



## Desempenho produtivo, medidas corporais e composição da carne de juvenis de tilápis-do-Nilo suplementados com lentilha d'água fresca

Productive performance, body measurements, and meat composition in Nile tilapia juveniles supplemented with fresh duckweed

Maria Cristina de Oliveira<sup>\*1</sup>  , Thwphysow Fhelyphy Ferreira Santos<sup>1</sup>  , João Lucas de Freitas Gomes<sup>1</sup>  , Priscilla Freitas Santos<sup>2</sup>  , Youssef A. Attia<sup>3,4</sup> 

1 Universidade de Rio Verde (UniRV), Rio Verde, Goiás, Brasil 

2 Alevinos Rio Verde, Rio Verde, Goiás, Brasil

3 Sustainable Agriculture Production Research Group, Department of Agriculture, Faculty of Environmental Sciences, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia 

4 Department of Animal and Poultry Production, Dammanhour Faculty of Agriculture, Dammanhour, Egypt 

\*autor correspondente: mcov@yahoo.com.br

Recebido: 14 de setembro de 2024. Aceito: 17 de março de 2025. Publicado: 15 de maio de 2025. Editor: Rondineli P. Barbero

**Resumo:** A *Lemna minor* (LM) ou lentilha d'água é uma fonte de proteína acessível e sustentável, principalmente para uso por pequenos produtores. Neste estudo, foi determinada a composição da LM fresca utilizada e foi avaliado o seu efeito sobre desempenho, medidas corporais e composição da carne dos juvenis de tilápis-do-Nilo. Foram usados 160 juvenis em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em grupo controle (ração comercial) e três grupos experimentais (90, 80 e 70% da quantidade diária de ração no grupo controle + suplementação com 10, 20 e 30% da quantidade em LM fresca, respectivamente). A LM utilizada apresentava 96,55% de umidade, 17,24% de minerais, 5,56% de lipídios totais e 29,78% de proteína bruta. A suplementação com 30% de LM reduziu o consumo de ração ( $P \leq 0,05$ ) comparado ao grupo controle, resultando em melhor conversão alimentar (g de ração/g de ganho de peso) e menor custo do quilo de peixe. Não houve efeito ( $P \geq 0,05$ ) da suplementação com LM fresca nas medidas corporais e nos teores de umidade, de proteína, de lipídios e de minerais da carne de juvenis. Concluiu-se que juvenis de tilápis do Nilo podem ser criados com 70% de ração comercial + 30%, em peso, de *Lemna minor* fresca, com redução nos do quilo de peixe.

**Palavras-chave:** alimentação de peixes; alimentos alternativos; *Lemna minor*.

**Abstract:** *Lemna minor* (LM) or duckweed is a cheap and sustainable protein source, mainly for use by small fish farmers. In this study was determined the composition of the used fresh LM and evaluated its effect on performance, body measurements, and meat composition of Nile tilapia. One hundred sixty juveniles were used in a completely randomized design with four treatments and four replicates. Treatments comprised a control group (commercial ration) and three experimental groups (90%, 80%, and 70% of the daily ration amount in the control group + 10%, 20%, and 30% of fresh LM, respectively). The used LM showed 96.55% of moisture, 17.24% of ash, 5.56% of total lipids, and 29.78% of crude protein. The 30% supplementation with



LM reduced the feed intake and, consequently, the protein intake ( $P \leq 0.05$ ) compared to the control group, resulting in a better feed conversion rate (g ration/g weight gain), and lower cost of fish kilo. There was no effect ( $P \geq 0.05$ ) of the supplementation with fresh LM on body measurements and the contents of moisture, protein, fat, and minerals in the juvenile meat. It was concluded that Nile tilapia juveniles can be reared with 70% commercial ration + 30% fresh LM, reducing the costs of fish kilo.

**Key-words:** alternative feedstuff; fish feeding; *Lemna minor*.

---

## 1. Introdução

Na medida em que um país se desenvolve, a demanda por carne aumenta e a nutrição e a saúde da população melhoram. Embora peixes componham uma pequena fração da ingestão global de proteína (6,7%), eles são considerados uma importante fonte desse nutriente, fornecendo cerca de 17% da carne consumida mundialmente<sup>(1)</sup>. Em 2023, o consumo mundial de peixes foi estimado em 165 milhões de toneladas, seguido pelo consumo de aves, com 140 milhões de toneladas<sup>(2)</sup>.

Os custos com ração e energia elétrica são os itens que mais pesam no custo operacional efetivo (COE) dos aquicultores, sendo que os custos com ração podem chegar a mais de 80% do COE<sup>(3)</sup>. Esse número revela a baixa eficiência na utilização do alimento e, aliado ao alto preço dos insumos, indica a necessidade de se obter a melhor conversão alimentar para que o aproveitamento da ração seja maximizado.

