

Níveis de inclusão de farinha de inseto (*Tenebrio molitor*) em dietas de tilápia do Nilo em tanques de recirculação

Inclusion levels of insect flour (*Tenebrio molitor*) in Nile tilapia diets in recirculation tanks

Niveles de inclusión de harina de insecto (*Tenebrio molitor*) en dietas de tilapia del Nilo en tanques de recirculación

Recebido: 07/09/2023 | Revisado: 27/09/2023 | Aceitado: 29/09/2023 | Publicado: 02/10/2023

Jiovani Sergio Bee Tubin

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6411-0175>
Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil
E-mail: jiovani.tubin@hotmail.com

Elias Wiggers Boeing

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7158-1279>
Centro Universitário Barriga Verde, Brasil
E-mail: e.lias_@hotmail.com

Jonis Baesso Ghizzo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3677-7041>
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
E-mail: jonisbaessoghizzo@hotmail.com

André Freccia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0922-1016>
Centro Universitário Barriga Verde, Brasil
E-mail: andrefreccia@gmail.com

Maurício Gustavo Coelho Emerenciano

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1370-0316>
CSIRO Agriculture and Food, Livestock and Aquaculture Program, Australia
E-mail: mauricioemerenciano@hotmail.com

Resumo

Este trabalho foi realizado com o objetivo de determinar níveis de inclusão de farinha de larvas de tenébrio (FLT) na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis Niloticus*). Foram utilizados 225 alevinos de tilápia (0,61±0,12 g), distribuídos em 15 tanques (30 L) instalados em um sistema de recirculação de água (RAS), com um delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (cinco níveis de inclusão 0% ou controle, 5, 10, 15 e 20% de FLT) e três repetições. As taxas de arração foram definidas a partir das biometrias semanais e realizado monitoramento periódico dos parâmetros físico-químicos da água. Foram aplicados modelos de regressão até a segunda ordem. Os parâmetros físico-químicos da água durante o experimento foram adequados para a espécie. Não houve diferença entre os níveis de inclusão para peso final, ganho de peso, consumo de ração, sobrevivência, produtividade, fator de condição, índice hepatossomático. A inclusão de FLT na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo ocasionou aumento linear na conversão alimentar aparente. Houve efeito linear crescente para índice viscerossomático. Sugere-se um limite máximo de inclusão de FLT na dieta de alevinos de tilápia de 15% (em sistemas RAS) devido à presença de fatores antinutricionais como a quitina.

Palavras-chave: Alimentos alternativos; Farinha de inseto; Nutrição animal.

Abstract

The objective of this research was to determine inclusion levels of insect mealworms in Nile tilapia fingerlings feeding. A total of 225 tilapia fingerlings (0.61 ± 0.12 g) distributed in 15 tanks (30 L) installed in a completely randomized design with five treatments (0% or control, 5, 10, 15 and 20% mealworms) with three repetitions. Feeding rates were defined from weekly biometrics and periodic monitoring of water physicochemical parameters was performed. Regression models were applied to determine the best zootechnical response dose. The results of the physicochemical parameters of the water during the experiment were adequate for the species. There was no difference between inclusion levels for final weight, weight gain, feed intake, survival, productivity, condition factor and hepatosomal index. The inclusion of mealworms in Nile tilapia fingerlings promoted a linear increase in apparent feed conversion. There was an increasing linear effect for the viscerosomatic index. It is suggested a maximum inclusion limit of tenebrio mealworms in tilapia fingerling of 15%, due to the presence of antinutritional factors such as chitin.

Keywords: Alternative food; Insect meal; Animal nutritive.

Resumen

Este trabajo se realizó con el objetivo de determinar los niveles de inclusión de harina de larvas de gusano de la harina (FLT) en la dieta de alevines de tilapia del Nilo (*Oreochromis Niloticus*). Se distribuyeron 225 alevines de tilapia (0.61 ± 0.12 g) en 15 tanques (30 L) instalados en un sistema de recirculación de agua (RAS), con un diseño completamente al azar, con cinco tratamientos (cinco niveles de inclusión 0% o control, 5, 10, 15 y 20% de FLT) y tres repeticiones. Se definieron tasas de alimentación en base a biometría semanal y se realizó un seguimiento periódico de los parámetros físico-químicos del agua. Se aplicaron modelos de regresión hasta el segundo orden. Los parámetros físico-químicos del agua durante el experimento fueron adecuados para la especie. No hubo diferencia entre los niveles de inclusión para peso final, ganancia de peso, consumo de alimento, supervivencia, productividad, factor de condición, índice hepatosomático. La inclusión de FLT en la dieta de los alevines de tilapia del Nilo provocó un aumento lineal en la conversión alimenticia aparente. Hubo un efecto lineal creciente para el índice viscerosomático. Se sugiere un límite máximo del 15% para la inclusión de FLT en la dieta de alevines de tilapia (en sistemas RAS) debido a la presencia de factores antinutricionales como la quitina.

Palabras clave: Alimentos alternativos; Harina de insectos; Nutrición animal.

