



# Aquicultura na Amazônia:

Estudos Técnico-Científicos e  
Difusão de Tecnologias

Bruno Olivetti de Mattos  
Jackson Pantoja-Lima  
Adriano Teixeira de Oliveira  
Paulo Henrique Rocha Aride  
(Organizadores)

 **Atena**  
Editora

Ano 2021





# Aquicultura na Amazônia:

Estudos Técnico-Científicos e  
Difusão de Tecnologias

Bruno Olivetti de Mattos  
Jackson Pantoja-Lima  
Adriano Teixeira de Oliveira  
Paulo Henrique Rocha Aride  
(Organizadores)

 **Atena**  
Editora

Ano 2021

### **Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

### **Bibliotecária**

Janaina Ramos

### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

### **Imagens da Capa**

Shutterstock

### **Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

### **Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido



Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobbon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alessandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis



Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

# Aquicultura na Amazônia: estudos técnico-científicos e difusão de tecnologias

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Natália Sandrini de Azevedo  
**Correção:** Giovanna Sandrini de Azevedo  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** Bruno Olivetti de Mattos  
Jackson Pantoja-Lima  
Adriano Teixeira de Oliveira  
Paulo Henrique Rocha Aride

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A656 Aquicultura na Amazônia: estudos técnico-científicos e difusão de tecnologias / Organizadores Bruno Olivetti de Mattos, Jackson Pantoja-Lima, Adriano Teixeira de Oliveira, et al. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Outro organizador  
Paulo Henrique Rocha Aride

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-5706-904-2  
DOI 10.22533/at.ed.042211503

1. Aquicultura. 2. Região Amazônica. 3. Tecnologia. 4. Sustentabilidade ambiental. I. Mattos, Bruno Olivetti de (Organizador). II. Pantoja-Lima, Jackson (Organizador). III. Oliveira, Adriano Teixeira de (Organizador). IV. Título.

CDD 639.309811

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.



## PREFÁCIO

O presente trabalho teve como desafio trazernos uma síntese e ao mesmo tempo procurar abranger uma ampla e importante gama de assuntos voltados ao desenvolvimento da aquicultura na região Amazônica, assim o mesmo nos apresenta, mais uma vez, o quanto esse assunto é importante como atividade ao desenvolvimento da produção animal na região Amazônica, na qual a diversidade de espécies e possibilidades de manejos, já é um grande desafio por si só. Sendo esse desafio em termos de oportunidades pelo lado da natureza investigatória daqueles que se dedicam a pesquisa, daqueles que buscam mais oportunidades de educação e entendimento do mundo que os cerca, como também oportunidades de fazer mais e melhor pelo desenvolvimento e bem estar dos seus pares através da produção de mais alimentos e melhor oportunidades nutricionais que podem ser oferecidas através desse conhecimento.

Conhecimento esse essencial e tão desejado nesses tempos em que a busca por uma produção de alimentos é crítica e necessária para ser avaliada e trazer tecnologias novas e mais eficientes que possibilitem, não só o aumento dessa produção, mais também um aumento de sua sustentabilidade ambiental, social e econômica. Sendo esse o papel fundamental de qualquer sociedade e por consequencia da sua estrutura de estado e organização social, que deve prover o correto direcionamento e meios financeiros necessários para atingir esses objetivos.

Por conseguinte nessa publicação observamos mais um degrau em direção a um objetivo maior, não só na divulgação do conhecimento acumulado até o momento, mas também possui em seu significado por ser mais uma etapa cumprida daqueles que se dedicam a produzir ciência e conhecimento, em uma região na qual, ainda busca mostrar o quanto ainda é necessário a continuidade de investimento em recursos humanos e financeiros ao seu pleno desenvolvimento.

Essa obra assim possui uma abrangência de tópicos e atualidades do manejo em aquicultura, não só para algumas das mais importantes espécies de peixes amazônicos, mas como também de toda uma gama de outros animais aquáticos com potencial de criação, seja voltada ao abate ou fins ornamentais.

Portanto assim é com imenso prazer que apresento essa nova publicação em formato de E-book com o tema de Aquicultura na Amazônia: Estudos Técnico-científicos e Difusão de Tecnologias.

Rodrigo Roubach

Senior Aquaculture Officer Food and Agriculture Organization of the United Nations  
(FAO/UN)

## A AQUICULTURA NA REGIÃO AMAZÔNICA

A aquicultura brasileira vem se desenvolvendo bastante num período recente. No ano de 2003 foi criada a Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca – SEAP/PR, depois transformada em Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), em 2009. Ainda em 2009 também foi criada a EMBRAPA Aquicultura e Pesca e publicada a Nova Lei da Pesca e Aquicultura de No 11.959.

Em 2003, o IBAMA era o órgão responsável por catalogar os dados oficiais da produção aquícola no Brasil e relatou uma produção de 278 mil toneladas de pescado cultivado naquele ano (IBAMA, 2004). Atualmente, o IBGE é quem publica a estatística oficial referente à aquicultura brasileira, tendo relatado uma produção de 574 mil toneladas no ano de 2015. Estes números nos dão a dimensão de um crescimento de 106% em 12 anos; ou seja, quase 9% ao ano.