A *Lemna minor* (LM), ou lentilha d'água, pertence a um grupo de monocotiledôneas macrófitas aquáticas flutuantes que crescem extremamente rápido<sup>(4)</sup>, são fonte de alimento para peixes e pequenos invertebrados<sup>(5)</sup> e até para humanos<sup>(6, 7)</sup>. Essas plantas acumulam grandes quantidades de proteína vegetal e, de acordo com Mohedano *et al.*<sup>(8)</sup>, podem acumular altas concentrações de nitrogênio, o que se reflete em alta concentração de proteína bruta, além de serem ricas em ácidos graxos insaturados da série ômega-3<sup>(9)</sup>. De acordo com Chakrabarti *et al.*<sup>(10)</sup>, a LM é fonte de aminoácidos essenciais (39,2%), sendo que, entre eles, leucina, isoleucina e valina, aminoácidos essenciais para tilápias, constituem 48,67%. Assim, a LM é um potencial candidato para ser usado como uma fonte de proteína economicamente viável e sustentável, principalmente por pequenos produtores.

A LM apresenta, aproximadamente, com base na matéria seca, 16-45% de proteína bruta, 2-10% de fibra bruta, 2-10% de lipídios, 4-15% de minerais, 0,015-0,28% de cálcio e 0,1-0,43% de fósforo total<sup>(6, 10-13)</sup> e tem efeitos antimicrobiano, antioxidante e imunoestimulante<sup>(11, 14, 15)</sup>. A inclusão de 20 e 40% de LM fresca na dieta de alevinos de tilápia resultou em maior deposição de minerais e de proteína e em redução na deposição de gordura na carne, indicando uma melhora no perfil nutricional do filé<sup>(16)</sup>. O uso de farelo de LM na dieta de juvenis de tilápia promoveu aumento nos níveis musculares de PUFA n-3 de cadeia longa, ácido eicosapentaenoico e docosaeaxenoico, pois, apesar do baixo teor de lipídios, os ácidos graxos na LM são ricos em n-3 PUFA<sup>(17)</sup>.

Vários estudos mostram resultados positivos do uso do farelo de LM na alimentação de tilápias<sup>(12, 18, 19)</sup>, carpas<sup>(9, 20)</sup> e trutas<sup>(4)</sup>, porém são escassos os testes com LM fresca. Assim, este estudo foi realizado para determinar a composição da LM fresca e para avaliar seu potencial de uso na suplementação de juvenis de tilápia-do-Nilo e seus efeitos sobre o desempenho, a morfometria corporal e a composição do filé.

## 2. Material e métodos

O protocolo do projeto de pesquisa foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais, da Universidade de Rio Verde, em 17 de abril de 2023 (n. 01/2023).

A LM fresca foi cultivada em tanque de alvenaria com área de 16 m<sup>2</sup>, profundidade de 1 m e contendo água sem cloro, ao lado do laboratório de Piscicultura. Após a disposição das mudas sobre a superfície da água, foram realizadas aplicações de fertilizante NPK 10-10-10 de liberação lenta a cada 45 dias, na proporção de 40 g/m<sup>2</sup>. O tanque permaneceu sempre coberto com tela branca, para evitar a reprodução de mosquitos. A incidência solar ocorria desde a manhã até, aproximadamente, as 14h. Diariamente, a LM era colhida, lavada, drenada e, após a remoção do excesso de água, era pesada e fornecida aos juvenis de tilápia nas caixas.

Amostras da planta aquática LM foram analisadas após serem secas em estufa de ventilação forçada de ar a 55 oC por 48 horas e moídas. A composição aproximada em termos de umidade, de proteína, de lipídios e de minerais da LM foi realizada de acordo com a metodologia de Silva e Queiroz<sup>(21)</sup>.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições, totalizando, assim, 16 unidades experimentais (caixas de polietileno com capacidade para 94 L) com 10 peixes cada, e o período experimental foi de 48 dias. Foram utilizados 160 juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), com peso médio inicial de  $20,88 \pm 0,81$ g. Os peixes foram alimentados com a mesma ração comercial extrusada (Raguife Rações, Santa Fé do Sul, SP, Brasil) por duas semanas antes do início do período experimental para adaptação ao sistema de recirculação de água. Os animais ficaram submetidos, durante todo o período de criação, a ambientes com aeração constante (soprador de ar 12 m<sup>3</sup>/h). A água utilizada foi proveniente de poço artesiano (12.000 L/h).