1. Introdução

Os alimentos proteicos representam a maior proporção dos custos da ração em sistemas de cultivo intensivo e semi-intensivo aquícolas, pois além de entrarem em grande quantidade na formulação destas, são mais caros que os alimentos energéticos (Meurer et al., 2003; Araujo et al., 2011). Destacam-se a farinha de peixes e o farelo de soja, cujos preços são definidos pela inconstante oferta e demanda mundial (Fontes et al., 2019). A exploração de fontes alternativas de proteína para a alimentação organismos aquáticos é cada vez mais urgente (Biancarosa et al., 2019; Hua et al., 2019; Cottrell et al., 2020).

Neste sentido, a utilização de insetos têm sido uma das propostas intituladas como ingredientes alternativos que têm o maior potencial para fornecer a proteína necessária para as rações aquícolas nos próximos 10 a 20 anos (Hua et al., 2019). As vantagens da utilização de insetos na alimentação de peixes são, entre outros: i) fazem parte da dieta natural de peixes marinhos e dulcícolas (Howe et al., 2014; Whitley & Bollens, 2014); ii) são ricos em proteína, aminoácidos, lipídios, fibras, vitaminas e minerais (Van Huis, 2013); iii) deixam uma pequena pegada ecológica (sem necessidade de terra arável, baixa necessidade de energia e água, sem competição com outras culturas) (Oonincx & Boer, 2012); iv) insetos podem rapidamente transformar resíduos orgânicos de baixa qualidade em fertilizante de boa qualidade (Van Huis et al., 2013). Neste item vale ressaltar que alguns insetos possuem a capacidade de reduzir a biomassa final de resíduos em 50%, e especificamente de resíduos nitrogenados em 30-50%; e de fósforo em 61-70% (Diener et al., 2009; Van Huis et al., 2013). Ou seja, convertem resíduos orgânicos em fertilizantes de excelente qualidade além de formar “biomassa proteica” com cifras admiráveis ($\pm 40\%$ de proteína bruta e $\pm 30\%$ de lipídeos) (Henry, 2015). As larvas de farinha de inseto normalmente contêm grandes quantidades de proteínas (~40% do peso seco) e aminoácidos essenciais e o perfil das mesmas é semelhante ao da farinha de peixe (Barroso et al., 2014), o que torna um ingrediente estratégico e ao mesmo tempo versátil na matriz nutricional de uma dieta para peixes carnívoros.

Alguns insetos têm mostrado potencial para nutrição, como as larvas de tenébrio (*Tenebrio molitor*) (Henry et al., 2015), tendo diversos estudos realizados para sua utilização na aquicultura (Sanchez-Muros et al., 2016; Biancarosa et al., 2019). Fontes et al. (2019) testou 5 tipos de farinha de insetos, e a FLT apresentou o maior coeficiente de digestibilidade aparente de nutrientes e energia, sendo atestada como potencial alternativa alimentar para alevinos de tilápia do Nilo. Nestes estudos, os autores utilizaram sistemas que preconizam redução do uso de água, que é a grande tendência na aquicultura.

O objetivo deste estudo foi avaliar diferentes níveis de inclusão de farinha de tenébrio na dieta de alevinos de tilápias em sistema de recirculação de água sobre os principais índices zootécnicos.

2. Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Aquicultura, do Centro Universitário BARRIGA VERDE – Unibave, município de Orleans (Lat. 28°21'S; Long.49°16'O), Santa Catarina/Brasil. Os alevinos (*O. Niloticus*) foram obtidos de uma piscicultura comercial (Piscicultura Sertãozinho, Braço do Norte, SC) e transportados em sacos específicos até o Unibave. Ao

chegar no laboratório passaram por um processo de aclimação em um tanque com volume útil de 500 litros, com forte aeração e foram mantidos por, aproximadamente, 8 horas (28°C).

Foram utilizados 225 alevinos revertidos sexualmente, com peso médio inicial $0,61 \pm 0,12$ g, estes foram distribuídos aleatoriamente em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e três repetições, totalizando 15 unidades experimentais. O período experimental foi de 43 dias.

Os tratamentos apresentaram níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio (FLT) (*Tenebrio molitor*): 0% de inclusão de FLT ou controle, 5%, 10%, 15% e 20% de inclusão de FLT (Tabela 1). Os peixes foram alimentados três vezes ao dia (08h00min, 13h00min e 18h00min), com ajustes semanais conforme a biomassa da unidade experimental.

Tabela 1 - Composição das rações experimentais para tilápias com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio.