A partir de 2015, com a extinção do MPA, este crescimento diminuiu sua intensidade. Em 2019, de acordo com o IBGE (2020), a produção aquícola brasileira foi de 599 mil toneladas, um crescimento de pouco mais de 4,3% quando comparado com 2005; ou seja, pouco mais de 1% ao ano.

Estes números refletem como a falta de governança e a ausência de uma estrutura organizacional voltada para o setor pesqueiro e aquícola afeta as políticas públicas e o desenvolvimento destas atividades no Brasil.

Porém, desde 2019, foi criada a Secretaria de Aquicultura e Pesca do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – SAP/MAPA, que mesmo não trazendo de volta o nosso MPA, já nos dá um alento em relação às políticas públicas direcionadas ao desenvolvimento da aquicultura em nosso país.

De acordo com o IBGE (2020), a Região Amazônica produziu 97.341 toneladas em 2019, o que a coloca como a 2ª maior região produtora de peixe cultivado do país. A tabela 1 apresenta os dados de produção de peixe cultivado dos estados da Região Norte:

Estado	Produção em 2019 (toneladas)	Posição no Ranking Nacional
Rondônia	48.766	3º
Pará	14.084	13º
Roraima	11.056	15º
Tocantins	10.963	16º
Amazonas	7.982	18º
Acre	3.629	21º
Amapá	861	27º
TOTAL		-

Tabela 1: Produção de Peixe Cultivado por Estado da Região Norte

Fonte: IBGE (2020)

De posse destes dados, vemos que a aquicultura na Região Amazônica tem uma enorme importância, não somente para a região, mas também para todo o Brasil.

Porém, com exceção do estado de Rondônia, os demais estados da região ainda não aproveitam seu enorme potencial para desenvolver a piscicultura.

Para isto, é necessário que estes estados invistam em Planos Estaduais de Desenvolvimento da Aquicultura, que possibilitem a adoção de políticas públicas que possam promover o desenvolvimento desta atividade.

Portanto, é necessário divulgar e apoiar iniciativas que promovam o desenvolvimento da aquicultura na Região Amazônica. Este livro vem exatamente colaborar com esta missão. A participação de diversos autores e de renomadas instituições, com suas valiosas contribuições nos mais diversos temas, mostram a pujança econômica e acadêmica desta atividade na Região e tornaram possível esta publicação.

Este livro foi didaticamente dividido em seções e capítulos. A Seção A foi dividida em 4 capítulos e diz respeito aos sistemas de produção, citando diferentes tecnologias sustentáveis para a aquicultura na Amazônia. A Seção B, em seus 5 capítulos, faz um amplo relato sobre a Economia Aquícola e sua relação com as bases para o desenvolvimento técnico e econômico. Já a Seção C versa sobre Nutrição e Manejo Alimentar de Peixes Amazônicos e também possui 5 capítulos; enquanto a Seção D traz considerações sobre o importante tema da Reprodução e Preservação da Biodiversidade das Espécies de Importância Comercial, sendo dividida em 3 capítulos. Por fim, a Seção E, que trata sobre a Fisiologia e Sanidade Aquícola Aplicada à Piscicultura em seus 4 capítulos.

A aquicultura pode vir a ser o motor de um novo ciclo de desenvolvimento sustentável na Região Amazônica, além de ser uma das melhores ferramentas na luta contra a fome e a pobreza rural, na diminuição do desmatamento e na emissão de gases de efeito estufa. Desta forma, depois de 26 anos de experiência profissional e com trabalhos realizados em todos os estados brasileiros e em mais de 35 países, é com muita satisfação que escrevo o prefácio deste livro, que acredito poderá ser um belo instrumento de popularização do conhecimento técnico-científico e que poderá gerar uma enorme contribuição ao desenvolvimento territorial da Região Amazônica por meio da aquicultura.

Joao Felipe Nogueira Matias

Cientista Chefe da Aquicultura da FUNCAP/ CE

Professor do Curso de Piscicultura Comercial da EAJ/ UFRN

Diretor-Executivo da Empresa RAQUA/ Felipe Matias Consultores Associados  
LTDA.



## SUMÁRIO

### SEÇÃO A - SISTEMAS DE PRODUÇÃO: TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS PARA AQUICULTURA NA AMAZÔNIA

#### **CAPÍTULO 1..... 1**

##### **O ESTADO DA PISCICULTURA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Jackson Pantoja-Lima  
Maria Juliete Souza Rocha  
Liliane de Araújo Castro  
Aldessandro da Costa Amaral  
Celso Scherer Filho  
Romulo Veiga Paixão  
Julmar da Costa Feijó  
Hilacy de Souza Araújo  
Paulo Henrique Rocha Aride  
Adriano Teixeira de Oliveira  
Bruno Olivetti de Mattos

**DOI 10.22533/at.ed.0422115031**

#### **CAPÍTULO 2..... 13**

##### **CRIAÇÃO COMERCIAL E COMUNITÁRIA DE QUELÔNIOS NO ESTADO DO AMAZONAS**

Jânderson Rocha Garcez  
Anndson Brelaz de Oliveira  
Paulo César Machado Andrade  
João Alfredo da Mota Duarte