O sistema de recirculação da água era equipado com um aquecedor com termostato e um termômetro digital, além da bomba compressora de água e dos filtros mecânicos e biológicos. A água oriunda de cada caixa passava por filtros mecânicos para remoção de materiais sólidos (fezes) e destes passava para o filtro biológico, para desnitrificação por meio da atividade de bactérias livres na água ou fixas ao substrato do filtro. Durante o período experimental, as características químicas da água coletada no filtro foram medidas diariamente pela manhã (oxigênio dissolvido, pH e teores de nitrogênio amoniacal), utilizando-se kits de testes da marca Labcom Test (Alcom®). A temperatura foi monitorada diariamente com termômetro digital Incoterm®.

Os tratamentos foram compostos por: grupo controle (ração comercial extrusada) e três grupos experimentais (90, 80 e 70% da quantidade diária de ração oferecida no grupo controle + suplementação com 10, 20 e 30% da quantidade em LM fresca, respectivamente).

A quantidade de ração foi calculada em 4% da biomassa em cada caixa e foi dividida em dois fornecimentos diários. A quantidade de LM foi calculada como porcentagem da quantidade de ração fornecida diariamente em cada grupo. Os juvenis foram pesados a cada semana para o ajuste do fornecimento de ração e LM. O fornecimento da ração comercial foi feito duas vezes ao dia às 8h30 e às 16h30. A LM foi fornecida diariamente às 17h30. Após 45 minutos do fornecimento da ração, a quantidade não consumida foi recolhida com o auxílio de um puçá, foi secada e pesada para determinação

do consumo de ração. A LM não consumida até a manhã do dia seguinte ao fornecimento também foi recolhida com um puçá e, após a remoção do excesso de água, foi pesada, para determinação do consumo da planta.

Os parâmetros de desempenho avaliados incluíram peso final, ganho em peso, consumo de ração, conversão alimentar (g ração/g ganho em peso e g ração + LM/g ganho em peso) e taxa de crescimento específico. A viabilidade econômica foi determinada com base no peso da ração consumida (R\$ 7,50/kg) × conversão alimentar (g ração/g ganho em peso) × 1000, obtendo-se, assim, o custo do kg do peixe em cada tratamento.

Ao final do período experimental, três peixes de cada repetição, selecionados ao acaso, foram eutanasiados para a obtenção das medidas corporais e coleta de 50 g do músculo dorsal. O óleo de cravo (eugenol) foi empregado como anestésico geral, na dose de 185 mg/L de água), seguido pela eutanásia de acordo com Concea<sup>(22)</sup>. Somente após esse procedimento, as carcaças foram medidas e processadas.

Foram obtidas as medidas de comprimento total (CT, da porção anterior do focinho até a extremidade da nadadeira caudal), comprimento padrão (CP, entre a parte anterior da cabeça e o final do pedúnculo caudal), comprimento da cabeça (CC, entre a parte anterior do focinho e a extremidade da borda do opérculo), altura do corpo (AC, medida anteriormente ao 1º raio da nadadeira dorsal até a região ventral). As medidas foram realizadas utilizando-se um paquímetro digital Digimess, com precisão de 0,01 mm.

Os peixes foram dissecados como segue: foi realizado um corte no dorso do animal e, então, duas linhas laterais foram feitas de cada lado do corpo. Uma porção de 50 g do músculo dorsal, sem pele, foi coletado, triturado, homogeneizado e analisado quanto ao teor de matéria seca, proteína bruta, lipídios totais e cinzas, como detalhado em Silva e Queiroz<sup>(21)</sup>.

Todos os resultados obtidos foram submetidos à Análise de Variância, utilizando-se o programa SISVAR<sup>(23)</sup>. Quando o teste F foi significativo, teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade, foi utilizado para a comparação entre médias.

### 3. Resultados e discussão

Os parâmetros de qualidade da água, durante o período experimental, encontram-se na Tabela 1. Os valores médios de amônia total, pH, oxigênio dissolvido, dureza total e temperatura estão dentro dos parâmetros de referência citados em Queiroz *et al.*<sup>(24)</sup>.

**Tabela 1.** Parâmetros de qualidade da água fornecida a juvenis tilápia-do-Nilo alimentados com ração comercial e suplementados com *Lemna minor* (LM) fresca.

Parâmetros	Valor médio	Queiroz <i>et al.</i> <sup>(24)</sup>
Amônia total (mg/L)	1,54 ± 0,94	0,6-2,0
Amônia não-ionizada (mg/L) <sup>1</sup>	0,014 ± 0,012	<0,6
pH	6,9 ± 0,23	6-9
Oxigênio dissolvido (mg/L)	5,72 ± 1,37	5-6
Dureza total (mg/L) <sup>2</sup>	35,70 ± 8,66	>20
Temperatura (°C)	28,7 ± 1,35	26-28

<sup>1</sup>Determinado de acordo com o fabricante do kit.

