

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 16/12/2024.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**FARINHAS DE INSETOS EM DIETAS PARA
JUVENIS DE PACU *Piaractus mesopotamicus*
(HOLMBERG, 1887)**

Monique Virões Barbosa dos Santos

Jaboticabal, SP
2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**FARINHAS DE INSETOS EM DIETAS PARA
JUVENIS DE PACU *Piaractus mesopotamicus*
(HOLMBERG, 1887)**

Monique Virões Barbosa dos Santos

Orientador Prof. Dr. João Batista Kochenborger Fernandes

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP - CAUNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora.

Jaboticabal, SP
2022

S237f Santos, Monique Virões Barbosa dos
Farinhas de insetos em dietas para juvenis de pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) / Monique Virões Barbosa dos Santos. –
– Jaboticabal, 2023
xi, 107 p. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de
Aquicultura, 2023

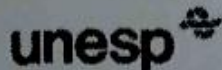
Orientador: João Batista Kochenborger Fernandes

Banca examinadora: Antônio Cleber da Silva Camargo, Jesaias Ismael
da Costa, Fernando André Salles, Manuel Vazquez Vidal Junior

Bibliografia

1. Nutrição animal. 2. Peixe - alimentação e rações. 3. Insetos
comestíveis. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.3.043



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
Centro de Aquicultura da Unesp - CAUNESP



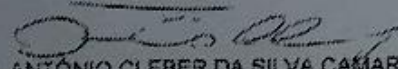
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

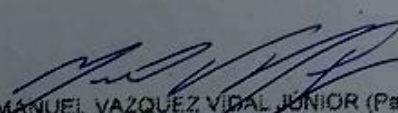
TÍTULO DA TESE: FARINHAS DE INSETOS EM DIETAS PARA JUVENIS DE PACU *Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG, 1887)

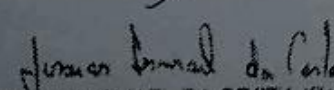
AUTORA: MONIQUE VIRÃES BARBOSA DOS SANTOS
ORIENTADOR: JOÃO BATISTA KOCHENBORGER FERNANDES

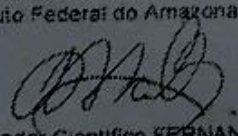
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AQUICULTURA, pela Comissão Examinadora:


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


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


Prof. Dr. MANUEL VAZQUEZ VIDAL JÚNIOR (Participação Virtual)
Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal / Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro


Prof. Dr. JESAIAS ISMAEL DA COSTA (Participação Virtual)
/ Instituto Federal do Amazonas - Campus Presidente, IFAM


Pesquisador Científico FERNANDO ANDRÉ SALLES (Participação Virtual)
Instituto de Zootecnia da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, PRDTA Centro Leste

Jaboticabal, 16 de dezembro de 2022

Dedico este trabalho às pessoas e seres mais especiais que existem na minha vida e me derem todo o suporte para que eu realizasse este sonho tão almejado: a Deus e ao seu filho Jesus Cristo, pela força nos momentos difíceis e pelas bênçãos concedidas; aos meus pais Graça e Aramis, pela vida, amor e educação, não medindo esforços e sacrifícios para que eu pudesse estudar; ao meu irmão Arafat, pelo amor, amizade, bondade e carinho comigo e com nossa família; ao meu marido Cristian, por todo apoio, amor, companheirismo, paciência e compreensão; e aos meus filhos felinos Frajola, Pequena, Mingau, Juma, Pereba e Guismo (in memoriam), pelo amor, companhia e carinho.

AGRADECIMENTOS

Ao meu grandioso Deus, por escutar minhas preces, por não ter deixado que eu desistisse e por ter agido através de tantas pessoas e seres especiais, possibilitando que este sonho fosse realizado... obrigada por tudo!!!

Ao meu orientador Prof. Dr. João Batista Kochenborger Fernandes, pela oportunidade, orientação, ensinamentos compartilhados, confiança, paciência, gentileza e hombridade.

Aos membros da banca de defesa de tese Prof. Dr. Antônio Cleber da Silva Camargo, Prof. Dr. Jesaias Ismael da Costa, Dr. Fernando André Salles e Prof. Dr. Manuel Vazquez Vidal Jr., por aceitarem o convite e disponibilizarem seu tempo e valiosos conhecimentos, que sem dúvida foram fundamentais para a melhoria do meu trabalho de tese.

Aos membros da banca do exame de qualificação, Prof. Dr. Antônio Cleber da Silva Camargo e Prof. Dr. Manuel Vazquez Vidal Jr. (estimado orientador de mestrado e de vida profissional), por terem aceito o convite das duas bancas e pela enorme contribuição para a melhoria deste trabalho.

Ao Sr. João Luiz Pisa da BSF Nutrição e Biotecnologia, pela doação da farinha de larvas de mosca soldado negra. Ao Prof. Dr. Diego Costa da UFMG, pela doação da farinha de larvas de tenébrio e discussões. Ao Dr. Giovani Sampaio Gonçalves do Instituto de Pesca de São Paulo, pelo auxílio na confecção das rações experimentais.

Aos parceiros do Laboratório de Piscicultura Ornamental do Caunesp-Jaboticabal, Rafael, Kifayat, Thaís, Daniel e, em especial ao Manuel e Jayne, sempre dispostos a me ajudar nas montagens de experimentos, preparo de rações, biometrias, coletas, durante às faltas de energia elétrica no Laboratório, etc., sendo fundamentais para a realização deste trabalho. Aos alunos da Pós Graduação do Caunesp: Magdiel, Jéssica, Denis, Marcelo, Laíza, Juliano Coutinho, Raíssa, Evandro, Inácio, Raphael e Suzana, que contribuíram nas coletas, análises, discussões e/ou preparo das rações de digestibilidade e, em especial à minha amiga Andressa, ao Jesaias e à Aurea, por compartilharem suas experiências e pelos inúmeros auxílios neste trabalho.