**DOI 10.22533/at.ed.0422115032**

#### **CAPÍTULO 3..... 31**

##### **AQUAPONIA NA AMAZÔNIA**

Rondon Tatsuta Yamane Baptista de Souza  
Sarah Ragonha de Oliveira  
Danniel Rocha Bevilaqua

**DOI 10.22533/at.ed.0422115033**

#### **CAPÍTULO 4..... 45**

##### **PRODUÇÃO DE OSTRAS NATIVAS NA AMAZÔNIA: SOLUÇÕES EM BUSCA DA SUSTENTABILIDADE**

Thiago Dias Trombeta  
Dioniso de Souza Sampaio

**DOI 10.22533/at.ed.0422115034**

## **SEÇÃO B - ECONOMIA AQUÍCOLA: BASES PARA O DESENVOLVIMENTO TÉCNICO E ECONÔMICO**

### **CAPÍTULO 5.....59**

#### **AQUICULTURA NO ESTADO DO PARÁ: FATORES LIMITANTES E ESTRATÉGIAS PARA O DESENVOLVIMENTO**

Marcos Ferreira Brabo  
Renato Pinheiro Rodrigues  
Marcos Antônio Souza dos Santos  
Antônia do Socorro Pena da Gama  
Antônio José Mota Bentes  
David Gibbs McGrath

**DOI 10.22533/at.ed.0422115035**

### **CAPÍTULO 6.....73**

#### **A OSTREICULTURA ENQUANTO ALTERNATIVA DE RENDA PARA POPULAÇÕES TRADICIONAIS DO LITORAL AMAZÔNICO: O CASO DA AGROMAR**

Rogério dos Santos Cruz Reis  
Renato Pinheiro Rodrigues  
Antonio Tarcio da Silva Costa  
Jadson Miranda de Sousa  
Denys Roberto Corrêa Castro  
Carlos Jorge Reis Cruz  
Daniel Abreu Vasconcelos Campelo  
Galileu Crovatto Veras  
Marcos Antônio Souza dos Santos  
Marcos Ferreira Brabo

**DOI 10.22533/at.ed.0422115036**

### **CAPÍTULO 7.....86**

#### **ANÁLISE SOCIOECONÔMICA E LUCRATIVIDADE DA PISCICULTURA DO TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) NO ESTADO DO AMAZONAS, BRASIL**

Carlos André Silva Lima  
Márcia Regina Fragoso Machado Bussons  
Adriano Teixeira de Oliveira  
Paulo Henrique Rocha Aride  
Fernanda Loureiro de Almeida O'Sullivan  
Jackson Pantoja-lima

**DOI 10.22533/at.ed.0422115037**

### **CAPÍTULO 8.....103**

#### **ASPECTOS ECONÔMICO DA PISCICULTURA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Jesaias Ismael da Costa

**DOI 10.22533/at.ed.0422115038**

**CAPÍTULO 9..... 114**

**ABATE *IN SITU* E RENDIMENTO DE CARÇA DE JACARÉS AMAZÔNICOS**

Guilherme Martinez Freire  
Augusto Kluczkovski Junior  
Adriana Kulaif Terra  
Fabio Markendorf  
Washington Carlos da Silva Mendonça  
Ronis da Silveira

**DOI 10.22533/at.ed.0422115039**

**SEÇÃO C - NUTRIÇÃO E MANEJO ALIMENTAR DE PEIXES AMAZÔNICOS**

**CAPÍTULO 10..... 126**

**UTILIZAÇÃO DE ALIMENTADORES DE AUTO-DEMANDA: UMA REVISÃO E POTENCIAL USO PARA PEIXES AMAZÔNICOS**

Bruno Olivetti de Mattos  
William Alemão Saboia  
Eduardo César Teixeira Nascimento Filho  
Aline dos Anjos Santos  
Kayck Amaral Barreto  
Guilherme Wolff Bueno  
Rodrigo Fortes-Silva

**DOI 10.22533/at.ed.04221150310**

**CAPÍTULO 11 ..... 146**

**EXIGÊNCIA DE AMINOÁCIDOS NAS DIETAS: UMA NECESSIDADE PARA PEIXES AMAZÔNICOS**

Ariany Rabello da Silva Liebl  
Márcia Regina Fragoso Machado Bussons  
Elson Antônio Sadalla Pinto  
Paulo Henrique Rocha Aride  
Adriano Teixeira de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.04221150311**

**CAPÍTULO 12..... 159**

**MANEJO NUTRICIONAL NA LARVICULTURA E ALEVINAGEM DE PEIXES ORNAMENTAIS AMAZÔNICOS**

Daniel Abreu Vasconcelos Campelo  
Lorena Batista de Moura  
Leonnán Carlos Carvalho de Oliveira  
Pamella Talita da Silva Melo  
Bruno José Corecha Fernandes Eiras  
Ana Lucia Salaro  
Jener Alexandre Sampaio Zuanon  
Marcos Ferreira Brabo  
Galileu Crovatto Veras

**DOI 10.22533/at.ed.04221150312**



**CAPÍTULO 13..... 177**

**NUTRIÇÃO E MANEJO ALIMENTAR DE PEIXES AMAZÔNICOS**

Elson Antônio Sadalla Pinto  
Ariany Rabello da Silva Liebl  
Marcelo Santos do Nascimento  
Nathália Siqueira Flor  
Paulo Henrique Rocha Aride  
Adriano Teixeira de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.04221150313**