<sup>2</sup>1 a 3 gotas representam 50 a 150 mg/L de carbonato de cálcio, sendo a água considerada branda, segundo o fabricante do kit (Labcon test amônia tóxica água doce, Alcon, Camburiú, SC, Brasil).

Os parâmetros de qualidade da água estavam dentro dos valores recomendados para a tilápia-do-Nilo, exceto pelos níveis de amônia que estavam próximos ao limite máximo, mas, em função da combinação com as outras variáveis, não influíram negativamente no desempenho dos peixes.

A LM utilizada nesse estudo apresentou, em média, 96,55% de umidade e 17,24% de minerais, 5,56% de lipídios e 29,78% de proteína bruta, com base na matéria seca. Esses resultados são próximos aos descritos por Chakrabarti *et al.*<sup>(10)</sup>, Herawati *et al.*<sup>(18)</sup> e Sońta *et al.*<sup>(25)</sup>, cujos valores variaram de 91,9-93,3% para umidade, 23,47-49,38% para proteína, 1,15-7,81% para lipídios totais e 8,64-23,6% para minerais totais, com base na matéria seca. As variações nos resultados podem ocorrer em função do status nutritivo da água de cultivo que influencia o teor de proteína da LM que pode variar de 9 a 20% em condições nutritivas baixas ou subótimas a 24-41% em ótimas condições nutritivas<sup>(10)</sup>.

Os tratamentos não afetaram ( $P \geq 0,05$ ) o peso final, o ganho em peso, a conversão alimentar total (ração + LM), a taxa de sobrevivência e a taxa de crescimento específico, porém os peixes suplementados com 30% de LM fresca apresentaram redução de 33% no consumo de ração ( $P \leq 0,05$ ) em relação ao grupo controle, resultando em melhor conversão alimentar (g de ração/g de peso) e menor custo do kg de peixe (-23%) (Tabela 2). A suplementação de 10 a 30% LM causou redução nos valores de conversão alimentar, considerando-se somente o consumo de ração, o que se refletiu em menores custos do quilo de peixe.

É possível que a redução no consumo de ração, devido à suplementação com 30% de LM, tenha ocorrido em virtude do teor de fibra bruta da planta, que varia de 11,51% a 29,7% (12, 26-31). A LM contém teores de proteína comparável ou superior à maioria dos grãos e altos teores de fibra, em contraste com os cereais<sup>(29)</sup>. Apesar de a LM fresca apresentar menor teor de fibra e fatores antinutricionais, como taninos e ácido fítico, comparado com a LM seca, esta pode ter levado à maior sensação de saciedade no animal e à consequente redução no consumo de ração<sup>(13, 26, 31)</sup>.

Por ser uma fonte de proteínas, o uso da *L. minor* na alimentação de tilápias pode resultar em melhor desempenho produtivo, entretanto os resultados com o uso de *L. minor* fresca são escassos. Cipriani *et al.*<sup>(32)</sup> notou o mesmo efeito com juvenis de tilápia consumindo LM fresca, com consequente redução no consumo de ração e sem alteração no desempenho produtivo.

**Tabela 2.** Desempenho de juvenis de tilápia-do-Nilo alimentados com ração comercial e suplementados com *Lemna minor* (LM) fresca.

Parâmetros	<i>Lemna minor</i> (%)				EPM	valor de P
	0	10	20	30		
Peso final (g)	74,45	78,22	73,92	68,92	3,83	0,43
Ganho de peso (g)	53,77	57,17	53,35	47,87	3,72	0,39
Consumo de ração (g)	77,61 <sup>a</sup>	67,62 <sup>a</sup>	64,79 <sup>a</sup>	51,55 <sup>b</sup>	3,96	0,005
Consumo de <i>L. minor</i> (g)	0,00 <sup>d</sup>	5,91 <sup>c</sup>	10,07 <sup>b</sup>	12,79 <sup>a</sup>	0,38	0,001
Conversão alimentar <sup>1</sup>	1,45 <sup>a</sup>	1,18 <sup>b</sup>	1,21 <sup>b</sup>	1,12 <sup>b</sup>	0,09	0,05
Conversão alimentar <sup>2</sup>	1,45	1,28	1,40	1,39	0,08	0,60
TCE	2,67	2,73	2,66	2,45	0,01	0,28
Taxa de sobrevivência (%)	94,94	96,61	88,96	98,80	2,84	0,14
Custo do quilo de peixe (R\$)	10,87 <sup>a</sup>	8,85 <sup>b</sup>	9,07 <sup>b</sup>	8,40 <sup>b</sup>	1,40	0,05

<sup>1</sup>conversão alimentar (ração). <sup>2</sup>conversão alimentar total (ração + *L. minor*). TCE – taxa de crescimento específico, EPM – erro padrão da média.