À toda equipe do Lavinesp da FCAV/UNESP, sempre disponibilizando espaço, equipamentos, reagentes e auxílio nas análises de composição química. À química Ana Paula e ao Sr. Orlando do Laboratório de Nutrição Animal da FCAV/UNESP pelo auxílio nas análises de extrato etéreo das farinhas de insetos, na digestão nitroperclórica das amostras de fezes e na liofilização das amostras do experimento de digestibilidade. À Equipe do Laboratório de Tecnologia de Alimentos da FCAV/UNESP, principalmente ao Sr. Rodrigo, pela prontidão na liofilização de amostras. Ao Sr. José de Ribeirão Preto, sempre disposto a auxiliar com instruções para coleta e fixação de amostras de tecidos e pelo preparo de lâminas histológicas. Ao pessoal da Elétrica Cavallini, sempre de prontidão me socorrendo quando as bombas de recirculação queimavam.

A todos docentes, alunos e funcionários do Caunesp e da FCAV/Unesp de Jaboticabal pelo convívio, apoio e ensinamentos, principalmente ao Márcio Perereca, Silvinha, Luís da Tilapicultura, Profa. Dra. Maria José R. Paiva, Prof. Dr. Euclides Braga, Profa. Dra. Lucia Sipaúba, Profa. Dra. Renata Guimarães, Prof. Dr. Eduardo Sanches, Profa. Dra. Julieta Moraes, Prof. Dr. Diogo Hashimoto, Dr. Matheus (Pós-Doc do Lavinesp), Mônica Travaini, Elaine, Dona Lúcia e,

especialmente, ao Val e ao Jamil, pelo apoio, suporte nos momentos de sufoco dos experimentos, conversas e amizade e, ao secretário do PPGA Sr. David Lorente, por todo suporte, atenção e esclarecimentos necessários. Também agradeço aos professores Dr. Dalton Carneiro, Dra. Elisabeth Urbinati, Dr. Leonardo Takahashi e Dra. Fabiana Pilarski, pelo apoio, paciência e valiosas contribuições para realização deste trabalho.

Às instituições públicas, Escola Municipal Nelson Rodrigues, UFRRJ, UENF e Unesp, por me oportunizarem ensino de qualidade e gratuito e, ao IFMT, por me conceder a licença de afastamento para pós-graduação, me possibilitando cursar o Doutorado numa das instituições mais conceituadas da minha área de atuação. Aos professores que contribuíram para minha educação e formação profissional, muito obrigada pela dedicação, ensinamentos e exemplos de profissionais que são... sou imensamente grata a todos!

Aos meus amigos e minhas amigas, todos e todas foram e são importantes na minha vida! Aos amigos e colegas que conheci através da UFRRJ, UENF, Fiperj, IFMT, Unesp e da prática de esportes. Às eternas amigas do Rio de Janeiro, RJ, Viviane Carli, Viviane Pimentel, Fernanda Leocádio e Ana Carolina, por serem tão especiais e únicas, sinto muito a falta de vocês. Aos amigos de Cáceres, MT, em especial ao Fabi, à Carmen e às Madrugadeiras da Bike (seus maridos e familiares). Às amigas Andressa, Laíza, Dayanne, Aline e Joseane, agradeço imensamente pelo companheirismo, amizade, apoio, conversas e momentos agradáveis durante o tempo que morei em Jaboticabal, SP. Ao Centro Espírita Universal (CEU) de Jaboticabal e seus trabalhadores, vocês são muito especiais e foram fundamentais em vários momentos desta jornada. Ao Dr. Alcimar e às minhas psicólogas Maria José (Zezé) e Ulda, que cuidaram e cuidam com todo zelo e carinho da minha saúde e me deram todo o suporte e acolhimento para que eu chegasse até aqui.

À toda minha família, minha base, especialmente à minha mãe Gracinha (a pessoa mais especial, linda inteligente, amorosa, bondosa, batalhadora da minha vida e meu exemplo) e ao meu pai Amis, pelo amor incondicional, compreensão, abidicações, por sempre acreditarem em mim e me proporcionarem as maiores heranças que poderiam, a educação, o amor, a força e a alegria de viver; ao meu irmão Arafat, pelo companheirismo, amor e amizade e; à minha Tia Eliza, pelo amor e exemplo, pois foi a primeira mulher da família a se formar no ensino superior, me mostrando desde pequena, que através da educação podemos transformar nossa realidade. Ao meu marido e amigo Cristian, pelo amor, companheirismo, apoio, incentivo, compreensão, paciência e, principalmente, por ter me auxiliado muito na realização de inúmeras análises, limpezas do sistema de recirculação, biometrias, coletas, alimentações, financiamento de reagentes e de liofilização, etc. Você é tão especial e foi fundamental nessa etapa da minha vida. Aos meus saudosos sogros Marlei e Edison, por todo amor, carinho e compreensão. Aos meus gatos: Frajola, Pequena, Mingau, Juma, Pereba e Guismo (*in memoriam*), por todo amor, carinho, atenção e companhias inestimáveis durante momentos bons e difíceis.

A todos que contribuíram diretamente e indiretamente para a realização deste trabalho, mesmo com todas as adversidades causadas pela pandemia, agradeço imensamente e desejo que Deus os abençoe imensamente.

Aos animais utilizados neste estudo, o meu respeito e gratidão!!!