**CAPÍTULO 14..... 198**

**TECNOLOGIAS NUTRICIONAIS NA FASE INICIAL DE CRIAÇÃO DO PIRARUCU, *Arapaima gigas*.**

Flávio Augusto Leão da Fonseca  
Jeffson Nobre Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.04221150314**

**SEÇÃO D - REPRODUÇÃO E PRESERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE DAS ESPÉCIES DE IMPORTÂNCIA COMERCIAL**

**CAPÍTULO 15..... 222**

**TECNOLOGIAS APLICADAS À REPRODUÇÃO DE PEIXES AMAZÔNICOS**

Eduardo Antônio Sanches  
Diógenes Henrique de Siqueira-Silva  
Gabriela Brambila de Souza  
Ana Carina Nogueira Vasconcelos  
Jayme Aparecido Povh  
Danilo Pedro Streit Jr.

**DOI 10.22533/at.ed.04221150315**

**CAPÍTULO 16..... 240**

**GRANDES PEIXES DA AMAZÔNIA: UM ESTUDO SOBRE A REPRODUÇÃO DAS ESPÉCIES DE GRANDE PORTE COM POTENCIAL PARA AQUICULTURA**

Lucas Simon Torati  
Júlia Trugilio Lopes  
Jhon Edison Jimenez-Rojas  
Luciana Nakaghi Ganeco-Kirschnik

**DOI 10.22533/at.ed.04221150316**

**CAPÍTULO 17..... 258**

**PRÁTICAS REPRODUTIVAS DE ESPÉCIES AMAZÔNICAS EM CATIVEIRO: TAMBAQUI E MATRINXÃ**

Alzira Miranda de Oliveira  
Alexandre Honczaryk  
Aline Telles Lima  
Alana Cristina Vinhote da Silva

Carlos Henrique dos Anjos dos Santos  
Rafael Yutaka Kuradomi  
Vivianne da Silva Fonseca

**DOI 10.22533/at.ed.04221150317**

## **SEÇÃO E - FISIOLÓGIA E SANIDADE AQUÍCOLA APLICADA NA PISCICULTURA**

### **CAPÍTULO 18.....269**

**FISIOLÓGIA SANGUÍNEA DO PACU *Mylossoma duriventre* E DA PESCADA *Plagioscion squamosissimus*.**

Adriano Teixeira de Oliveira  
Elson Antônio Sadalla Pinto  
Ariany Rabello da Silva Liebl  
Jackson Pantoja-Lima  
Antônia Jaqueline Vitor de Paiva  
Paulo Henrique Rocha Aride

**DOI 10.22533/at.ed.04221150318**

### **CAPÍTULO 19.....277**

**IMUNOLOGIA DOS PEIXES AMAZÔNICOS: O QUANTO CONHECEMOS?**

Damy Caroline de Melo Souza  
Rafael Luckwu de Sousa  
Edsandra Campos Chagas  
Maria Cristina dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.04221150319**

### **CAPÍTULO 20.....294**

**ANESTESIA E SEDAÇÃO EM PEIXES: AVALIAÇÃO, PRODUTOS UTILIZADOS E IMPLICAÇÕES ÉTICAS**

Luis André Luz Barbas  
Moisés Hamoy

**DOI 10.22533/at.ed.04221150320**

### **CAPÍTULO 21.....311**

**PARASITISMO E SEUS EFEITOS SANGUÍNEOS E HISTOPATOLÓGICOS EM PEIXES**

Marcos Tavares-Dias  
Edsandra Campos Chagas  
Patricia Oliveira Maciel

**DOI 10.22533/at.ed.04221150321**

### **SOBRE OS ORGANIZADORES .....354**



# NUTRIÇÃO E MANEJO ALIMENTAR DE PEIXES AMAZÔNICOS



SEÇÃO C



## EXIGÊNCIA DE AMINOÁCIDOS NAS DIETAS: UMA NECESSIDADE PARA PEIXES AMAZÔNICOS

Data de aceite: 01/02/2021

Data de Submissão: 27/11/2020

### Ariany Rabello da Silva Liebl

Universidade Federal do Amazonas  
Manaus – Amazonas  
<https://orcid.org/0000-0002-5010-1294>

### Márcia Regina Fragoso Machado Bussons

Fazenda Dona Branca  
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro  
<https://orcid.org/0000-0002-5038-1775>

### Elson Antônio Sadalla Pinto

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Amazonas  
Manaus – Amazonas  
<http://lattes.cnpq.br/9786797594989755>

### Paulo Henrique Rocha Aride

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Amazonas  
Manaus – Amazonas  
<https://orcid.org/0000-0001-9752-5003>

### Adriano Teixeira de Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Amazonas  
Manaus – Amazonas  
<https://orcid.org/0000-0003-4988-9878>