Ingredientes, %	Inclusão de Farinha de Larvas de Tenébrio (%)				
	0	5	10	15	20
Farinha de Peixe	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Farinha de Larvas de Tenébrio	0,00	5,00	10,00	15,00	20,00
Farelo de Soja	46,97	41,83	36,67	31,46	26,35
Milho	21,01	21,26	21,56	21,84	22,08
Farelo de Trigo	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Óleo de Peixe	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Óleo de Soja	3,10	2,95	2,78	2,67	2,51
Premix Vitamínico Mineral	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Vitamina C	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Sal Comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Calcário	0,00	0,00	0,03	0,07	0,09
Fosfato Bicálcico	1,00	1,04	1,04	1,04	1,05
Ácido Propiônico	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Gelatina	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Total	100	100	100	100	100
Composição calculada ¹					
Proteína Bruta, %	32,02	32,03	32,04	32,02	32,04
Energia Bruta, kcal/kg	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200
Energia Digestível, kcal/kg	3.213	3.221	3.228	3.239	3.247
Extrato Etéreo, %	6,58	6,52	6,45	6,44	6,38
Fibra Bruta, %	4,28	4,33	4,39	4,45	4,5
Matéria Mineral, %	6,54	6,4	6,27	6,14	6,01
Cálcio, %	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
Fósforo Total, %	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Matéria Seca, %	90,17	93,11	93,16	87,40	92,27
Analisada ²					
Matéria Seca, %	90,17	93,11	93,16	87,40	92,27
Proteína Bruta, %	30,94	34,13	33,01	30,95	33,65
Extrato Etéreo, %	12,08	11,53	11,99	13,58	15,35
Matéria Mineral, %	8,81	8,76	8,31	7,78	8,74
Energia Bruta, kcal kg ⁻¹	4.883	4.904	4.930	5.004	5.098

¹ Valores calculados na composição química e energética propostos por Furuya et al. (2010). ² Valores analisados de acordo com as metodologias propostas por Silva e Queiroz (2002). Fonte: Autores.

As dietas foram formuladas de modo a serem isoproteicas, isoenergéticas, isocalcíticas e isofosfóricas. A formulação e fabricação das dietas foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (Lanoa-UDESC). A composição centesimal rações experimentais e da FLT foram realizadas conforme metodologia preconizada por Silva e Queiroz (2002), enquanto que a energia bruta foi estimada pela equação $EB = (PB \times 5,65) + (EE \times 9,4) + (ENN \times 4,15)] \times 10$. Foi realizada a análise de micotoxinas da FLT pela metodologia Imunocromatografia por competição através de fitas de fluxo lateral

(AccuScan® Pro). A análise de perfil de ácidos graxos foi realizada por cromatografia gasosa conforme metodologia proposta por AOAC (2000).

Todos os ingredientes foram moídos e peneirados em malha de 300 µm, pesados, em seguida misturados e processados em uma peletizadora. Estes foram desidratados em estufa a uma temperatura de 55° C, por 36 horas. Após a secagem, os pellets foram triturados para formação de partículas com granulometria de ± 1 a 2 mm. A composição nutricional das rações experimentais encontra-se na Tabela. 1.

As unidades experimentais eram caixas de 30 L, coberta com tampa plástica translúcida, foram oxigenadas por pedras porosas de 2 cm acopladas através de compressores de ar individuais (SUNSUN® Hp-200 1,8l/min 2,5w P Aquários 220v, China). Estas caixas foram ligadas a um sistema de recirculação de água, formado por um tanque circular com volume útil de 500 litros. O sistema foi equipado com aquecedor de 2500 W e bomba submersa 4000 L h⁻¹ (ATMAN® modelo PH4000, China), que lançava a água até as unidades experimentais e retornava por gravidade. O sistema de filtragem foi constituído de um filtro mecânico (60µm – malha perlon) e filtro biológico (material particulado tipo cascalho, com volume aproximadamente de 0,1 m³, para fornecer superfície de adesão e auxiliar no processo de nitrificação). Com o objetivo de corrigir a taxa de arraçoamento, foram realizadas biometrias semanais. A sifonagem dos resíduos orgânicos era realizada a cada dois dias.

A temperatura foi medida diariamente (termômetro de mercúrio ±0,1°C), enquanto que o pH (SENSOGLASS SP1800®) e o oxigênio dissolvido (oxímetro ALFAKIT® modelo AT-155, Alfakit, Florianópolis, SC, Brasil) foram monitorados semanalmente (08h00min). Paralelamente, foram realizadas coletas de água semanais para posterior análise dos compostos nitrogenados, alcalinidade e ortofosfato (Fotocolorímetro AT-100P, marca ALFAKIT®, Florianópolis – SC, Brasil) no Laboratório de Aquicultura da UDESC (LAQ-UDESC).

Ao final do período experimental, foram avaliadas as variáveis de peso inicial e final (g), ganho de peso (g), sobrevivência (%), produtividade (kg m⁻³) = [(ganho da biomassa/ área de cultivo) x 100], conversão alimentar aparente (CAA) = [(ração consumida/ganho em peso)]; taxa de crescimento específico (TCE (%/dia) = [(peso final - peso inicial) / tempo em dias] x 100), índice hepatossomáticos (IHS = [(peso do fígado/peso corporal) x 100]) e índice viscerossomático (IVS= [(peso das gônadas/ peso corporal) x 100]).

O tipo de pesquisa aplicado no presente experimento foi a pesquisa quantitativa o qual foi aplicado testes de média, e após a análise aplicado métodos estatísticos (Estrela C. 2018; Pereira et al., 2018). Os dados do presente trabalho foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade de variâncias e transformados. Os resultados foram avaliados de acordo com o modelo: $Y_i = \mu + T_i + e_i$ em que: μ = constante geral; T_i = nível de inclusão de FLT, no qual $i = 0\%; 5\%; 10\%; 15\%; 20\%$, e = erro aleatório. No caso de efeito, os graus de liberdade referentes às variáveis foram desdobrados em polinômios ortogonais para obtenção das equações de regressão (Sokal & Rohlf, 1995).

