extrusadas, resultando em *pellets* com estrutura interna regular (Draganovic et al., 2013), podendo substituir parcialmente a utilização de amido e de agentes ligantes Storebakken et al. (2000).

Caracteriza-se por ser uma fonte proteica de alta qualidade e digestibilidade. Possui um percentual de proteína de aproxima-

\*Recebido em 20 de março de 2017 e aceito em 10 de julho de 2017.

\*\*Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, PR, Brasil. Autor para correspondência: vanessa.engpesca@hotmail.com

\*\*\*Instituto Federal do Paraná (IFPR), Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

\*\*\*\*Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil.

\*\*\*\*\*Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Toledo, PR, Brasil.

damente 80%, sendo maior do que a farinha de peixe e o farelo de soja, as quais são importantes fontes proteicas utilizadas na alimentação animal e, por apresentar alto teor de energia bruta, pode ainda ser utilizado como fonte energética (Rostagno et al., 2011; Apper-Bossard et al., 2013).

Entretanto, para que um alimento possa ser empregado na formulação de dietas, faz-se necessário o conhecimento do valor nutricional do produto, bem como suas limitações, visando melhor resposta produtiva dos animais por meio de sua inclusão na ração (Braga et al., 2010). Segundo Hanley (1987), no processo de avaliação de um ingrediente para utilização na alimentação animal, deve-se primeiramente analisar a composição química e os coeficientes de digestibilidade, a fim de mensurar o quanto dos seus nutrientes estão sendo digeridos e absorvidos pelo organismo. Além disso, a avaliação de um alimento deve ser complementada por metodologias que permitam averiguar a utilização ou interferência de seus nutrientes no desempenho produtivo dos animais, através de estudos de dose-resposta (Fracalossi et al., 2013).

Diversos estudos foram realizados com a finalidade de avaliar a inclusão de glúten de trigo na dieta de diferentes espécies de peixes como *Oncorhynchus mykiss* (Pfeffer et al., 1992; Sugiura et al., 1998), *Bidyanus bidyanus* (Allan et al., 2000), *Gadus morhua* (Tibbetts et al., 2006), *Hippoglossus hippoglossus* (Helland e Grisdale-Helland, 2006), *Perca flavescens* (Kwasek et al., 2012), entre outras. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial de utilização do glúten de trigo em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), através de estudos de digestibilidade e desempenho produtivo de larvas.

## Material e métodos

O estudo foi composto por duas fases, sendo a primeira a avaliação da digestibilidade do glúten de trigo para a tilápia-do-nilo e a segunda composta por um experimento de dose-resposta com base nos resultados dos coeficientes de digestibilidade. Na segunda fase, o experimento de dose-resposta foi realizado com cinco níveis de inclusão do ingrediente teste para larvas de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*).

O ensaio de digestibilidade foi realizado no Laboratório de Digestibilidade do Grupo de Pesquisa em Manejo na Aquicultura (Gemaq), na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), durante 30 dias, aprovado pelo comitê de ética da Universidade Estadual do Oeste do Paraná com número de protocolo 75/13.

Foram utilizados 120 peixes com peso e comprimento médio de  $67,50 \pm 17,22$ g e  $14,55 \pm 1,16$ cm, respectivamente, distribuídos em seis tanques de 180 litros com fundo cônico afunilado, com sistema de sifão na extremidade inferior para coleta de fezes e providas de aeração constante por meio de soprador de ar central.

O delineamento foi inteiramente casualizado com dois tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiram na elaboração de duas dietas, sendo uma referência (Tabela 1) e outra teste, a qual continha 80% da dieta referência e 20% do ingrediente testado. A determinação da digestibilidade aparente foi realizada pelo método indireto de coleta de fezes utilizando 0,1% de óxido crômico ( $Cr_2O_3$ ) como marcador inerte, adicionado às dietas durante a mistura dos ingredientes.