**RESUMO:** Os aminoácidos exógenos estão entre os componentes de dietas com formulações nutricionalmente ricas utilizadas na nutrição de peixes. No entanto, para os peixes amazônicos produzidos nas pisciculturas ainda há poucos estudos com exigências de aminoácidos. O objetivo deste estudo foi demonstrar um panorama

das pesquisas com exigência de aminoácidos para peixes de importância econômica, que podem servir como base para estudos com peixes amazônicos. No atual estudo de revisão sistemática foram utilizados artigos publicados nas bibliotecas digitais Science Direct, SciELO e Google Scholar, inserindo palavras chaves dos seguintes *strings* de busca: peixe exigência aminoácido lisina (ou treonina, ou metionina), e nutrição de tambaqui (ou pirarucu, ou matrinhã, ou matrinxã). Embora melhorias no desempenho dos peixes sejam observadas sob fornecimento de aminoácidos respeitando a exigência que é determinada por métodos como o perfil corporal, dose-resposta e o conceito de proteína ideal, os vários métodos utilizados dificultam o confronto das respostas mostradas entre autores. Lisina, metionina e treonina destacam-se em maior número de estudos devido ao elevado requerimento dos peixes, facilidade de aquisição e de determinação. A lisina possui maior limitação nas dietas para peixes e atua em conjunto com a metionina na síntese proteica, enquanto a treonina restringe a síntese de metabólitos. Informações sobre características e exigências destes e de outros aminoácidos dietéticos para peixes, contribuirão para estudos futuros.

**PALAVRAS-CHAVE:** piscicultura, nutriente, lisina, metionina, treonina, tambaqui.

### AMINO ACID REQUIREMENT IN DIETS: A NEED FOR AMAZONIAN FISH

**ABSTRACT:** Exogenous amino acids are among the components of diets with nutritionally rich formulations used in fish nutrition. However, for Amazonian fish produced in fish farms, there are still few studies with amino acid requirements. The objective of this study was to show an overview of researches with amino acid requirements for



fish of economic importance, which can serve as a basis for studies with Amazonian fish. In the current systematic review study, articles published in the digital libraries Science Direct, SciELO and Google Scholar were used, inserting keywords from the following search strings: fish requirement amino acid lysine (or threonine, or methionine), and nutrition of tambaqui (or pirarucu, or matrinchã, or matrinxã). Although improvements in fish performance are observed under the supply of amino acids respecting the requirement that is determined by methods such as body profile, dose-response and the ideal protein concept, the various methods used make it difficult to compare the responses shown between authors. Lysine, methionine and threonine stand out in a greater number of studies due to the high requirement of fish, ease of acquisition and determination. Lysine has a greater limitation in fish diets and acts together with methionine in protein synthesis, while threonine restricts the synthesis of metabolites. Information on characteristics and requirements of these and other dietary amino acids for fish, will contribute to future studies.

**KEYWORDS:** fish farming, nutrient, lysine, methionine, threonine, tambaqui.

## 1 | INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, concomitante ao avanço das pesquisas com nutrição de peixes, autores se dedicaram a revisar a literatura e reunir, informações obtidas por experimentação empírica ou por modelagens matemática sobre a exigência de aminoácidos exógenos, discutindo resultados, eficiência das abordagens utilizadas, entraves e tendências para análises em peixes (Ketola, 1982; Cowey, 1994; Hauler & Carter, 2001; Furuya & Furuya, 2010; Nunes et al., 2014). Esta sùmula de conhecimentos elucida questões sobre a exigência de aminoácidos em várias espécies de peixes e é uma ferramenta útil na investigação do nutriente para espécies que não possuem os valores determinados.

A nutrição de peixes requer a elaboração e o correto fornecimento de dietas com alto valor nutricional, compostas essencialmente por aminoácidos que supram as exigências do peixe (Wilson, 2002; Furuya et al., 2011; Hua et al., 2019). Aminoácidos são compostos estruturais das proteínas que atuam em diversos locais do organismo animal executando funções distintas (Lehninger et al., 2002; Nelson & Cox, 2018). Eles podem ou não ser sintetizados em quantidade suficiente pelo organismo animal, o que oportunizou classificá-los como essenciais e não essenciais (Nelson & Cox, 2018).

Aminoácidos de produção exógena possuem exigência nutricional determinada através de metodologias como dose-resposta, perfil de aminoácidos e conceito de proteína ideal, e podem ser expressos pelo percentual de proteína bruta da dieta (Andrade et al., 2015). Baixos níveis de aminoácidos nas dietas limitam o desempenho animal, enquanto os altos níveis elevam a taxa de excreção de nitrogênio, comprometendo a qualidade da água e o retorno dos investimentos com a piscicultura. A suplementação com aminoácidos nos níveis de exigência condiciona a maior eficiência na preservação da saúde do peixe, ao aumento no ganho de peso, menor conversão alimentar, melhor composição da carne e maior rendimento dos cortes comercializados. O produto mais rentável impulsiona o crescimento da indústria de pescado e contribui na manutenção dos recursos naturais das espécies especialmente para peixes largamente explorados, como os peixes amazônicos tambaqui *Colossoma macropomun*, matrinchã *Brycon amazonicus* e pirarucu *Arapaima gigas* (Ahmed & Khan 2004; Brandão et al., 2009; Abimorad et al., 2010; Bomfim et al.,

2010; Helland & Grisdale-Helland, 2011; Dairiki et al., 2013).