3. Resultados

As médias registradas foram de 6,42 para o pH, 5,21 mg L⁻¹ para o oxigênio dissolvido e de 27,89°C para a temperatura. Com relação à amônia e nitrito, a média da água de cultivo foi de 0,72±0,18 e 0,05±0,03 mg L⁻¹, valores estes considerados normais por Arana (2010). Os valores de alcalinidade (~124mg L⁻¹) e ortofosfato (1,28±0,68 mg L⁻¹) mantiveram-se adequados para a espécie (El-Sayed, 2006).

Para ao desempenho zootécnico (Tabela 2), não houve diferença (P>0,05) para as variáveis peso inicial (PI), peso final (PF), ganho de peso (GDP), sobrevivência (S) e produtividade (PRO). A inclusão da FLT promoveu aumento linear (P<0,01) da conversão alimentar (Figura 1).

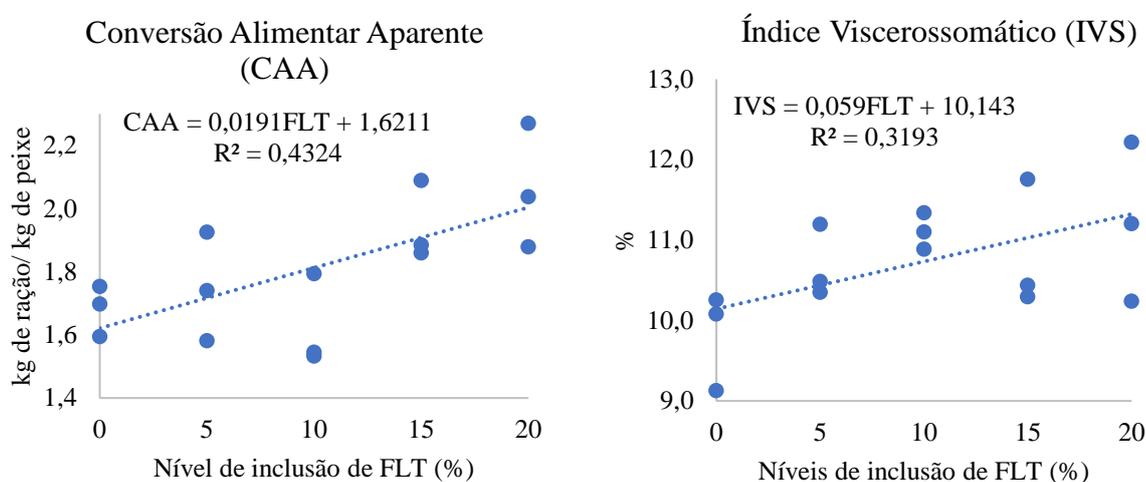
A inclusão de FLT na dieta não influenciou (P>0,05) no índice hepatossomático (IHS) e fator de condição (FC) (Tabela 3). Porém, houve efeito linear crescente (P<0,05) sobre o índice viscerossomático com a inclusão de FLT (Figura 1).

Tabela 2 - Desempenho zootécnico de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio.

	Inclusão de Farinha de Larvas de Tenébrio (%)					Testes		
	0	5	10	15	20	CV%	L	Q
PI, g	0,63	0,64	0,63	0,63	0,65	6,9	0,75	0,74
PF, g	10,40	10,97	11,66	9,29	8,58	15,4	0,09	0,13
GDP, g	9,76	10,34	11,02	8,66	7,93	7,01	0,09	0,12
CAA	1,68	1,75	1,62	1,94	2,06	8,3	<0,01	0,12
TCE, %	6,66	6,77	6,92	6,41	6,10	5,6	0,05	0,09
S, %	84,4	77,8	82,2	71,19	86,7	16,5	0,83	0,23
PRO, kg m ⁻³	4,34	4,29	4,77	3,36	3,69	20,3	0,17	0,54

PI = Peso Inicial; PF = peso final; GDP = ganho de peso; CAA = conversão alimentar aparente; TCE = taxa de crescimento específico; S = sobrevivência; PRO = produtividade; CV = coeficiente de variação; L = efeito linear; Q = efeito quadrático. Fonte: Autores

Figura 1 - Conversão alimentar e índice viscerossomático de tilápia alimentadas com diferentes níveis de inclusão de farinha de larvas de tenébrio.



Fonte: Autores.

Tabela 3 - Índices somáticos de produção de tilápias alimentadas com níveis crescentes de inclusão de farinha de larvas de tenébrio.

	Inclusão de Farinha de Larvas de Tenébrio (%)					Testes			
	0	5	10	15	20	CV%	D	L	Q
IHS, %	1,60	1,60	1,62	1,68	1,81	9,93	0,54	0,14	0,43
IVS, %	9,82	10,68	11,11	10,83	11,22	6,26	0,17	0,03	0,28
FC	2,06	2,12	2,20	2,17	2,10	3,74	0,28	0,38	0,06

IVS = 10,14345187+0,05898945FLT; IHS= Índice Hepatosomático; IVS= Índice Viscerosomático; FC= Fator de Condição. Fonte: Autores.