**Tabela 1:** Dieta referência

Ingredientes	Quantidade (%)
Soja	28,60
Arroz	25,00
Milho	16,88
Farinha de peixe	15,00
Trigo	8,00
Farinha vísceras de aves	5,00
Premix	1,00
Sal	0,30
A. propriônico	0,20
Antioxidante BHT	0,02
<b>Total</b>	<b>100,00</b>

Para fabricação das rações, os ingredientes foram moídos individualmente em um triturador tipo martelo, com peneira de 0,5 mm, e posteriormente misturados manualmente conforme as formulações. Em seguida, foram extrusadas em extrusora Ex-Micro®, secas em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 24 horas e, após resfriamento, acondicionadas em sacos em condições refrigeradas. O arraçamento foi realizado 5 vezes ao dia (08:00; 11:00; 13:30; 15:30 e 17:30), até a saciedade aparente.

Os peixes foram submetidos a um período adaptativo de sete dias, sendo posteriormente iniciada a coleta de fezes. Após o término da coleta, as fezes foram desidratadas em estufa de ventilação forçada a 55°C, durante 72 horas. Em seguida, foram destinadas a análises de composição química (proteína bruta, extrato etéreo, matéria seca e matéria mineral) assim como as rações e o ingrediente teste, conforme a metodologia descrita pela AOAC (2000). Além disso, foi realizada análise de leitura de óxido de crômio das fezes e das dietas, segundo a metodologia descrita por Bremer Neto et al. (2003).

Os resultados obtidos foram utilizados para calcular os coeficientes de digestibilidade das dietas, sendo empregada a seguinte fórmula:

$$CDA(\%) = 100 - \left\{ 100 \times \left[ \left( \frac{\% \text{Indicador}_D}{\% \text{Indicador}_F} \right) \times \left( \frac{N_F}{N_D} \right) \right] \right\}$$

Sendo CDA (%) o coeficiente de digestibilidade da dieta; % Indicador<sub>D</sub> o percentual do indicador presente na dieta; % Indicador<sub>F</sub> o percentual do indicador presente nas fezes; N<sub>F</sub> a quantidade de nutrientes presente nas fezes e N<sub>D</sub> a quantidade de nutrientes presente na dieta.

Em seguida, foram calculados os coeficientes de digestibilidade dos ingredientes testados:

$$CDA_{ing} = CDA(\%)Dt + (CDA(\%)Dt - CDA(\%)Ref) * \left[ \frac{(b * N_{ref})}{(a * N_{ing})} \right]$$

Sendo CDA<sub>ing</sub> o coeficiente de digestibilidade do ingrediente; CDA(%)Dt o coeficiente de digestibilidade da dieta teste; CDA(%)Ref o coeficiente de digestibilidade da dieta referência; N<sub>ref</sub> a quantidade do nutriente na dieta referência; N<sub>ing</sub> a quantidade de nutriente no ingrediente teste; “b” porcentagem da dieta referência e “a” porcentagem do ingrediente teste.

O experimento de desempenho produtivo de larvas foi realizado no Laboratório de Aquicultura do Gemaq, na Unioeste, *Campus Toledo*, durante um período de 31 dias, sob aprovação do comitê de ética da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, protocolo número 74/13.

Foram utilizadas 240 larvas com peso e comprimento médio de 0,062g e 1,65cm. As larvas foram distribuídas em 20 aquários com capacidade de 30 litros e aeração constante, totalizando em cinco tratamentos e quatro repetições. Durante os períodos experimentais, os parâmetros de qualidade de água observados foram temperatura, oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica, mantendo-se nos valores de 25,98±0,30 °C; 6,55±0,48 mg/L; 8,45±0,27; 16,31±1,52 mS/cm, respectivamente.