<sup>ab</sup>Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

Outros autores verificaram o efeito da *Lemna* fresca no desempenho de tilápias, tais como El-Shafai *et al.*<sup>(16)</sup>, que ofereceram 20 a 40% da dieta, em peso, em LM seca ou fresca para juvenis de tilápia. A inclusão de 20% de LM fresca promoveu taxa de crescimento específica e conversão alimentar similares às obtidas com o grupo controle e melhores que as obtidas nos demais tratamentos. Segundo Chowdhury *et al.*<sup>(33)</sup>, melhor taxa de crescimento específica e ganho em peso resultaram em aumento de 182,51% na produção de alevinos de tilápias criados em tanques e suplementados com LM fresca (60% do peso corporal total dos peixes/dia).

Apesar do menor consumo de ração, o ganho em peso foi semelhante em todos os tratamentos, possivelmente porque a suplementação com a LM fresca contribuiu, mesmo que em pequena proporção, para atender às exigências de aminoácidos dos peixes no grupo de animais alimentados com menor quantidade de ração. A LM apresenta boa proporção de aminoácidos considerados essenciais (g/100 g proteína) e importantes para o bom desenvolvimento da tilápia, tais como metionina (1,6-1,9%), treonina (3,6-4,0%), lisina (5%), arginina (4,8%), valina (4,6%), isoleucina (3,7-4,03%), leucina (6,5-7,3%), fenilalanina (4,4-4,6%), arginina (4,8-6,4%), triptofano (1,11%) e histidina (1,5-2,3%) (6, 7, 13). Esses valores são semelhantes aos encontrados na proteína do farelo de soja e da farinha de peixes, componentes usuais na alimentação de peixes<sup>(34)</sup>.

Não houve efeito ( $P \geq 0,05$ ) da suplementação com LM fresca nas medidas corporais de juvenis de tilápia aos 48 dias de estudo (Tabela 3). As diferentes espécies de peixes podem ter diferentes aptidões produtivas como resultado do maior ou menor acúmulo de massa muscular em determinadas partes do corpo durante seu crescimento, o que levará a diferentes formatos e tamanhos de corpo<sup>(35)</sup>.

**Tabela 3.** Medidas corporais de juvenis tilápia-do-Nilo alimentados com ração comercial e suplementados com *Lemna minor* (LM) fresca.

Níveis de <i>L. minor</i> (%)	CP (mm)	CT (mm)	AC (mm)	EC (mm)	CC (mm)
0	144,6	172	53,5	24,7	49,6
10	144,8	175	54,2	24,6	46,7
20	142,7	175	52,0	23,8	45,7
30	140,3	171	54,2	23,8	49,0
EPM	2,5	3,0	1,2	0,8	1,3
Valor de p	0,56	0,76	0,57	0,80	0,15

CP – comprimento padrão do corpo, CT – comprimento total do corpo, AC – altura do corpo, EC – espessura do corpo e CC – comprimento da cabeça.

EPM – erro padrão da média.

As medidas corporais correlacionam-se positivamente aos pesos de carcaça e de filé, principalmente a espessura, a altura e o comprimento do corpo<sup>(36)</sup>. Tanto a largura quanto o comprimento padrão podem ser utilizados como critérios de seleção para peso e rendimento de filé em tilápia do Nilo<sup>(37)</sup>.

A suplementação dietética com LM não interferiu ( $P > 0,05$ ) nos teores de umidade, de proteína, de lipídios e de minerais das tilápias (Tabela 4), o que demonstra que houve absorção de nutrientes suficientes para deposição, mesmo com a redução na quantidade de ração consumida devido à suplementação com 30% de LM. São escassos os resultados com o uso de LM fresca, porém Solomon e Okomoda<sup>(19)</sup> avaliaram a inclusão de LM seca na dieta de tilápias em 5, 10, 15, 20 e 25% e reportaram

redução nos níveis de proteína da carne dos peixes comparados com o nível de 5% de inclusão. Opiyo *et al.*<sup>(17)</sup> e Hassan e Edwards (38) notaram uma redução nos teores de matéria seca, de lipídios e de proteína nos peixes que ingeriram dietas contendo 2,5 a 15% de inclusão de farelo de LM.

**Tabela 4.** Composição de filé de juvenis tilápia do Nilo alimentados com ração comercial e suplementados com *Lemna minor* (LM) fresca (com base na matéria natural).

Níveis de <i>L. minor</i> (%)	Umidade (%)	Proteína (%)	Lipídios (%)	Minerais (%)
0	79,00	18,87	2,40	1,34
10	78,75	19,60	2,36	1,37
20	79,00	18,54	2,38	1,26
30	79,25	18,84	2,80	1,22
EPM	0,33	0,36	0,06	0,10
Valor de p	0,78	0,25	0,59	0,74

EPM – erro padrão da média.