Apesar dos peixes amazônicos possuírem grande capacidade produtiva, as escassas informações sobre nutrientes como aminoácidos não oportunizam a elaboração de dietas exclusivas, condicionando o uso de dietas abrangentes a peixes com mesmo hábito alimentar. O contrário ocorre para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*), carpa (*Cyprinus carpio*), bagre norte americano (*Ictalurus punctatus*) e o salmão (*Oncorhynchus spp.*), que são peixes com exigências determinadas para aminoácidos essenciais (Ribeiro et al., 2016). Diante do exposto, no atual estudo objetivou-se estabelecer um panorama sobre publicações com exigência de aminoácidos em dietas para peixes, a fim de orientar estudos futuros com peixes amazônicos.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

A revisão literária foi realizado a partir de 94 artigos, e citações neles incluídas, publicados nas plataformas digitais Science Direct, World wide science, SciELO (Scientific Electronic Library Online) e Google Scholar, inserindo como chave de busca, nos idiomas português e inglês, *strings* com as palavras peixe, aminoácido, lisina, treonina, metionina, exigência e nutrição.

O estudo foi organizado com abordagens sobre a utilização de aminoácidos na dieta de peixes, expondo o modo de absorção dos nutrientes e os resultados da participação na fisiologia e metabolismo, no primeiro tópico. No tópico seguinte, ocorre a descrição dos métodos utilizados para determinar a exigência aminoacídica. No penúltimo e no último tópico são apresentadas informações substanciais, tradicionais e atuais, sobre a suplementação de pesquisas com determinação da exigência de lisina, metionina, treonina e demais aminoácidos exógenos ao peixe.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Métodos utilizados na determinação das exigências de aminoácidos

A exigência nutricional é a quantidade do nutriente necessária diariamente para que o animal mantenha suas atividades produtivas, sendo determinada através de métodos científicos (Albertini et al., 2015). Embora os estudos sobre exigências de aminoácidos em peixe sejam realizados há mais de seis décadas, o consenso sobre a utilização de um método único na determinação ainda não foi estabelecido, o que facilitaria a posterior comparação dos resultados entre as pesquisas (Sakomura & Rostagno, 2007; NRC, 2011). O método quantitativo dose-reposta, utilizado por muitos pesquisadores, consiste na oferta de doses diferentes do aminoácido teste com concomitante avaliação da resposta do animal quanto a parâmetros do desempenho (Furuya et al., 2006; Botaro et al., 2007; Abimorad et al., 2010; Zehra & Khan, 2014). As informações obtidas permitem estruturar curvas com tendência crescente até a inflexão, e verificar o menor nível de adição para maior desempenho. Em paralelo, possibilita projetar o momento do platô da curva e das respostas decrescentes perante supersaturação (Euclides & Rostagno, 2001). No método

dose-resposta, o comportamento da curva é caracterizado quatro momentos distintos. No momento inicial, o nutriente apenas assegura a manutenção, enquanto no momento resposta há melhorias nos parâmetros analisados. Adicionalmente, a curva possui o momento de estabilidade, quando a evolução da resposta positiva cessa, e o momento de toxicidade, quando a adição do nutriente pode ocasionar prejuízos ao animal por interações antagônicas (Euclides & Rostagno, 2001; Sakomura & Rostagno, 2007).

Alguns entraves são detectados nas análises com dose resposta como a imprecisão na interpretação das curvas e resultados que não expressam a exigência dos aminoácidos através da proteína intacta. Os dados são verificados com análise de variância seguida de teste de comparação de média, mas, isoladamente o modelo não confere a precisão necessária (Sakomura & Rostagno, 2007). As verificações prosseguem com análises de regressão em modelos lineares e não lineares como o *linear response plateau* (LRP) ou *broken line*, o exponencial e o quadrático, de acordo com adaptações estatística. Métodos lineares como o LRP não consideram aspectos fisiológicos e podem subestimar as informações, enquanto o modelo quadrático tende a superestimar a dose ótima. No entanto, modelos quadráticos se ajustam bem aos dados nas análises de determinação de exigência nutricional (Sakomura & Rostagno, 2007).

O método de determinação da exigência através do perfil de aminoácidos corporal é condicionado pela capacidade individual de absorção do nutriente e utiliza a relação entre cada aminoácido indispensável na dieta e a quantidade total de aminoácidos indispensáveis (relação A/E). Estes aminoácidos são somados a tirosina e cistina, como estabelecido inicialmente com pesquisas com salmão prateado (*Oncorhynchus kisutch* Walbaum, 1792) (Arai, 1981) e na sequência, verificado para truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) e (*Salmo salar* Linnaeus, 1758) por Wilson & Cowey (1985). O aminoácido indispensável utilizado como base da relação A/E é o aminoácido mais limitante na dieta animal. Na nutrição de peixes, este nutriente é a lisina, que é um aminoácido que atua preferencialmente na deposição de proteínas do corpo, o que possibilita produzir respostas superestimadas (NRC, 2011).