*“Pai, meu pai do céu, meu pai do céu
Eu quase me esqueci, me esqueci
Que o seu amor vela por mim, vela por mim
Que seja feito assim”*

Trecho da canção e oração “Pai Nosso”

*“Eu já passei por quase tudo nessa vida
Em matéria de guarida, espero ainda a minha vez
Confesso que sou de origem pobre
Mas meu coração é nobre, foi assim que Deus me fez
Só posso levantar as mãos pro céu
Agradecer e ser fiel ao destino que Deus me deu
E aos trancos e barrancos, lá vou eu
E sou feliz e agradeço por tudo que Deus me deu”*

Trechos da canção “Deixa a vida me levar”

RESUMO

O crescimento da aquicultura tem impulsionado a procura por ingredientes alternativos mais sustentáveis do que os alimentos convencionais. Neste sentido, as farinhas de insetos são consideradas ótimas fontes de nutrientes, que têm apresentado resultados promissores em diversas espécies de peixes. Objetivou-se com este trabalho avaliar farinhas de insetos na alimentação de juvenis de pacu por meio de estudos de digestibilidade, desempenho, composição corporal e bioquímica sanguínea. Foram conduzidos três experimentos no Laboratório de Modelagem em Nutrição de Peixes do Centro de Aquicultura da Unesp, Jaboticabal, SP, Brasil. O primeiro foi realizado para determinar os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta e energia das farinhas de barata cinérea, de tenébrio comum e de duas espécies de moscas (mosca soldado negra e mosca comum) pelos juvenis de pacu. O segundo experimento teve seis tratamentos, constituídos por 25% e 50% de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína das farinhas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), barata cinérea (*Nauphoeta cinerea*) e tenébrio comum (*Tenebrio molitor*). O terceiro foi conduzido com cinco tratamentos, constituídos por dietas com níveis crescentes de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de larvas de mosca soldado negra. Nos experimentos II e III, foram avaliados o desempenho, composição corporal, índices somáticos e respostas metabólicas sanguíneas. Os coeficientes de digestibilidade aparente de proteína das farinhas de insetos pelos juvenis de pacu não apresentaram diferenças significativas (valores entre 80,6% para a farinha de tenébrio e 84,4% para a farinha de mosca soldado negra). Houve diferenças significativas para os coeficientes de digestibilidade aparente de energia das farinhas de insetos, sendo o maior para a farinha de larvas de tenébrio (98,4%). No experimento II, foram observadas diferenças significativas para desempenho, triglicerídeos sanguíneos e composição corporal de água e gordura de juvenis de pacu. A inclusão dietética das farinhas de insetos não afetou os teores de proteína e cinzas corporais, assim como os níveis sanguíneos de glicose, proteína e colesterol dos juvenis de pacu. No experimento III, a inclusão da farinha de *H. illucens* aumentou significativamente o peso final, o ganho em peso, a taxa de crescimento específica, o consumo de ração, o teor de gordura corporal e o colesterol sanguíneo de juvenis de pacu. No entanto, não afetou a conversão alimentar, os índices somáticos e a composição de água, proteína bruta e cinzas corporais. A glicose, proteína total e triglicerídeos sanguíneos dos juvenis de pacu também não foram afetados pela substituição da farinha de peixe pela farinha de mosca soldado negra. Os resultados indicam que as farinhas de insetos estudadas podem ser utilizadas como fonte proteica para as fases iniciais de pacu.

Palavras-chave: Nutrição animal, Peixe Alimentação e rações, Insetos comestíveis

ABSTRACT

The growth of aquaculture has driven demand for alternative ingredients that are more sustainable than conventional foods. In this sense, insect meal is considered a great source of nutrients, which has shown promising results in several species of fish. The objective of this study was to evaluate insect meals in feeding pacu juveniles through studies of digestibility, performance, body composition, and blood biochemistry. Three experiments were conducted at the Fish Nutrition Modeling Laboratory of Unesp Aquaculture Center in Jaboticabal, Sao Paulo, Brazil. The first was performed to determine the digestibility coefficients of crude protein and energy of the cinereous cockroach meal, yellow mealworm, and two species of flies (black soldier fly and common housefly) by pacu juveniles. The second experiment had six treatments, consisting of 25% and 50% replacement of fishmeal protein by the protein of black soldier fly (*Hermetia illucens*), cinereous cockroach (*Nauphoeta cinerea*), and mealworm (*Tenebrio molitor*). The third was conducted with five treatments, consisting of diets with increasing levels of replacement of fishmeal protein by the meal protein of black soldier fly larvae. Experiments II and III evaluated performance, body composition, somatic indexes, and blood metabolic responses. The apparent protein digestibility coefficients of insect meals by pacu juveniles showed no significant differences (values between 80.6% for mealworm and 84.4% for black soldier fly meal). There were significant differences in insect meals apparent energy digestibility coefficients, the highest being for mealworm larvae (98.4%). In experiment II, significant differences were observed for performance, blood triglycerides, and body composition of water and fat of pacu juveniles. The dietary inclusion of insect meals did not affect the protein and body ash contents, as well as the blood glucose, protein, and cholesterol levels of pacu juveniles. In experiment III, the inclusion of *H. Illucens* meal significantly increased the final weight, weight gain, specific growth rate, feed intake, body fat content, and blood cholesterol of pacu juveniles. However, it did not affect feed conversion, somatic indexes, and the composition of water, crude protein, and body ash. The glucose, total protein, and blood triglycerides of pacu juveniles were also not affected by the replacement of fishmeal with black soldier fly meal. The results indicate that the insect meals studied can be used as a protein source for the early stages of pacu.