As dietas fabricadas para os ensaios de desempenho foram baseadas nos resultados obtidos no estudo de digestibilidade. Foram formuladas cinco dietas experimentais com diferentes níveis de inclusão de glúten de trigo, sendo de 0; 2,5; 5,0, 7,5 e 10% (Tabela 2). As larvas foram submetidas a um período de adaptação de sete dias. O arraçoamento foi realizado 4 vezes ao dia (08:00; 11:00; 13:30; e 17:30), até a saciedade aparente. Para fabricação das rações, os ingredientes foram moídos e misturados conforme a formulação de cada dieta e posteriormente extrusadas.

**Tabela 2:** Dietas experimentais com diferentes níveis de inclusão de glúten de trigo para larvas de tilápia-do-nylo (*O. niloticus*)

Ingredientes (%)	Níveis de Inclusão do Glúten de Trigo				
	0,00	2,50	5,00	7,50	10,00
Farinha vísceras de aves	33,00	32,94	32,88	32,82	32,76
Milho grão	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Farelo de soja	15,00	15,29	15,58	15,87	15,16
Glúten de milho	14,62	10,97	7,31	3,66	0,00
Glúten de trigo	0,00	2,50	5,00	7,50	10,00
Farinha de peixe	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Arroz quirera	9,26	10,25	11,24	12,22	13,21
Premix	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fosfato bicálcico	0,80	0,84	0,89	0,94	0,99
Óleo de soja	0,45	0,34	0,22	0,11	0,00
Sal comum	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Cloreto de colina	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Vitamina C	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Antifúngico (BHT)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Antioxidante	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
L-lisina	0,21	0,21	0,02	0,01	0,00
L-triptofano	0,03	0,03	0,02	0,01	0,00
L-treonina	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
DL-Metionina	0,00	0,01	0,03	0,04	0,05
<b>Total (%)</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Nutrientes	Quantidade				
Proteína bruta (%)	42,50	42,53	42,57	42,60	42,63
Proteína digestível (%)	38,60	38,60	38,60	38,60	38,60
Energia digestível (Kcal/Kg)	3500,00	3500,00	3500,00	3500,00	3500,00
Fósforo total(%)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Cálcio(%)	2,28	2,30	2,31	2,32	2,33

Ao final do ensaio, as larvas foram submetidas a um jejum de 24 horas e anestesiadas com 100mg/L de benzocaína, possibilitando a realização da biometria final. Os parâmetros de desempenho produtivo avaliados foram peso final (g), comprimento final (cm), ganho em peso (peso final-peso inicial), taxa de crescimento específico (TCE) [(ln peso final-ln peso inicial)/duração do experimento em dias] e sobrevivência (%). Os dados de desempenho produtivo obtidos foram submetidos à análise de regressão pelo *software Statistic 7.0*.

## Resultados e discussão

Os resultados de composição química (Tabela 3) demonstraram que o glúten de trigo apresenta elevado teor de proteína bruta (82,05%) e energia (5040 Cal/g), sendo maior do que alguns ingredientes proteicos utilizados na fabricação de rações animais como farinha de peixe, farinha de penas, glúten de milho e farelo de soja (Rostagno et al., 2011). Dessa forma, levando em consideração os valores de composição química, pode-se afirmar que o glúten de trigo apresenta potencial para ser utilizado como alimento proteico na dieta de animais.

Os valores dos coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e energia bruta mantiveram-se acima de 94%, o que permite prever que a tilápia-do-nylo apresenta alta capacidade de absorção e utilização dos nutrientes presentes no glúten de trigo. Esses resultados corroboram com estudos que avaliaram a digestibilidade do glúten de trigo para demais espécies de peixes, como *Oncorhynchus kisutch*, *O. mykiss*, *Bidyanus bidyanus*, *Gadus morhua*, *Sparus aurata* L., *Dicentrarchus labrax*, além de *Oreochromis niloticus* (Sugiura et al., 1998; Robaina et al., 1999; Allan et al., 2000; Kissil e Lupatsch; 2004; Schneider et al., 2004; Tibbetts et al., 2006). Eles demonstram coeficientes de digestibilidade da proteína bruta do glúten de trigo acima de 89%.