As dietas formuladas para atender à exigência de proteína bruta contêm altos níveis de aminoácidos, ocasionando desbalanceamento na real exigência do peixe, que oxida a cadeia de carbono e desvincula-se do objetivo principal (Ronnestad et al. 2000). Assim sendo, esta exigência é determinada através do conceito de proteína ideal, que segundo o NRC (2011), é o melhor balanço possível no requerimento de aminoácidos para o desenvolvimento animal nos processos de manutenção biológica e crescimento. Na determinação da exigência de aminoácidos esta definição da proteína ideal viabiliza a suplementação nutricional de aminoácidos na forma cristalina em níveis adequados. A adequação tende a maximizar o uso da proteína e a reduzir seu percentual sem comprometer os parâmetros produtivos, o que diminui a excreção de nitrogenados e contribui para a sustentabilidade do meio (Bureau & Encarnaçao, 2006; Botaro et al., 2007; Zaniboni et al., 2018).

Adicionalmente aos métodos consubstanciados para determinação de aminoácidos, modelos matemáticos estruturados pela integração de informações de diferentes abordagens metodológicas são utilizados em vários estudos. O uso destes modelos permite calcular a exigência nutricional do peixe considerando a etapa da vida e a taxa de crescimento dos

peixes (Glencross, 2008; Hua et al., 2019). Estes modelos foram encontrados com aplicação na nutrição animal em estudos publicados desde a década de 60 e permanecem inseridos nos estudos atuais por gerar respostas num curto período e pelo custo em relação a experimentação empírica (Riggs, 1963; France et al., 1987; Gill et al., 1989). No entanto, para os modelos matemáticos são atribuídos questionamentos sobre o fato de estimar a exigência de aminoácidos de maneira independente, não considerando a interação destes com outros nutrientes importantes para manutenção do organismo presentes na dieta do peixe (Shearer, 1995).

O método da oxidação dos aminoácidos nos tecidos preconiza que aminoácidos em concentrações dietéticas restritas na dieta possivelmente terão menor oxidação (oxidação direta) e maior síntese endógena. Comportamento oposto a este é esperado para o excesso aminoacídico na dieta, levando os aminoácidos excedentes a oxidação (Ribeiro et al., 2008). Embora esta técnica tenha sido utilizada na determinação de triptofano e de lisina, não mostrou eficiência na determinação de outros nutrientes como a arginina, não sendo recomendada por alguns autores (Wilson 1994; NRC, 2011). A correlação entre aminoácidos biodisponíveis no sangue e no músculo do peixe também foi estudada para determinar exigência de aminoácidos na dieta, porém, em poucos casos a exigência dos aminoácidos foi confirmada (NRC, 2011).

Alterações no consumo da dieta podem ser indicativo da exigência de aminoácidos. A carência de triptofano, arginina, leucina, lisina ou metionina, resultam em significativa diminuição do consumo da dieta (Tibaldi & Kaushik, 2005; Kaushik & Seilliez, 2010). No entanto, é real a necessidade de mais estudos sobre os mecanismos que envolvem consumo de aminoácidos, exigência de aminoácidos e a interação destes com outros nutrientes. O fato de as relações entre os aminoácidos permanecerem constantes nas várias fases de desenvolvimento dos peixes, ainda que as exigências venham a variar, sugere uma opção para padronizar e acelerar o conhecimento sobre as exigências aminoacídicas (Furuya et al., 2005; Araripe et al., 2011).

### **3.2 Suplementação do aminoácido lisina**

Em investigações com exigências nutricionais a lisina tem sido utilizada como referência para determinação dos demais aminoácidos, dado a maior facilidade na sua quantificação e disponibilidade comercial de cristais com alta qualidade na forma de L-lisina (Rollin et al., 2003; Furuya et al., 2004; Furuya et al., 2006; Nguyen & Davis, 2016). A lisina é um aminoácido não sintetizado em quantidade suficiente pelo corpo do peixe, sendo especialmente direcionado para a deposição no tecido muscular, participa da produção do colágeno junto à hidroxilisina. Adicionalmente, ela é precursora da carnitina (síntese de L-carnitina) atuante na beta-oxidação mitocondrial de ácido graxos e sua suplementação em dietas melhora o percentual de sobrevivência, a utilização da proteína pelo animal, o crescimento e demais parâmetros de desempenho produtivo (Murillo-Gurrea et al., 2001; Peres & Oliva-Teles, 2008; Ovie & Eze, 2013; Furuya et al., 2013; Madrid et al., 2019). O desequilíbrio da lisina nas dietas propicia maiores entraves no ganho de peso dos peixes, enquanto níveis adequados promovem resultados opostos, aumentando a conversão alimentar, o rendimento de carcaça, a retenção de nitrogênio, além de prevenir doenças e danos nas nadadeiras (Rollin et al., 2003; Peres & Oliva-Teles, 2008; Takishita et al., 2009;

Dairiki et al., 2013; Ovie & Eze, 2013; Furuya et al., 2013).