Keywords: Animal nutrition, Fish Feeding and feeds, Edible insects

CAPITULO I - CONSIDERAÇÕES GERAIS

Introdução

A população mundial alcançará aproximadamente nove bilhões de habitantes até 2050, forçando um aumento da produção de alimentos dos agroecossistemas disponíveis, o que resultará numa pressão ainda maior sobre o meio ambiente, podendo causar escassez de diversos recursos naturais, como terras agrícolas, água, florestas, peixes, biodiversidade, bem como de energia e nutrientes de fontes alimentares não renováveis (FAO, 2020). Desta forma, é imprescindível que a produção de ingredientes para nutrição animal seja repensada em termos de eficiência de utilização de recursos.

A farinha e o óleo de peixe representam ingredientes alimentares ideais para a aquicultura, por possuírem um perfil nutricional que se aproxima das necessidades nutricionais da maioria das espécies aquáticas cultivadas (NRC, 2011). A farinha de peixe não é apenas uma excelente fonte de proteína e aminoácidos essenciais, mas também uma boa fonte de ácidos graxos essenciais, minerais e vitaminas (Tacon e Metian, 2015). No entanto, nos últimos anos esta matéria-prima tornou-se cada vez mais escassa e com preço instável e elevado (Hardy, 2010).

Ingredientes proteicos de origem vegetal têm sido usados como substitutos da farinha de peixe, mas apresentam desvantagens relacionadas ao baixo teor de proteína, desbalanceamento do perfil de aminoácidos essenciais, baixa palatabilidade e presença de uma ampla variedade de fatores antinutricionais (Olsen e Hasan, 2012). Além disso, a produção de plantas ricas em proteínas para ração animal tem um custo ambiental considerável em termos de recursos hídricos e terrestres, emissões de carbono, podendo agravar o desmatamento e a eutrofização dos corpos d'água, e ainda competir com as fontes de ingredientes para alimentação humana (Naylor et al., 2021).

Devido ao crescimento da aquicultura mundial e brasileira, a busca por alimentos alternativos à farinha de peixe e ao farelo de soja para produção sustentável de rações aquícolas tornou-se uma grande preocupação nos últimos anos. Neste sentido, as farinhas de insetos surgem como uma importante e

inovadora alternativa de ingrediente proteico para organismos aquáticos (FAO, 2020).

Os insetos comestíveis são bastante nutritivos, contendo alto teor de proteína, aminoácidos essenciais, lipídios, minerais e vitaminas (FAO, 2020; van Huis, 2013). A produção de insetos demanda bem menos recursos naturais (água, energia e área) e emite menos gases do efeito estufa quando comparado a outros alimentos proteicos (Costa, 2021a). Além destas vantagens, os insetos crescem e se reproduzem facilmente, possuem alta eficiência de conversão alimentar e podem alimentar-se de resíduos orgânicos (FAO, 2020; Collavo et al., 2005). Apesar de ser um alimento promissor, a baixa oferta aliada aos altos preços podem limitar seu uso. Contudo, estudos demonstraram que é tecnicamente viável produzir insetos em grande escala e alcançar a viabilidade econômica na substituição de ingredientes proteicos tradicionais na dieta animal (Khan et al., 2016; Veldkamp et al., 2012).

O interesse por usar insetos na aquicultura está crescendo, logo, o conhecimento sobre o valor nutricional e a utilização de insetos na alimentação de peixes nativos são essenciais e possibilitarão o uso destes ingredientes nas formulações de rações, promovendo o crescimento sustentável da piscicultura brasileira. O pacu (*Piaractus mesopotamicus*) é uma das espécies nativas de clima tropical mais cultivada no Brasil devido ao domínio na produção de alevinos, rápido crescimento e excelente sabor da carne, além de ser bastante procurado para a pesca esportiva (Jomori et al., 2003; Castagnolli e Zuim, 1985).

Considerando que a FAO vem incentivando a utilização de insetos em dietas de animais, inclusive de peixes, e que estudos recentes sobre o potencial nutritivo dos insetos têm chamado atenção da comunidade científica e da indústria da nutrição animal, esse trabalho buscou avaliar as farinhas de barata cinérea, mosca doméstica, mosca soldado negra e tenébrio comum na alimentação de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*).

Conclusão

As farinhas de insetos puderam ser incorporadas com sucesso como fonte de proteína animal, substituindo parcialmente a farinha de peixe sem quaisquer efeitos adversos no desempenho, composição corporal e bioquímica sanguínea de juvenis de *P. mesopotamicus*. Assim, considerando os resultados deste estudo, as farinhas de *H. illucens*, *T. Molitor* e *N. cinerea* podem ser utilizadas como ingredientes na dieta de juvenis de pacu. No entanto, são necessários estudos com mais níveis de inclusão destas farinhas para o pacu, assim como avaliação de outras variáveis.

Referências

- Abimorad, E.G., Carneiro, D.J., 2004. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). Rev. Bras. Zootec. 33, 1101–1109. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982004000500001>
- Abimorad, E.G., Carneiro, D.J., 2007. Digestibility and performance of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles - Fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. Aquac. Nutr. 13, 1–9. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00438.x>
- Abimorad, E.G., Favero, G.C., Squassoni, G.H., Carneiro, D.J., 2010. Dietary digestible lysine requirement and essential amino acid to lysine ratio for 15 pacu *Piaractus mesopotamicus*. Aquac. Nutr. 16, 370–377. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00674.x>
- Abimorad, E.G., Squassoni, G.H., Carneiro, D.J., 2008. Apparent digestibility of protein, energy, and amino acids in some selected feed ingredients for pacu *Piaractus*