Importante ressaltar que, nos estudos citados, os autores utilizaram LM seca, o que causa um aumento na concentração dos nutrientes, entre eles a fibra bruta. Altos níveis de fibra bruta podem reduzir a absorção de nutrientes, colaborando para uma menor deposição de nutrientes na carne dos peixes<sup>(39)</sup>.

Resultados semelhantes foram obtidos por Fasakin *et al.*<sup>(40)</sup>, que também não observaram diferenças na carne de tilápias com o uso de farelo de LM (5, 10, 20, 30 e 100% de substituição da farinha de peixe); entretanto, os teores de lipídios (4,5%) e de minerais (2,9-3,6%) foram superiores e, os de proteína, inferiores (13,1-14,6%) aos encontrados no presente estudo. Do mesmo modo, Fiodelmondo *et al.*<sup>(4)</sup> reportaram que o farelo de LM (10, 20 e 28% de inclusão) não influenciou os níveis de umidade, de gordura, de proteína e de minerais em trutas, sendo os valores obtidos semelhantes aos observados no presente estudo.

#### 4. Conclusão

Juvenis de tilápia do Nilo podem ser criados com dieta composta por 70% de ração comercial e 30%, em peso, de LM fresca, com redução nos custos do quilo de peixe produzido.

#### Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesses.

#### Declaração de disponibilidade de dados

Os dados serão fornecidos mediante solicitação ao autor correspondente.

#### Contribuições do autor

Conceitualização e análise formal: M. C. de Oliveira e Y. A. Attia. Curadoria de dados, administração de projeto e escrita (original, revisão e edição): M. C. de Oliveira. Investigação e visualização: T. F. F. Santos e J. L. F. Gomes. Recursos e supervisão: P. F. Santos.

#### Agradecimentos

Agradecemos à Universidade de Rio Verde – UniRV – pela concessão da Bolsa Pesquisador e da Bolsa de Iniciação Científica (PIBIC).

## Referências

1. SUSTAINABLE FISHERIES. What does the world eat? [cited 2024 Jun 24]. Disponível em: <https://sustainablefisheries-uw.org/seafood-101/what-does-the-world-eat/#:~:text=Fish%20as%20protein,of%20the%20world's%20meat%20consumption English>.
2. STATISTA. Estimated animal protein consumption worldwide in 2023, by source. New York, 2024 Jul. [cited 2024 Sep 11]. [https://www.statista.com/statistics/1025784/human-consumption-of-protein-by-type-worldwide/ English](https://www.statista.com/statistics/1025784/human-consumption-of-protein-by-type-worldwide/).
3. CNA – Confederação Nacional de Agricultura e Pecuária do Brasil. CNA analisa custos de produção de tilápia, tambaqui e camarão. 2022 Nov 7. [cited 2024 Sep 10]. <https://cnabrasil.org.br/noticias/cna-analisa-custos-de-producao-de-tilapia-tambaqui-e-camarao#:~:text=Durante%20a%20live%2C%20Thiago%20disse,item%20totalizou%2081%2C4%25. Portuguese>.
4. Fiordelmondo E, Ceschin S, Magi GE, Mariotti F, Iaffaldano N, Galosi L, Roncarati A. Effects of partial substitution of conventional protein sources with duckweed (*Lemna minor*) meal in the feeding of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on growth performances and the quality product. Plants. 2022; 11(9): 1220. <https://doi.org/10.3390/plants11091220>
5. van Hoeck A, Horemans N, van Hees M, Nauts R, Knapen D, Vandenhove H, Blust R. et al. Characterization dose response relationships: chronic gamma radiation in *Lemna minor* induces oxidative stress and altered polyploid level. . 2015; 150: 195-202. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.08.017>
6. Appenroth KJ, Sree KS, Böhm V, Hammann S, Vetter W, Leiterer M, Jahreis G. Nutritional value of duckweeds (*Lemnaceae*) as human food. Food Chemistry. 2017; 217: 266-273. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.116>
7. Pagliuso D, Grandis A, Fortirer JS, Camargo P, Floh EIS, Buckeridge MS. Duckweeds as promising food feedstocks globally. Agronomy. 2022; 12(4): 796. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040796>
8. Mohedano RA, Costa RHR, Tavares FA, Belli Filho, P. High nutrient removal rate from swine wastes and protein biomass production by full-scale duckweeds ponds. Bioresource Technology. 2012; 112(1): 98-104. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.02.083>
9. Goswami RK, Sharma JG, Shrivastav AK, Kumar G, Glencross BD, Tocher DR, Chakrabarti, R. Effect of *Lemna minor* supplemented diets on growth, digestive physiology and expression of fatty acids biosynthesis genes of *Cyprinus carpio*. Scientific Reports. 2022; 12(1): 3711. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07743-x>
10. Chakrabarti R, Clark WD, Sharma JG, Goswami RK, Shrivastav AK, Tocher DR. Mass production of *Lemna minor* and its amino acid and fatty acid profiles. Frontiers in Chemistry. 2018; 6: 479. <https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00479>
11. Al-Snafi AE. *Lemna minor*: traditional uses, chemical constituents and pharmacological effects – a review. IOSR Journal of Pharmacy [Internet]. 2019 Aug [cited 2024 Sep 11]; 9(8): 6-11. [https://www.iosrphr.org/papers/vol9-issue8/Series-1/B0908010611.pdf English](https://www.iosrphr.org/papers/vol9-issue8/Series-1/B0908010611.pdf).
12. Djeke PS, Yeo GM, Kouame KP, Alla YL, Amian ARF, Yapo AF, Ble MC. Effect of four treated forms of *Lemna minor* on zootechnical balance and digestive performance of juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Côte d'Ivoire (West Africa). Pakistan Journal of Nutrition. 2022; 21(1): 35-46. <https://doi.org/10.3923/pjn.2022.35.46>
13. Falaye AE, Ojo-Daniel HA, Sule SO. Effects of processing on duckweed (*Lemna minor*) as fish feedstuff. Scientific Reports in Life Sciences. 2022; 3(4): 53-67. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7487341>
14. Armando E, Lestiyani A, Islamy RA. Potential analysis of *Lemna* sp. extract as immunostimulant to increase non-specific immune response of tilapia (*Oreochromis niloticus*) against *Aeromonas hydrophila*. Research Journal of Life Science. 2021; 8(1): 40-47. <http://dx.doi.org/10.21776/ub.rjls.2021.008.01.6>
15. González-Rentería M, Monroy-Dosta MC, Guzmán-García X, Hernández-Calderas I, Ramos-opez MA. Antibacterial activity of *Lemna minor* extracts against *Pseudomonas fluorescens* and safety evaluation in a zebrafish model. Saudi Journal of Biological Sciences. 2020; 27(12): 3465-3473. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.09.043>
16. El-Shafai S, El-Gohary FA, Nasr FA, van der Steen NP, Gijzen HJ. Chronic ammonia toxicity to duckweed-fed tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture. 2004; 232(1-4): 117-127. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00516-7](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00516-7)
17. Opiyo MA, Muendo P, Mbogo K, Ngugi CC, Charo-Karisa H, Orina P, Leschen W, Glencross BD, Tocher DR. Inclusion of duckweed (*Lemna minor*) in the diet improves flesh omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acid profiles but not the growth of farmed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Animal Feed Science and Technology. 2022; 292: 115442. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115442>