Comparando os valores observados no presente experimento com dados da literatura sobre a digestibilidade de diferentes fontes proteicas utilizadas na alimentação dos peixes, pode-se constatar que o glúten de trigo proporciona maior aproveitamento dos nutrientes avaliados do que ingredientes como farelo de soja e farinha de peixe (Furuya et al., 2001; Boscolo et al., 2002; Meurer et al., 2003). Os elevados percentuais de digestibilidade observados podem ser explicados pelo fato de o glúten de trigo apresentar baixo teor de fibra, variando de 0,5 a 1% (Apper-Bossard et al., 2013), menor do que ingredientes como farelo de arroz (8,07%), milho (1,73%), farelo de soja (4,19%), trigo (2,37%) e farelo de trigo (9,50%) (Rostagno et al., 2011). Segundo Apper-Bossard et al. (2013), a fibra presente nos alimentos além de influenciar na digestibilidade de outros nutrientes não pode ser totalmente digerida, uma vez que os peixes possuem limitações no trato gastrointestinal que restringem sua absorção.

**Tabela 3:** Composição química e coeficientes de digestibilidade do glúten de trigo pela tilápia-do-nylo (*O. niloticus*)

Composição química (matéria natural)	Quantidade
Matéria seca (%)	90,29
Proteína bruta (%)	82,05
Energia bruta (Cal/g)	5040,00
Extrato etéreo (%)	0,67
Matéria mineral (%)	2,07
Coeficientes de digestibilidade aparente	
Matéria seca (%)	94,02
Proteína bruta (%)	98,18
Energia bruta (%)	96,90
Proteína digestível (%)	80,56
Energia digestível (Cal/g)	4884,00

Outro fator que favorece a maior digestibilidade do glúten de trigo é a ausência de fatores antinutricionais como gossipol, ácido fítico, inibidores enzimáticos, lecitinas, entre outros. Segundo Francis et al. (2001), os fatores antinutricionais estão presentes na composição dos vegetais que quando ingeridos interferem na absorção de nutrientes desses alimentos pelo organismo. Dessa forma, a ausência desses fatores na composição do glúten de trigo faz com que os animais aproveitem de forma mais eficiente, sem entraves fisiológicos, os nutrientes presentes em sua composição.

O glúten de trigo não influenciou no peso final, na taxa de crescimento específico e no ganho de peso das larvas avaliadas (Tabela 4). A presença do glúten de milho na composição das dietas, de maneira inversamente proporcional à inclusão do glúten de trigo pode ter influenciado no desempenho produtivo das larvas alimentadas com as diferentes dietas. Segundo Meurer et al. (2003) o glúten de milho é uma fonte proteica com ótimo potencial de utilização pela tilápia-do-nylo, com altos valores de proteína e energia digestível e baixos valores de fibra bruta, fibra em detergente neutro e cinzas (Rostagno et al. 2011).

**Tabela 4:** Desempenho produtivo de larvas de tilápia-do-nylo (*O. niloticus*) alimentadas com diferentes níveis de glúten de trigo

Variáveis	Níveis de inclusão de glúten de trigo (%)					C.V.*	Efeito
	0,0	2,5	5,0	7,5	10,0		
Peso final(g)	0,97	0,81	0,85	0,99	0,60	18,10	NS
Comprimento final (cm)	3,71	3,44	3,51	3,62	3,11	6,54	Linear
TCE* (%)	0,09	0,08	0,08	0,09	0,07	8,57	NS
Ganho em peso (g)	0,90	0,75	0,79	0,93	0,54	19,70	NS
Sobrevivência (%)	81,26	72,91	56,25	54,16	25,00	37,33	Linear
	Equações						Valor P
Comprimento final (cm)	Y=3,7812-0,0994x; R <sup>2</sup> =0,4760						0,0187
Sobrevivência (%)	Y=97,2922-13,1252x; R <sup>2</sup> = 0,9213						0,0096