- mesopotamicus*. Aquac. Nutr. 14, 374–380. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00544.x>
- Agbohessou, P.S., Mandiki, S.N.M., Gougbédji, A., Megido, R.C., Lima, L.M.W., Cornet, V., Lambert, J., Purcaro, G., Francis, F., Lalèyè, P.A., Kestemont, P., 2021. Efficiency of fatty acid-enriched dipteran-based meal on husbandry, digestive activity and immunological responses of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* juveniles. Aquaculture 545. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737193>
- Alfiko, Y., Xie, D., Astuti, R.T., Wong, J., Wang, L., 2022. Insects as a feed ingredient for fish culture: Status and trends. Aquac. Fish. 7, 166–178. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2021.10.004>
- Alves, A.P. do C., Paulino, R.R., Pereira, R.T., Costa, D.V., Rosa, P.V., 2020. Nile tilapia fed insect meal: Growth and innate immune response in different times under lipopolysaccharide challenge. Aquac. Res. 52, 529–540. <https://doi.org/10.1111/are.14911>
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 2012. Official Methods of Analysis, 15th. Official Methods of Analysis of AOAC International, 19th ed.; Latimer George, W., Jr., Ed.; AOAC International Gaithersburg: Gaithersburg, MD, USA.
- 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 fillets. Ital. J. Anim. Sci. 14, 670–676. <https://doi.org/10.4081/ijas.2015.4170>
- Belghit, I., Liland, N.S., Waagbø, R., Biancarosa, I., Pelusio, N., Li, Y., Kroghdahl, Å., Lock, E.J., 2018. Potential of insect-based diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 491, 72–81. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.03.016>
- Biasato, I., Chemello, G., Oddon, S.B., Ferrocino, I., Corvaglia, M.R., Caimi, C., Resconi, A., Paul, A., van Spankeren, M., Capucchio, M.T., Colombino, E., Cocolin, L., Gai, F., Schiavone, A., Gasco, L., 2022. *Hermetia illucens* meal inclusion in low-fishmeal diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Effects on the growth performance, nutrient digestibility coefficients, selected gut health traits, and health status indices. Anim. Feed Sci. Technol. 290, 115341. <https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2022.115341>
- Bicudo, Á.J.A., Sado, R.Y., Cyrino, J.E.P., 2009. Growth and haematology of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, fed diets with varying protein to energy ratio. Aquac. Res. 40, 486–495. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02120.x>
- Bicudo, A.J.A., Sado, R.Y., Cyrino, J.E.P., 2010. Growth performance and body composition of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887) in response to dietary protein and energy levels. Aquac. Nutr. 16, 213–222. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00653.x>
- Bicudo, A.J.A.; Abimorad, E.G.; Carneiro, D.J., 2013. Exigências Nutricionais e Alimentação do Pacu. In: Fracalossi, D.M.; Cyrino, J.E.P (Eds.), Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira, Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, Florianópolis, SC, pp 217-229.
- Boaratti, A.Z., Nascimento, T.M.T., Khan, K.U., Mansano, C.F.M., Oliveira, T.S., Queiroz, D.M.A., Romaneli, R.S., Rodrigues, A.T., Sakomura, N.K., Fernandes, J.B.K., 2020. Assessment of the ideal ratios of digestible essential amino acids for pacu, *Piaractus mesopotamicus*, juveniles by the amino acid deletion method. J. World Aquac. Soc. 1–17. <https://doi.org/10.1111/jwas.12740>

- Chaklader, M.R., Howieson, J., Fotedar, R., 2021. Growth, hepatic health, mucosal barrier status and immunity of juvenile barramundi, *Lates calcarifer* fed poultry by-product meal supplemented with full-fat or defatted *Hermetia illucens* larval meal. *Aquaculture* 543, 737026. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737026>
- Chemello, G., Renna, M., Caimi, C., Guerreiro, I., Oliva-Teles, A., Enes, P., Biasato, I., Schiavone, A., Gai, F., Gasco, L., 2020. Partially Defatted *Tenebrio molitor* Larva Meal in Diets for Grow-Out Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum): Effects on Growth Performance, Diet Digestibility and Metabolic Responses. *Animals* 10, 229. <https://doi.org/10.3390/ani10020229>
- Costa, D. V., 2021. Insetos como alimento na aquicultura – O que mudou desde 2019? *Panorama da Aquicultura*. n. 183.
- FAO, 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. FAO, Rome. <https://doi.org/https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- Favero, G.C., Gimbo, R.Y., Franco Montoya, L.N., Zanuzzo, F.S., Urbinati, E.C., 2018. Fasting and refeeding lead to more efficient growth in lean pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Aquac. Res.* 49, 359–366. <https://doi.org/10.1111/are.13466>
- Fernandes, J.B.K., Carneiro, D.J., Sakomura, N.K., 2000. Fontes e Níveis de Proteína Bruta em Dietas para Alevinos de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Rev. Bras. Zootec.* 29, 646–653. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982000000300002>
- Fernandes, J.B.K., Carneiro, D.J., Sakomura, N.K., 2001. Fontes e Níveis de Proteína Bruta em Dietas para Juvenis de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Rev. bras. zootec.* 30, 617–626. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982000000300002>
- Fontes, T.V., Oliveira, K.R.B., Almeida, I.L.G., Orlando, T.M., Rodrigues, P.B., Costa, D.V., Rosa, P.V., 2019. Digestibility of insect meals for Nile tilapia fingerlings. *Animals* 9, 1–8. <https://doi.org/10.3390/ani9040181>
- Foysal, M.J., Gupta, S.K., 2022. A systematic meta-analysis reveals enrichment of Actinobacteria and Firmicutes in the fish gut in response to black soldier fly (*Hermetica illucens*) meal-based diets. *Aquaculture* 549, 737760. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737760>
- Freccia, A., Meurer, E., Filho, J.C., Jerônimo, G.T., Emerenciano, M.G.C., 2016. Farinha de inseto em dietas de alevinos de tilápia. *Arch. Zootec.* 65, 541-547.
- Furuya, W.M. 2010 Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias. Toledo: GFM. 100.
- Garcia, A.S.; Gonçalves, L.U.; Cavalli, R.O.; Viegas, E.M.M. 2013. Lipídios. In: Fracalossi, D.M.; Cyrino, J.E.P. (Eds.), *Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira*, Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, Florianópolis, SC, pp 79-99.
- Gasco, L., Belforti, M., Rotolo L., Lussiana, C., Parisi G., Teroza G., Roncarati A., Gai, F. 2014. Mealworm (*Tenebrio molitor*) as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Abstr. B. Conf. Insects to Feed World*.
- Gasco, L., Finke, M., van Huis, A., 2018. Can diets containing insects promote animal health? *J. Insects as Food Feed* 4, 1–4. <https://doi.org/10.3920/JIFF2018.x001>
- 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. *Anim. Feed Sci. Technol.* 220, 34–45. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.07.003>
- Glencross, A.B., Fracalossi, D., Hua, K., Izquierdo, M., Ma, K., Valente, M.P., Viana, M., Xie, S., Yakupityage, A., 2021. Harvesting the benefits of nutritional research to