Na Tabela 4 estão presentes os resultados das análises de composição centesimal da farinha de larva de tenébrio (FLT), bem como a análise de ácidos graxos e micotoxinas. A FLT apresentou baixo teor de MM (8,47%), valores considerado alto de PB (40,83%), de EE (25,51%) e também de EB (5750 kg cal⁻¹). O perfil de ácidos graxos da FLT foi praticamente de ácidos graxos saturados de cadeia longa, com predominância de ácido palmítico (C16: 0) com 76% e ácido mirístico (C14: 0), com 16%, estes dois compreendem 92% do perfil de ácido graxo. Os ácidos graxos poli-insaturados não somente influenciam a composição das membranas, metabolismo celular e sinais de tradução, mas também modulam a expressão de genes, regulando a atividade e a produção de diversos fatores de transcrição. A concentração de micotoxinas na FLT foi considerada baixa.

Tabela 4 - Composição centesimal da farinha de larvas de tenébrio (FLT) utilizada no experimento.

Variáveis	FLT
Matéria Seca, %	92,89
Matéria Mineral, %*	8,47
Proteína Bruta, %*	40,83
Extrato Etéreo, %*	25,51
Energia Bruta, kcal kg ⁻¹ ¹	5.750
C12: 0 Ácido Láurico, %	0,47
C14: 0 Ácido Mirístico, %	4,17
C16: 0 Ácido Palmítico, %	19,39
C18: 0 Ácido Esteárico, %	2,45
C18: 1 Ácido Oleico, %	0,00
C18: 2 Ácido Linoleico, %	3,26
C18: 3 Ácido Linolênico, %	0,00
C20: 4 Ácido Araquidônico, %	0,00
C20: 5 Ácido Eicosapentaenoico, %	0,12
C22: 6 Ácido Docosaenoico, %	0,00
Micotoxinas	
Aflatoxinas, ppb	0,50
Fumonisinias, ppb	ND
Deoxynivalenol, ppb	200
Zearalenona, ppb	<25
T2, ppb	<25

*valores corrigidos para matéria seca. ¹ Valor estimado de energia bruta. $EB = (PB \times 5,65) + (EE \times 9,4) + (ENN \times 4,15) \times 10$. ND – não detectado de acordo com a sensibilidade do método. Fonte: Autores.

4. Resultados

O teor de proteína bruta (40,83%) foi inferior a outros estudos com FLT, (Gasco et al., 2016; Fialho et al., 2021) que encontraram valores de PB próximos a 50%, porém menores níveis de EE que no presente estudo. Neste contexto, dentre os principais ingredientes proteicos utilizados na aquicultura, a FLT ficaria num patamar mais baixo, sendo superados por alguns ingredientes mais tradicionais como, farinha de peixe, farelo de soja, concentrado proteico de soja, farinha de vísceras, farinha de penas e farinha de sangue (Furuya et al., 2010). Porém fica claro o potencial da farinha de larvas de tenébrio como ingrediente proteico e energético, podendo reduzir a inclusão de farelo de soja e entrar ainda como uma boa fonte de EE nas dietas.

Rawski et al. (2020) utilizando farinha larva de mosca de soldado negro observaram que não prejudicaram a formulação, produção ou parâmetros físicos da ração para esturjão siberiano, e em um nível de inclusão de farinha de larva de mosca de 30% na dieta. No presente trabalho encontramos níveis máximo de 15% de inclusão de farinha de inseto, comprovando as particularidades anatômicas e fisiológicas dos peixes carnívoros em relação aos onívoros. Além disso, as farinhas de insetos podem atuar como estimulantes naturais do consumo de ração devido à biologia nutricional (Rawski et al., 2020) e particularidades fisiológicas para cada espécie de peixes (Zarantoniello et al., 2022). As primeiras tentativas de substituir a farinha de peixe (FM) por alternativas vegetais mais sustentáveis nas dietas da truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) resultaram em alteração do metabolismo hepático, redução do crescimento, inflamação intestinal e perturbação da microbiota intestinal (Desai et al., 2012) parâmetros importantes tratando-se de peixes carnívoros sendo mais elásticos em peixes onívoros como as tilápias, base do nosso estudo.

Os parâmetros de qualidade de água não foram influenciados ao longo do período experimental ($P > 0,05$). A temperatura, pH e as concentrações de oxigênio dissolvido da água foram adequados para a espécie (Kubtiza, 2000).

A farinha de larvas de tenébrio (FLT) utilizada para a formulação das dietas experimentais continha elevado teor de extrato etéreo (Tabela. 4), diferentemente do laudo do fornecedor, e como tal, afetou o teor de extrato etéreo das dietas experimentais. O teor de extrato etéreo dietético aumentou conforme inclusão de FLT, com variação de 11,53 a 15,35% na MS (Tabela 1). Isto influenciou a energia bruta (kcal kg^{-1}) das dietas e a relação EB:PB. Outros autores também relataram altos valores de extrato etéreo em farinhas de insetos, que impossibilitou as dietas serem isolipídicas (Ogunji et al., 2008).