\*TCE= Taxa de crescimento específico; CV= Coeficiente de variação (%); NS= não significativo (P>005)

Dessa forma, os animais alimentados com dietas contendo baixo nível de glúten de trigo possivelmente utilizaram os nutrientes presentes no glúten de milho, influenciando no aproveitamento da proteína e conseqüentemente, no peso final, taxa de crescimento específico e ganho de peso. Em contrapartida, a análise de regressão demonstrou um efeito linear negativo para o comprimento final e sobrevivência. A ocorrência de maior mortalidade conforme aumentou-se a inclusão de glúten de trigo demonstra que sua utilização em altos níveis em dietas para larvas de tilápia não é viabilizada, pois a sobrevivência é um importante fator considerado na larvicultura. Nesse sentido, Hayashi et al. (2002) destacam que a larvicultura é de fundamental importância para obtenção de animais em quantidade e de qualidade para as fases posteriores de criação.

Os resultados do presente estudo contrastam com os valores obtidos por Filipetto et al. (2005), os quais avaliaram a substituição de fígado bovino por glúten de milho e glúten de trigo em três níveis de inclusão de cada alimento (7,5; 15,0 e 30%) em dieta para pós-larvas de piava (*Leporinus obtusidens*) e observaram que a utilização de 7,5% de glúten de trigo proporcionou melhores resultados quanto ao comprimento final, peso final, taxa de crescimento específico. Entretanto, o nível de 7,5% de inclusão de glúten de trigo afetou negativamente a sobrevivência dos animais.

Os estudos avaliando a inclusão de glúten de trigo em larvas de peixes ainda são escassos. O efeito negativo observado no presente trabalho pode estar relacionado com as propriedades químicas e físicas desse ingrediente. O glúten de trigo é formado pelas proteínas gliadinas e gluteninas, as quais conferem propriedade viscoelástica ao mesmo (Delcour et al., 2012), podendo influenciar na palatabilidade, absorção e aproveitamento dos nutrientes pelas larvas. Liao et al. (2010) afirmam que a utilização do glúten de trigo é limitada devido à sua baixa solubilidade, por conter em sua composição muitos aminoácidos não polares. A solubilidade dos nutrientes é um fator importante no processo de digestão, principalmente na fase larval, onde ocorrem transformações no sistema digestório em relação à morfologia, pH e secreções gástricas, sendo recomendada a alimentação de larvas com ingredientes que contenham nutrientes de fácil digestão (Baldisserotto, 2013).

Em relação à inclusão de glúten de trigo em dietas de peixes adultos, alguns estudos demonstram efeito satisfatório. Helland e Grisdale-Helland (2006) avaliaram a inclusão de 0,0; 10,0; 20,0 e 30% de glúten de trigo como fonte proteica em substituição à farinha de peixe em dieta para o Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) e não observaram diferença estatística em relação aos parâmetros de desempenho produtivo. Entretanto, verificaram que os animais alimentados com as dietas testes contendo glúten de trigo tiveram maior retenção de arginina, lisina e metionina, sendo que os peixes alimentados com 30% de glúten de trigo absorveram 77% da lisina que foi consumida.

Messina et al. (2013) estudaram a substituição da farinha de peixe por glúten de trigo e farelo de legumes para o European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) e não constataram diferença significativa quanto ao peso final, taxa de crescimento específico e taxa de retenção proteica nos peixes avaliados. Entretanto, observaram que os peixes alimentados com glúten de trigo ingeriram menor quantidade de alimento e menor conversão alimentar e concluíram que a substituição de até 70% da proteína da farinha de peixe pelo glúten de trigo não afeta negativamente a ingestão de alimento. Da mesma forma, Tusche et al. (2012) não observaram diferença estatística para os parâmetros

produtivos de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentados com níveis crescentes de glúten de trigo.