- address global challenges in the 21 st century, in: Global Conference on Aquaculture 2020 - Thematic Review. Shanghai, pp. 22–25 September 2021.
- Gonçalves, L.U.; Rodrigues, A.P.O.; Moro, G.V.; Cargin-Ferreira, E.; Cyrino, J.E.P., 2013. Morfologia e Fisiologia do Sistema Digestório de Peies. In: Fracalossi, D.M.; Cyrino, J.E.P (Eds.), Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, Florianópolis, SC, pp 9-36.
- Gu, J., Liang, H., Ge, X., Xia, D., Pan, L., Mi, H., Ren, M., 2022. A study of the potential effect of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) substitution for fish meal on growth, immune and antioxidant capacity in juvenile largemouth bass (*Micropterus salmoides*). Fish Shellfish Immunol. 120, 214–221. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.11.024>
- Hardy, R.W., 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. Aquac. Res. 41, 770–776. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02349.x>
- Hua, K., 2021. A meta-analysis of the effects of replacing fish meals with insect meals on growth performance of fish. Aquaculture 530, 735732. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735732>
- Huang, Y., Wen, X., Li, S., Li, W., Zhu, D., 2016. Effects of dietary lipid levels on growth, feed utilization, body composition, fatty acid profiles and antioxidant parameters of juvenile chu's croaker *Nibea coibor*. Aquac. Int. 24, 1229–1245. <https://doi.org/10.1007/s10499-016-9980-5>
- Iaconisi, V., Marono, S., Parisi, G., Gasco, L., Genovese, L., Maricchiolo, G., Bovera, F., Piccolo, G., 2017. Dietary inclusion of *Tenebrio molitor* larvae meal: Effects on growth performance and final quality treats of blackspot sea bream (*Pagellus bogaraveo*). Aquaculture 476, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.04.007>
- Jeong, S.M., Khosravi, S., Kim, K.W., Lee, B.J., Hur, S.W., You, S.G., Lee, S.M., 2022. Potential of mealworm, *Tenebrio molitor*, meal as a sustainable dietary protein source for juvenile black porgy, *Acanthopagrus schlegelii*. Aquac. Reports 22, 100956. <https://doi.org/10.1016/J.AQREP.2021.100956>
- Jeong, S.M., Khosravi, S., Yoon, K.Y., Kim, K.W., Lee, B.J., Hur, S.W., Lee, S.M., 2021. Mealworm, *Tenebrio molitor*, as a feed ingredient for juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. Aquac. Reports 20, 100747. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100747>
- Jomori, R.K., Carneiro, D.J., Espagnoli, M.I., Martins, G., Portella, M.C., 2005. Economic evaluation of *Piaractus mesopotamicus* juvenile production in different rearing systems. Aquaculture 243, 175–183. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.09.034>
- Kamarudin, M.S., Rosle, S., Yasin, I.S., 2021. Performance of defatted black soldier fly pre-pupae meal as fishmeal replacement in the diet of lemon fin barb hybrid fingerlings. Aquac. Reports 21, 100775. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100775>
- Katya, K., Borsra, M.Z.S., Ganesan, D., Kuppusamy, G., Herriman, M., Salter, A., Ali, S.A., 2017. Efficacy of insect larval meal to replace fish meal in juvenile barramundi, *Lates calcarifer* reared in freshwater. Int. Aquat. Res. 9, 303–312. <https://doi.org/10.1007/s40071-017-0178-x>
- Khieokhajonkhet, A., Uanlam, P., Ruttarattanamongkol, K., 2022. Replacement of fish meal by black soldier fly larvae meal in diet for goldfish *Carassius auratus* : Growth