A predominância de ácidos graxos saturados de cadeia longa (C14:0 e C16:0) foram diferentes dos encontrados por Sánchez-Muros et al. (2016), que evidenciaram maior concentração de ácidos graxos monoinsaturados C18:1 (48,5%) e poli-insaturados C18:2 (30,25%), o que sugere a modulação do perfil de ácidos graxos das larvas de tenébrio segundo a alimentação das mesmas e pode ser um prenúncio para ingredientes de menor qualidade ricos em EPA e DHA serem utilizados na alimentação das larvas para posterior fonte de EPA e DHA para nutrição animal.

Os valores de micotoxinas encontrados são considerados aceitáveis para ingredientes de rações conforme normativas do MAPA. Limites de tolerância para as micotoxinas analisadas em farinhas de insetos requerem maiores estudos, bem como sobre o seu efeito para tilápias e demais espécies aquícolas (Atayde et al., 2014).

O aumento da conversão alimentar conforme o aumento dos níveis de inclusão apresenta uma ideia que a FLT pode conter elementos que podem prejudicar as tilápias na fase, como a quitina. De acordo com Shiau e Yu (1999), a quitina e a quitosana são dois tipos de fibras que reduzem o desempenho e a utilização dos alimentos em híbridos de tilápia e tem efeito negativo sobre o ganho de peso e conversão alimentar para alevinos da tilápia do Nilo. De acordo com Tanaka et al. (1997), a quitina pode inibir a absorção de lipídios no intestino, aumentando sua excreção e, conseqüentemente, afetando seu coeficiente de digestibilidade e conversão alimentar.

A média geral obtida para a sobrevivência foi de 80,4% (Tabela 2), valor considerado como descrito normal para espécie e período de cultivo (Ezewudo et al., 2015), e a ausência de efeitos observada ($P > 0,05$) indica que os níveis de FLT estudados não influenciaram na sobrevivência, no peso final, no ganho de peso, na TCE e na produtividade (kg m^3).

Os resultados médios TCE obtidos no decorrer do trabalho ($6,52\% \text{dia}^{-1}$) foram superiores a outros estudos com farinhas de insetos, como: Freccia et al. (2016), com a utilização de farinha de barata teve TCE máxima de $3,65\% \text{dia}^{-1}$; Sánchez-Muros et al. (2016) com juvenis de tilápia obteve $1,84\% \text{dia}^{-1}$ de TCE, enquanto que, para juvenis de truta arco-íris Belforti et al. (2015), obteve TCE máxima de $1,3\% \text{dia}^{-1}$ alimentadas com tenébrio, ou seja, potencial de alto crescimento diário é possível, mas é preciso ponderar o custo de produção.

Embora não seja o objeto deste estudo, no decorrer do trabalho não foram detectadas diferenças no consumo de ração entre os tratamentos, com todas as dietas aceitas e ativamente ingeridas pelos peixes. Segundo Ogunji et al. (2008), em estudo para a avaliação de alevinos de tilápia do Nilo alimentados com larvas de insetos (*Musca domestica*), observaram que este ingrediente foi bem utilizado pelos peixes. Para juvenis tilápia do Nilo (32 g), mostraram que farinha de *Tenebrio molitor* diminuiu o desempenho zootécnico, e que requer uma melhor compreensão do papel da quitina na digestão e mais estudos sobre as toxinas que podem afetar o crescimento dos peixes (Sanchez-Muros et al., 2016).

Em truta arco-íris alimentada com *Tenebrio molitor* foi recentemente sugerido que o estresse celular e outras alterações observadas no proteoma hepático da truta arco-íris parecem ser proporcionais à composição da dieta e à qualidade dos ingredientes dietéticos (Mente et al., 2022).

Segundo Santos et al., (2009), estes índices somáticos são importantes para melhor avaliação das condições fisiológicas dos peixes, uma vez que alimentos alternativos podem conter fatores antinutricionais, que podem causar problemas no organismo dos peixes. O aumento do IVS nas tilápias alimentadas com níveis crescentes de adição de FLT pode estar associado a um

aumento dos níveis de quitina e de extrato etéreo nas dietas experimentais à medida que aumentava os níveis de inclusão, pois podem ter aumentado o peso das vísceras pela deposição de gordura viscerossomática, com efeito crescente na conversão alimentar. Considerando tilápias em fase de engorda, com relação a qualidade de carne, Zhang et al. (2023) indicaram que a farinha de tenébrio pode substituir até 30% do farelo de soja sem alterar substancialmente a qualidade da carne, níveis superiores devem ser evitados.

A substituição de farelo de soja por farinha de tenébrio pode ser uma alternativa, ambas matérias primas possuem seus pontos positivos (rico em nutrientes) e negativos (fatores antinutricionais) Palomba et al., 2022. Cabe ao nutricionista trabalhar para reduzir o impacto destes, a utilização de enzimas, tratamentos térmicos e aditivos zootécnicos pode ser a solução para explorar melhor o potencial destes ingredientes. Tubin et al. (2020) trabalhando com sistema bioflocos recomendaram inclusão máxima de 10% de FLT. Consideramos com este trabalho um limite máximo de 15% de inclusão de FLT em substituição ao farelo de soja.