18. Herawati VE, Pinandoyo, Darmanto YS, Rismaningsih N, Windarto S, Radjasa OK. The effect of fermented duckweed (*Lemna minor*) in feed on growth and nutritional quality of tilapia (*Oreochromis niloticus*). Journal of Biological Diversity. 2020; 21(7): 3350-3358. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210759>
19. Solomon SG, Okomoda VT. Growth performance of *Oreochromis niloticus* fed duckweed (*Lemna minor*) based diets in outdoor hapas. International Journal of Research in Fisheries and Aquaculture [Internet]. 2012 [cited 2024 Sep 10]; 2(4): 61-65. [https://www.researchgate.net/publication/291336062\\_Growth\\_performance\\_of\\_Oreochromis\\_niloticus\\_fed\\_duckweed\\_Lemna\\_minor\\_based\\_diets\\_in\\_outdoor\\_hapas\\_English](https://www.researchgate.net/publication/291336062_Growth_performance_of_Oreochromis_niloticus_fed_duckweed_Lemna_minor_based_diets_in_outdoor_hapas_English).
20. Asimi OA, Khan IA, Bhat TA, Husain N. Duckweed (*Lemna minor*) as a plant protein source in the diet of common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry [Internet]. 2018 [cited 2024 Jun 12] 7(3): 42-45. <https://www.phytojournal.com/archives/2018/vol7issue3/PartA/7-2-494-213.pdf>. English.
21. Silva DJ, Queiroz AC. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3rd ed. Viçosa: Editora Universitária, 2002. 235p. Portuguese.
22. Concea – Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. Resolução Normativa CONCEA n. 37 de 15 de fevereiro de 2018. Baixa a Diretriz da Prática de Eutanásia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal – Concea. Diário Oficial da União. 2018 Feb 22; Seção 1. Portuguese.
23. Ferreira DF. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia. 2011; 35(6): 1039-1042. <https://doi.org/10.1590/S1413-7054201100060001>
24. Queiroz JF, Alves JMC, Losekann ME, Frasca-Scorvo CMD, Scorvo Filho JD, Ferri GH, Ishikawa MM. Manejo alimentar e da qualidade da água na produção de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). [Internet]. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente; May 2021 [cited 2024 May 10]. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/223088/1/SERIE-DOCUMENTOS-130-JULIO-06-05-21.pdf>
25. Sońta M, Wiecek J, Szara E, Rekiel A, Zalewska A, Batorska M. Quantitative and qualitative traits of duckweed (*Lemna minor*) produced on growth media with pig slurry. Agronomy. 2023; 13(7): 1951. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071951>
26. Ifie I, Olatunde S, Ogbon O, Umukoro JE. Processing techniques on phytochemical content, proximate composition, and toxic components in duckweed. International Journal of Vegetable Science. 2021; 27(3): 294-302. <https://doi.org/10.1080/19315260.2020.1781320>
27. Zaffer B, Sheikh IU, Banday MT, Adil S, Ahmed HA, Khan AS, Nissa SS, Mirza U. Effect of inclusion of different levels of duckweed (*Lemna minor*) on the performance of broiler chicken. Indian Journal of Animal Research. 2021; 55(10): 1200-1205. <https://doi.org/10.18805/IJAR.B-4201>
28. Okwuosa OB, Eyo JE, Amadi-Ibiam CO. Growth and nutritional profile of duckweed (*Lemna minor*) cultured with different organic manure. International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology. 2021; 8(12): 7-11. <https://doi.org/10.17148/IARSET.2021.81202>
29. Xu J, Shen Y, Zheng Y, Smith G, Sun XS, Wang D, Zhao Y, Zhang W, Li Y. Duckweed (*Lemnaceae*) for potentially nutritious human food: a review. Food Reviews International. 2021; 39(7): 3620-3634. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.2012800>
30. Demann J, Petersen F, Dusel G, Bog M, Devlamynck R, Ulbrich A, Olfs HW, Westendarp H. Nutritional value of duckweed as protein feed for broiler chickens – digestibility of crude protein, amino acids and phosphorus. Animals. 13(1): 130. <https://doi.org/10.3390/ani13010130>
31. Mustofa AG, Ardiansyah WS, Mulyati HI. Use of duckweed (*Lemna minor*) harvested from IRAS as a partial replacement for fishmeal proteins in barramundi (*Lates calcarifer*) diets. AACL Bioflux [Internet] 2022. [cited 2025 22 Feb]; 15(4): 1663-1674. <https://bioflux.com.ro/docs/2022.1663-1674.pdf>. English.
32. Cipriani LA, Ha N, Oliveira NS, Fabregat TEHP. Does ingestion of duckweed (*Lemna minor*) improve the growth and productive performance of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis nilotius*) given formulated feeds in a recirculation system? Aquaculture International. 2021; 29: 2197-2205. <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00743-0>
33. Chowdhury MMR, Shahjahan M, Rahman MS, Islam MS. Duckweed (*Lemna minor*) as supplementary feed in monoculture of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Journal of Fisheries and Aquatic Science. 2008; 3(1): 54-59. <https://doi.org/10.3923/jfas.2008.54.59>
34. Rostagno HS, Albino, LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Perazzo FG, Saraiva A, Teixeira ML, Rodrigues PB, Oliveira RF, Barreto SLT, Brito CO. Tabelas brasileiras para aves e suínos – composição de alimentos e exigências nutricionais. 4th ed. Viçosa: Editora Universitária, 2017. 488p. Portuguese.