- performance, hematology, histology, total carotenoids, and coloration. *Aquaculture* 561, 738618. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738618>
- Kishawy, A.T.Y., Mohammed, H.A., Zagloul, A.W., Attia, M.S., Hassan, F.A.M., Roushdy, E.M., Ahmed, T., Ibrahim, D., 2022. Partial defatted black soldier larvae meal as a promising strategy to replace fish meal protein in diet for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): Performance, expression of protein and fat transporters, and cytokines related genes and economic efficie. *Aquaculture* 555, 738195. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738195>
- Kroeckel, S., Harjes, A.G.E., Roth, I., Katz, H., Wuertz, S., Susenbeth, A., Schulz, C., 2012. When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute - Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture* 364–365, 345–352. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.08.041>
- Li, H., Hu, Z., Liu, S., Sun, J., Ji, H., 2022. Influence of dietary soybean meal replacement with yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) on growth performance, antioxidant capacity, skin color, and flesh quality of mirror carp (*Cyprinus carpio* var. *specularis*). *aquaculture* 738686. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738686>
- Lira, J.A., 2015. Avaliação da farinha de tenébrio (*Tenebrio molitor*) na alimentação de juvenis de tambaqui. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Universidade Nilton Lins e Instituto de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brasil.
- Makkar, Harinder P S, Tran, G., Heuzé, V., Ankers, P., 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 197, 1–33. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
- Mastoraki, M., Katsika, L., Enes, P., 2022. Insect meals in feeds for juvenile gilthead seabream (*Sparus aurata*): Effects on growth, blood chemistry, hepatic metabolic enzymes, body composition and nutrient utilization. *Aquaculture* 561, 738674. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738674>
- Mastoraki, M., Mollá Ferrándiz, P., Vardali, S.C., Kontodimas, D.C., Kotzamanis, Y.P., Gasco, L., Chatzifotis, S., Antonopoulou, E., 2020. A comparative study on the effect of fish meal substitution with three different insect meals on growth, body composition and metabolism of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture* 528, 735511. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735511>
- Mikołajczak, Zuzanna, Mateusz Rawski, Jan Mazurkiewicz, Bartosz Kierończyk e Damian Józefiak. 2020. "The Effect of Hydrolyzed Insect Meals in Sea Trout Fingerling (*Salmo trutta* m. *trutta*) Diets on Growth Performance, Microbiota and Biochemical Blood Parameters" *Animals* 10, no. 6: 1031. <https://doi.org/10.3390/ani10061031>
- Mohan, K., Rajan, D.K., Muralisankar, T., Ganesan, A.R., Sathishkumar, P., Revathi, N., 2022. Use of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal in aquafeeds for a sustainable aquaculture industry: A review of past and future needs. *Aquaculture* 553, 738095. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2022.738095>
- Moraes, G.; Almeida, L.C., 2014. Nutrição e Aspectos Funcionais da Digestão de Peixes. In: Baldisserotto, B.; Cyrino, J.E.P; Urbinati, E.C. (Eds), *Biologia e Fisiologia de Peixes Neotropicais de Água Doce*, Funep, Jaboticabal, SP, pp 233-252.
- Naylor, R.L., Hardy, R.W., Buschmann, A.H., Bush, S.R., Cao, L., Klinger, D.H., Little, D.C., Lubchenco, J., Shumway, S.E., Troell, M., 2021. A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature* 591, 551–563. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03308-6>
- Ng, W., Liew, F., Ang, L., Wong, K., 2001. Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an

- alternative protein source in practical diets for African cat fish, *Clarias gariepinus* Aquac. Res. 32, 273–280.
- Nogales-Mérida, S., Gobbi, P., Józefiak, D., Mazurkiewicz, J., Dudek, K., Rawski, M., Kierończyk, B., Józefiak, A., 2018. Insect meals in fish nutrition. Rev. Aquac. 11, 1080–1103. <https://doi.org/10.1111/raq.12281>
- Olsen, R.L., Hasan, M.R., 2012. A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. Trends Food Sci. Technol. 27, 120–128. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.06.003>
- Ordoñez, B.M.; Santana, T.M.; Carneiro, D.P.; dos Santos, D.K.M.; Parra, G.A.P.; Moreno, L.C.C.; Teixeira Filho, N.P.; Aguilar, F.A.A.; Yamamoto, F.Y.; Gonçalves, L.U., 2022. Whole Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) as Dietary Replacement of Extruded Feed for Tambaqui (*Colossoma macropomum*) Juveniles. Aquac. J., 2, 246-256. <https://doi.org/10.3390/aquacj2040014>
- Ozório, R.O.A., Turini, B.G.S., Môro, G. V., Oliveira, L.S.T., Portz, L., Cyrino, J.E.P., 2010. Growth, nitrogen gain and indispensable amino acid retention of pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg 1887) fed different brewers yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) levels. Aquac. Nutr. 16, 276–283. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00662.x>
- Pereira, M. de M., Nagata, M.M., Enes, P., Oliva-Teles, A., Urbinati, E.C., Takahashi, L.S., 2020. Growth performance and metabolic responses to dietary protein/carbohydrate ratios in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles. Aquac. Res. 51, 5203–5211. <https://doi.org/10.1111/are.14859>
- Polakof, S., Panserat, S., Soengas, J.L., Moon, T.W., 2012. Glucose metabolism in fish: a review. J. Comp. Physiol. B 182, 1015–1045. <https://doi.org/10.1007/s00360-012-0658-7>
- Rios, C. 2022. Efeito da dieta à base de inseto (*Nauphoeta cinerea*) no crescimento, sistema imune, atividade enzimática, capacidade antioxidante e microbiota em *Litopenaeus vannamei*. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Bioquímica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.
- Sado, R.Y.; Sousa, F.C.; Behr, E.R.; Baldisserotto, 2014. Anatomia de Teleósteos e Elasmobrânquios. In: Baldisserotto, B.; Cyrino, J.E.P; Urbinati, E.C. (Eds.), Biologia e Fisiologia de Peixes Neotropicals de Água Doce. Funep, Jaboticabal, SP, pp 13-38.
- Santos, D.K.M. dos, Santana, T.M., Dantas, F. de M., Farias, A.B. de S., Epifânio, C.M.F., Prestes, A.G., Fonseca, F.A.L. da, Parisi, G., Viegas, E.M.M., Gonçalves, L.U., 2022. Defatted black soldier fly larvae meal as a dietary ingredient for tambaqui (*Colossoma macropomum*): Digestibility, growth performance, haematological parameters, and carcass composition. Aquac. Res. 53, 6762–6770. <https://doi.org/10.1111/are.16143>
- Santos, D.K.M., 2021. Farinha de larva de mosca soldado negra como ingrediente em dietas para o tambaqui. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. Universidade Nilton Lins e Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brasil.
- Scorvo Filho, J.D., Frascá-Scorvo, C.M.D., Alves, J.M.C., Souza, F.R.A. de, 2010. A tilapicultura e seus insumos, relações econômicas. Rev. Bras. Zootec. 39, 112–118. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300013>
- Silva, A.J. 1985, Aspectos de alimentação do pacu adulto, *Colossoma mitrei* (Berg, 1985) (Pisces, Characidae), no Pantanal de Mato Grosso. Dissertação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