5. Conclusão

A farinha de larvas de tenébrio (FLT) mostrou-se eficiente como ingrediente alternativo em dietas de alevinos de tilápia do Nilo em substituição ao farelo de soja, e assim poderá contribuir para o desenvolvimento sustentável da produção de tilápias. No entanto, a inclusão de FLT na alimentação dos alevinos ocasionou aumento do índice viscerossomático e da conversão alimentar nos maiores níveis. Sugere-se utilizar estrategicamente este ingrediente ao máximo de 15% da dieta. Suspeita-se que o excesso da presença da quitina na dieta, elevado teor de extrato etéreo em relação a dos outros ingredientes utilizados no presente estudo e a inabilidade dos peixes em digerirem carboidratos complexos nas dietas híbridas possam ser os fatores que contribuíram para limitar a inclusão da FLT. Novos estudos devem ser realizados para esclarecer os impactos zootécnicos, bioquímicos e econômicos do uso de FLT, além do uso de aditivos zootécnicos para melhorar a digestibilidade da quitina.

Referências

- Arana, L. A. V. (2010). *Qualidade da água em aquicultura: princípios e práticas*. Ed. da UFSC.
- Araujo, D. D. M., Pezzato, A. C., Barros, M. M., Pezzato, L. E., & Nakagome, F. K. (2011). Hematologia de tilápias-do-Nilo alimentadas com dietas com óleos vegetais e estimuladas pelo frio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46, 294-302.
- Atayde, H. M., Oliveira, I. M. A., Inhamuns, A. J., & Teixeira, M. F. S. (2014). Fungos toxigênicos e micotoxinas na alimentação de peixes: uma revisão. *Scientia Amazonia*, 3(3), 59-71.
- Barroso, F. G., de Haro, C., Sánchez-Muros, M. J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A., & Pérez-Bañón, C. (2014). The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture*, 422, 193-201.
- Belforti, M., Gai, F., Lussiana, C., Renna, M., Malfatto, V., Rotolo, L., De Marco, M.; Dabbou, S.; Schiavone, A.; Zoccarato, I.; Gasco, L. (2015). *Tenebrio molitor* meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: effects on animal performance, nutrient digestibility and chemical composition of filets. *Italian Journal of Animal Science*, 14(4), 4170.
- Biancarosa, I., Sele, V., Belghit, I., Ørnsrud, R., Lock, E. J., & Amlund, H. (2019). Replacing fish meal with insect meal in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) does not impact the amount of contaminants in the feed and it lowers accumulation of arsenic in the fillet. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 36(8), 1191-1205.
- Cottrell, R. S., Blanchard, J. L., Halpern, B. S., Metian, M., & Froehlich, H. E. (2020). Global adoption of novel aquaculture feeds could substantially reduce forage fish demand by 2030. *Nature Food*, 1(5), 301-308.
- Desai, A. R., Links, M. G., Collins, S. A., Mansfield, G. S., Drew, M. D., Van Kessel, A. G., & Hill, J. E. (2012). Effects of plant-based diets on the distal gut microbiome of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 350, 134-142.
- Diener, S., Zurbrugg, C., & Tockner, K. (2009). Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Management & Research*, 27(6), 603-610.
- El-Sayed, A. F. M. (2006). *Tilapia culture* (p. 274). CABI publishing, CABI International.
- Estrela, C. (2018). *Metodologia científica: ciência, ensino, pesquisa*. Artes Médicas.