## Conclusão

Em virtude dos elevados coeficientes de digestibilidade, o glúten de trigo pode ser considerado como um ingrediente proteico com potencial para ser utilizado na alimentação de tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). No entanto, devido ao efeito linear negativo sobre a sobrevivência das larvas, não é recomendada sua inclusão na larvicultura de tilápias-do-nilo.

## Referências

- ALLAN, G. L.; PARKINSON, S.; BOOTH, M. A.; et al. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*, v. 186, n. 3-4, p. 293-310, 2000.
- AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). *Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists*. 17th ed. Gaithersburg, MD, 2000.
- APPER-BOSSARD, E.; FENEUIL, A.; WAGNER, A.; RESPONDEK, F. Use of vital wheat gluten in aquaculture feeds. *Aquatic Biosystems*, v. 9, n. 1, p. 1-13, 2013.
- BALDISSEROTTO, B. Digestão. In: B. Baldisserotto (Org.); *Fisiologia de Peixes Aplicada à Piscicultura*. 3. ed., p.19-50, 2013. Santa Maria: Editora UFSM.
- BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade Aparente da Energia e Nutrientes de Alimentos Convencionais e Alternativos para a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 2, p. 539-545, 2002. Sociedade Brasileira de Zootecnia.
- BREMER NETO, H.; GRANER, C. A. F.; PEZZATO, L. E.; PADOVANI, C. R.; CANTELMO, O. A. Diminuição do teor de óxido de crômio (III) usado como marcador externo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 32, n. 2, p. 249-255, 2003.
- DAY, L.; AUGUSTIN, M. A.; BATEY, I. L.; WRIGLEY, C. W. Wheat-gluten uses and industry needs. *Trends in Food Science & Technology*, v. 17, n. 2, p. 82-90, 2006.
- DELCOUR, J. A.; JOYE, I. J.; PAREYT, B.; WILDERJANS, E.; BRIJS, K.; LAGRAN, B.. Wheat Gluten Functionality as a Quality Determinant in Cereal-Based Food Products. *Annual Review of Food Science and Technology*, v. 3, n. 1, p. 469-492, 2012.
- DRAGANOVIC, V.; VAN DER GOOT, A. J.; BOOM, R.; JONKERS, J. Wheat gluten in extruded fish feed: effects on morphology and on physical and functional properties. *Aquaculture Nutrition*, v. 19, n. 6, p. 845-859, 2013.
- FILIPETTO, J. E. DA S.; RADÜNZ NETO, J.; SILVA, J. H. S. DA; LAZZARI, R.; PEDRON, F.A.; VEIVERBERG, C.A. Substituição de fígado bovino por glúten de milho, glúten de trigo e farelo de soja em rações para pós-larvas de piavas (*Leporinus obtusidens*). *Ciência Rural*, v. 35, n. 1, p. 192-197, 2005.
- FRACALLOSSI, D. M.; RODRIGUES, A. P. O.; CASTRO E SILVA, T. S. DE; CYRINO, J. E. . Técnicas experimentais em nutrição de peixes. In: D. M. Fracalossi; J. E. P. Cyrino (Orgs.); *Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para aquicultura brasileira*. p. 37-63, 2013. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática.
- FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. .; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, v. 199, n. 3-4, p. 197-227, 2001.
- FURUYA, W. M.; GONÇALVES, G. S.; FURUYA, V. R. B.; HAYASHI, C. Fitase na Alimentação da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e Digestibilidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, n. 3, p. 924-929, 2001.
- HANLEY, F. The digestibility of foodstuffs and the effects of feeding selectivity on digestibility determinations in tilapia, *Oreochromis niloticus* (L). *Aquaculture*, v. 66, n. 2, p. 163, 1987.
- HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R.; SOARES, C. M.; MEURER, F. Exigência de proteína digestível para larvas de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), durante a reversão sexual. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 2, p. 823-828, 2002.
- HELLAND, S. J.; GRISDALE-HELLAND, B. Replacement of fish meal with wheat gluten in diets for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*): Effect on whole-body amino acid concentrations. *Aquaculture*, v. 261, n. 4, p. 1363-1370, 2006.
- KISSIL, G. W.; LUPATSCH, I. Successful replacement of fishmeal by plant proteins in diets for the gilthead seabream, *Sparus aurata* L. *Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh*, v. 56, n. 3, p. 188-199, 2004.
- KWASEK, K.; DABROWSKI, K.; WARE, K.; REDDISH, J. M.; WICK, M. The effect of lysine-supplemented wheat gluten-based diet on yellow perch *Perca flavescens* (Mitchill) performance. *Aquaculture Research*, v. 43, n. 9, p. 1384-1391, 2012.
- LIAO, L.; QIU, C.; LIU, T.; ZHAO, M.; REN, J.; ZHAO, H. Susceptibility of wheat gluten to enzymatic hydrolysis following deamidation with acetic acid and sensory characteristics of the resultant hydrolysates. *Journal of Cereal Science*, v. 52, n. 3, p. 395-403, 2010.
- MESSINA, M.; PICCOLO, G.; TULLI, F.; MESSINA, C.M.; CARDINALETTI, G.; TIBALDI, E.. Lipid composition and metabolism of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fed diets containing wheat gluten and legume meals as substitutes for fish meal. *Aquaculture*, v. 376-379, p. 6-14, 2013.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R. Digestibilidade Aparente de Alguns Alimentos Protéicos pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 32, n. 6, p. 1801-1809, 2003.
- PFEFFER, E.; AL-SABTY, H.; HAVERKAMP, R. Studies on lysine requirements of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed wheat gluten as only source of dietary protein. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v. 67, n. 1-5, p. 74-82, 1992.
- ROBAINA, L.; CORRAZE, G.; AGUIRRE, P.; BLANC, D.; MELCION, J.P.; KAUSHIK, S. Digestibility, postprandial ammonia excretion and selected plasma metabolites in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed pelleted or extruded diets with or without wheat gluten. *Aquaculture*, v. 179, n. 1-4, p. 45-56, 1999.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F. DE; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. *Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2011.