35. Contreras-Guzmán ES. Bioquímica de pescado e derivados. 1st ed. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 409p. Portuguese.
36. Rutten MJM, Bovenhuis H, Komen H. Modeling fillet traits based on body measurements in three tilapia strains (*Oreochromis niloticus* L.). Aquaculture. 2004; 231(1-4): 113-122. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.11.002>
37. Rutten MJM, Bovenhuis H, Komen H. Modeling fillet traits based on body measurements in three tilapia strains (*Oreochromis niloticus* L.). Aquaculture. 2004; 231(1-4): 113-122. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.11.002>
38. Hassan MS, Edwards P. Evaluation of duckweed (*Lemna perpusilla* and *Spirodela polyrrhiza*) as feed for Nile tilapia (*Oreochrois niloticus*). Aquaculture. 1992; 104(3-4): 315-326. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(92\)90213-5](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90213-5)
39. Li MH, Oberle DF, Lucas PM. Effects of dietary fiber concentrations supplied by corn bran on feed intake, growth, and feed efficiency of channel catfish. North American Journal of Aquaculture, 74(2): 148-153. <https://doi.org/10.1080/15222055.2012.672374>
40. Fasakin EA, Balogun AM, Fasuru BE. Use of duckweed, *Spirodela polyrrhiza* L. Schleiden, as a protein feedstuff in practical diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* L. Aquaculture Research. 1999; 30(5): 313-318. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1999.00318.x>