- Ezewudo, B. I., Monebi, C. O., & Ugwumba, A. A. A. (2015). Production and utilization of *Musca domestica* maggots in the diet of *Oreochromis Niloticus* (Linnaeus, 1758) fingerlings. *African Journal of Agricultural Research*, 10(23), 2363-2371.
- Fialho, A. T. S., Silva, A. S., Brito, C. O., Vale, P. A. C. B., Oliveira, C. J. P., & Ribeiro Junior, V. (2021). Nutritional composition of larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) and crickets (*Gryllus assimilis*) with potential usage in feed. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 73, 539-542.
- Fontes, T. V., de Oliveira, K. R. B., Gomes Almeida, I. L., Orlando, T. M., Rodrigues, P. B., da Costa, D. V., & Rosa, P. V. E. (2019). Digestibility of insect meals for Nile tilapia fingerlings. *Animals*, 9(4), 181.
- Freccia, A., Meurer, E. S., Jerônimo, G. T., & Emerenciano, M. G. C. (2016). Farinha de inseto em dietas de alevinos de tilápia. *Archivos de zootecnia*, 65(252), 541-547.
- Furuya, W. M., Pezzato, L. E., Barros, M. M., Boscolo, W. R., Cyrino, J. E. P., Furuya, V. R. B., & Feiden, A. (2010). *Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias*.
- Gasco, L., Henry, M., Piccolo, G., Marono, S., Gai, F., Renna, M Lussiana, C.; Antonopoulou, E.; Mola, P.; Chatzifotis, S. (2016). *Tenebrio molitor* meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles: growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility. *Animal Feed Science and Technology*, 220, 34-45.
- Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., & Fountoulaki, E. (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. *Animal Feed Science and Technology*, 203, 1-22.
- Howe, E. R., Simenstad, C. A., Toft, J. D., Cordell, J. R., & Bollens, S. M. (2014). Macroinvertebrate prey availability and fish diet selectivity in relation to environmental variables in natural and restoring north San Francisco bay tidal marsh channels. *San Francisco Estuary and Watershed Science*, 12(1).
- Hua, K., Cobcroft, J. M., Cole, A., Condon, K., Jerry, D. R., Mangott, A., & Strugnell, J. M. (2019). The future of aquatic protein: implications for protein sources in aquaculture diets. *One Earth*, 1(3), 316-329.
- Kubitza, F. (2000). *Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial*. Ed. do Autor.
- Mente, E., Bousdras, T., Feidantsis, K., Panteli, N., Mastoraki, M., Kormas, K. A., Chatzifotis, S., Piccolo, G., Gasco, L., Gai, F., Martin, S. A. M. & Antonopoulou, E. (2022). *Tenebrio molitor* larvae meal inclusion affects hepatic proteome and apoptosis and/or autophagy of three farmed fish species. *Scientific Reports*, 12(1), 121.
- Meurer, F., Hayashi, C., & Boscolo, W. R. (2003). Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis Niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32, 1801-1809.
- Ogunji, J. O., Kloas, W., Wirth, M., Neumann, N., & Pietsch, C. (2008). Effect of housefly maggot meal (maggot meal) diets on the performance, concentration of plasma glucose, cortisol and blood characteristics of *Oreochromis Niloticus* fingerlings. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 92(4), 511-518.
- Oonincx, D. G., & De Boer, I. J. (2012). Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans—a life cycle assessment. *PLoS one*, 7(12), e51145.
- Palomba, A., Melis, R., Biosa, G., Braca, A., Pisanu, S., Ghisaura, S., Caimi, C., Biasato, I., Oddon, S. B., Gasco, L., Terova, G., Moroni, F., Antonini M., Pagnozzi, D. & Anedda, R. (2022). On the Compatibility of Fish Meal Replacements in Aquafeeds for Rainbow Trout. A Combined Metabolomic, Proteomic and Histological Study. *Frontiers in Physiology*, 13, 920289.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. UFSM.
- Rawski, M., Mazurkiewicz, J., Kierończyk, B., & Józefiak, D. (2020). Black soldier fly full-fat larvae meal as an alternative to fish meal and fish oil in Siberian sturgeon nutrition: The effects on physical properties of the feed, animal growth performance, and feed acceptance and utilization. *Animals*, 10(11), 2119.
- Sánchez-Muros, M., De Haro, C., Sanz, A., Trenzado, C. E., Villareces, S., & Barroso, F. G. (2016). Nutritional evaluation of *Tenebrio molitor* meal as fishmeal substitute for tilapia (*Oreochromis Niloticus*) diet. *Aquaculture Nutrition*, 22(5), 943-955.
- Santos, E. L., Ludke, M. C. M. M., Barbosa, J. M., Rabello, C. B. V., Ludke, J. V., Winterle, W. D. M., & Silva, E. D. (2009). Níveis de farelo de coco em rações para alevinos de tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 10(2), 390-397.
- Shiau, S. Y., & Yu, Y. P. (1999). Dietary supplementation of chitin and chitosan depresses growth in tilapia, *Oreochromis Niloticus* x *O. aureus*. *Aquaculture*, 179(1-4), 439-446.
- Silva, D.J.; Queiroz, A.C. (2002) *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. (3a ed.), Universidade Federal de Viçosa, 235.
- Sokal, R.; Rohlf, J. *Biometry, the principles and practice of statistics in biological research*. W H Freeman, New York, 1995.
- Tanaka, Y., Tanioka, S. I., Tanaka, M., Tanigawa, T., Kitamura, Y., Minami, S., Nanno, M. (1997). Effects of chitin and chitosan particles on BALB/c mice by oral and parenteral administration. *Biomaterials*, 18(8), 591-595.
- Tubin, J. S. B., Paiano, D., de Oliveira Hashimoto, G. S., Furtado, W. E., Martins, M. L., Durigon, E., & Emerenciano, M. G. C. (2020). *Tenebrio molitor* meal in diets for Nile tilapia juveniles reared in biofloc system. *Aquaculture*, 519, 734763.
- Van Huis, A. (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual review of entomology*, 58, 563-583. VAN HUIS, A. 2013 Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, 58(1): 563-583.
- Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects: future prospects for food and feed security (n. 171)*. Food and agriculture organization of the United Nations.

Whitley, S. N., & Bollens, S. M. (2014). Fish assemblages across a vegetation gradient in a restoring tidal freshwater wetland: diets and potential for resource competition. *Environmental biology of fishes*, 97, 659-674.

Zarantoniello, M., Randazzo, B., Secci, G., Notarstefano, V., Giorgini, E., Lock, E. J., Parisi, G. & Olivotto, I. (2022). Application of laboratory methods for understanding fish responses to black soldier fly (*Hermetia illucens*) based diets. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(11), 1173-1195.

Zhang, L., Wu, H. X., Li, W. J., Qiao, F., Zhang, W. B., Du, Z. Y., & Zhang, M. L. (2023). Partial replacement of soybean meal by yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) meal influences the flesh quality of Nile tilapia (*Oreochromis Niloticus*). *Animal Nutrition*, 12, 108-115.