SCHNEIDER, O.; AMIRKOLAIE, A. K.; VERA-CARTAS, J.; EDING, E.H.; SCHRAMA, J.W.; VERRETH, J.A.J. Digestibility, faeces recovery, and related carbon, nitrogen and phosphorus balances of five feed ingredients evaluated as fishmeal alternatives in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture Research*, v. 35, n. 14, p. 1370-1379, 2004.

STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K. D.; ROEM, A. J. Growth, uptake and retention of nitrogen and phosphorus, and absorption of other minerals in Atlantic salmon *Salmo salar* fed diets with fish meal and soy-protein concentrate as the main sources of protein. *Aquaculture Nutrition*, v. 6, n. 2, p. 103-108, 2000.

SUGIURA, S. H.; DONG, F. M.; RATHBONE, C. K.; HARDY, R. W. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. *Aquaculture*, v. 159, n. 3-4, p. 177-202, 1998.

TAVARES BRAGA, L. G.; RODRIGUES, F. L.; AZEVEDO, R. V. DE; CARVALHO, J. S. O.; SOUZA RAMOS, A. P. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de coprodutos agroindustriais para tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 11, n. 4, 2010.

TIBBETTS, S. M.; MILLEY, J. E.; LALL, S. P. Apparent protein and energy digestibility of common and alternative feed ingredients by Atlantic cod, *Gadus morhua* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture*, v. 261, n. 4, p. 1314-1327, 2006.

TUSCHE, K.; ARNING, S.; WUERTZ, S.; SUSENBETH, A.; SCHULZ, C. Wheat gluten and potato protein concentrate — Promising protein sources for organic farming of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, v. 344-349, p. 120-125, 2012.

WIESER, H. Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology*, v. 24, n. 2, p. 115-119, 2007.