- Sogari, G., Amato, M., Biasato, I., Chiesa, S., Gasco, L., 2019. The Potential Role of Insects as Feed : A Multi-Perspective Review. *Animals* 9, 119. <https://doi.org/10.3390/ani9040119>
- Song, S.G., Chi, S.Y., Tan, B.P., Liang, G.L., Lu, B.Q., Dong, X.H., Yang, Q.H., Liu, H.Y., Zhang, S., 2018. Effects of fishmeal replacement by *Tenebrio molitor* meal on growth performance, antioxidant enzyme activities and disease resistance of the juvenile pearl gentian grouper (*Epinephelus lanceolatus* ♂ × *Epinephelus fuscoguttatus* ♀). *Aquac. Res.* 49, 2210–2217. <https://doi.org/10.1111/are.13677>
- Su, J., Gong, Y., Cao, S., Lu, F., Han, D., Liu, H., Jin, J., Yang, Y., Zhu, X., Xie, S., 2017. Effects of dietary *Tenebrio molitor* meal on the growth performance, immune response and disease resistance of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). *Fish Shellfish Immunol.* 69, 59–66. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.08.008>
- Takahashi, L.S., Baldan, A.P., Urbinati, E.C., 2006. Growth performance and energetic metabolism of pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887), fed diets supplemented with ammonium metavanadate. *Aquac. Res.* 37, 1372–1377. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2006.01577.x>
- Takahashi, L.S., Biller, J.D., Criscuolo-Urbinati, E., Urbinati, E.C., 2010. Feeding strategy with alternate fasting and refeeding: effects on farmed pacu production. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* 95, 259–266. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2010.01050.x>
- Tran, H.Q., Kiljunen, M., Doan, H. Van, Stejskal, V., 2021. European perch (*Perca fluviatilis*) fed dietary insect meal (*Tenebrio molitor*): From a stable isotope perspective. *Aquaculture* 545, 737265. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737265>
- Tubin, J.S.B., 2017. Farinha de insetos na alimentação de tilápias em sistemas bioflocos e recirculação de água. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Chapecó, SC, Brasil.
- Valenti, W.C., Barros, H.P., Moraes-Valenti, P., Bueno, G.W., Cavalli, R.O., 2021. Aquaculture in Brazil: past, present and future. *Aquac. Reports* 19, 100611. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100611>
- van Huis, A., 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annu. Rev. Entomol.* 58, 563–583. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704>
- van Huis, A., Oonincx, D.G.A.B., 2017. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 37. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0452-8>
- Varelas, 2019. Food wastes as a potential new source for edible insect mass production for food and feed: a review. *Fermentation* 5, 81. <https://doi.org/10.3390/fermentation5030081>
- Vargas-Abúndez, A.J., Randazzo, B., Foddai, M., Sanchini, L., Truzzi, C., Giorgini, E., Gasco, L., Olivotto, I., 2019. Insect meal based diets for clown fish : Biometric, histological, spectroscopic, biochemical and molecular implications. *Aquaculture* 498, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.018>
- Villanueva-Gutiérrez, E., Rodríguez-armenta, C., Gonz, M.L., Perez-velazquez, M., 2022. Incorporating hydrolyzed soy protein or black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal into feeds for *Totoaba macdonaldi*. *Aquaculture* 554, 738152. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738152>
- Weil, C., Lefèvre, F., Bugeon, J. 2013 Características e metabolismo de diferentes tecidos adiposos em peixes. *Rev Fish Biol Fisheries* 23, 157–173. <https://doi.org/10.1007/s11160-012-9288-0>

- Weththasinghe, P., Hansen, J., Nøkland, D., Lagos, L., Rawski, M., Øverland, M., 2021. Full-fat black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) meal and paste in extruded diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*): Effect on physical pellet quality, nutrient digestibility, nutrient utilization and growth performances. *Aquaculture* 530, 735785. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735785>
- Xu, X., Ji, H., Belghit, I., Sun, J., 2020. Black soldier fly larvae as a better lipid source than yellow mealworm or silkworm oils for juvenile mirror carp (*Cyprinus carpio* var. *specularis*). *Aquaculture* 527, 735453. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735453>
- Zarantoniello, M., Zimbelli, A., Randazzo, B., Compagni, M.D., Truzzi, C., Antonucci, M., Riolo, P., Loreto, N., Osimani, A., Milanović, V., Giorgini, E., Cardinaletti, G., Tulli, F., Cipriani, R., Gioacchini, G., Olivotto, I., 2020. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) reared on roasted coffee by-product and *Schizochytrium* sp. as a sustainable terrestrial ingredient for aquafeeds production. *Aquaculture* 518. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734659>
- Zhang, Z., Yuan, J., Tian, S., Wu, Y., Liu, Y., Zhou, H., 2022. Effects of dietary vitamin E supplementation on growth, feed utilization and flesh quality of large yellow croaker *Larimichthys crocea* fed with different levels of dietary yellow mealworm *Tenebrio molitor* meal. *Aquaculture* 551, 737954. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.737954>