Conceitualmente, a lisina é o aminoácido mais limitante em alguns cereais e grãos de uso comum como fonte proteica na nutrição de peixes, sobretudo quando acrescentados na composição da dieta com objetivo de substituir ou reduzir a concentração da proteína animal e reduzir os custos (Mai et al., 2006; Ebeneazar et al., 2019). A limitação de um aminoácido reporta a inclusão deste na dieta em concentração insuficiente para manutenção do bom desempenho produtivo do peixe, e a menor carência do aminoácido restringe o aproveitamento dos demais. De acordo com Forster & Ogata (1998) e Mai et al. (2006) a exigência de lisina na nutrição de peixes concentra-se entre 3,7% e 6,2% da proteína dietética (PD), porém, o NRC (2011) mantém os registros para lisina entre 5,0 e 6,8% da proteína ofertada na dieta.

Assim como acontece com a lisina, muitos estudos com exigência nutricional de outros aminoácidos essenciais estão concentrados em peixes na fase juvenil. Isto ocorre, especialmente em espécies de peixes considerados grandes na fase adulta, porque os investimentos em pesquisas são mais custosos, demandando estruturas laboratoriais maiores e recursos para elaboração e manutenção da dieta durante o experimento, além do fato de que a atenção maior está voltada para as etapas de crescimento do peixe, onde há acelerada síntese proteica. As exigências dos juvenis de yellowtail (*Seriola quinqueradiata* Temminck & Schlegel, 1845), grass carp ou carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella* Cuvier & Valenciennes, 1844), e totoaba (*Totoaba macdonaldi* Gilbert, 1890), foram determinadas respectivamente, 1,66, 2,07 e 1,64 % da dieta (Ruchimat et al., 1997; Wang et al., 2005; Madrid et al., 2019). A exigência de lisina para a espécie introduzida, e altamente produzida no Brasil, tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758), foi verificada para juvenis por Furuya et al. (2006), por Bomfim et al. (2010) e por Furuya et al. (2013), que encontraram os valores de, respectivamente, 1,44% (5,23% PD), 1,54% (5,5% PD) e 1,31% de lisina digestível.

Poucas espécies nativas possuem pesquisas com aminoácidos como ocorre com a exigência de lisina para o jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy & Gaimard, 1824) e para o pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887) (Montes-Girão & Fracalossi, 2006; Abimorad et al., 2010). O tambaqui (*Colossoma macropomun* Cuvier, 1818) possui a maior desvantagem em tecnologias nutricionais, apesar de ser a principal espécie nativa cultivada, tendo apenas pesquisa recente sobre concentração de lisina na fase inicial de vida, determinada como 2,00% de lisina total. O fato evidencia a urgência de mais pesquisas que revelem as exigências dos peixes brasileiros com alto potencial produtivo, já inseridos na aquicultura no país e que carecem de informações para ajustamento nutricional a fim de aumentar a produtividade e a economia no cenário regional e nacional.

A formulação de dietas com eficácia depende do adequado balanço no perfil de aminoácidos estabelecido a partir de dados consistentes sobre as exigências nutricionais (Bicudo & Cyrino, 2009) e do conhecimento sobre o requerimento de nutrientes. A lisina cristalina foi introduzida nas dietas para peixes com intuito de equilibrar o balanceamento nutricional, considerando a carência dos ingredientes vegetais, e consolidou-se diante das observações positivas sobre os ganhos do animal (Cowey, 1994; Zarate & Lovell, 1997; Nguyen & Davis, 2016). As tecnologias atuais permitiram formulações com concentrado proteico de milho com altos níveis de lisina intacta para tilápia do Nilo (*O. niloticus*) e bagre



americano (*Ictalurus punctatus* Rafinesque, 1818), que segundo Nguyen & Davis (2016) possui a mesma eficácia da suplementação com lisina cristalina e maior aproveitamento econômico, além de grande concentração de metionina e outros aminoácidos. De uma forma ou de outra, a lisina tende a permanecer como referência e a ser adicionada à dieta do peixe para impulsionar o crescimento animal, evidenciando que espécies com o nível ideal estabelecido são favorecidas perante o mercado considerando os maiores ganhos atribuídos em função do aminoácido.

### 3.3 Suplementação da treonina, metionina e demais aminoácidos exógenos

Para a produção de imunoglobulinas e de mucinas do trato gastrointestinal dos peixes, a treonina é o aminoácido mais limitante (Silva et al., 2006; Bomfim et al., 2008; Bomfim et al., 2014). Atua sintetizando proteína com a formação de colágeno e de elastina, impedindo o acúmulo de gordura no fígado e estimulando o sistema imunológico e a atividade do timo (Ahmed, 2004; Cavalheiro et al., 2014). A necessidade de treonina dietética a 1,11% foi verificada por Araripe et al. (2011) para a tabatinga, cruzamento de espécies nativas (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachipomum*). Este percentual se aproxima dos níveis de treonina total e digestível de 1,11 e 0,99% para as melhores respostas sobre o desempenho de tilápia do Nilo (*O. niloticus*; 1,64 ± 0,03 g) encontradas por Bomfim et al. (2008).

Paralelamente, a metionina participa de funções fisiológicas como crescimento do peixe, e funções metabólicas como o fornecimento de grupo metil via S-adenosil metionina (SAM) para síntese de colina (Piedras et al., 2004; Cavalheiro et al., 2014). Em conjunto com a lisina, a metionina forma a L-carnitina, precursora da carnitina que carrega intracelularmente ácidos graxos para metabolização na mitocôndria, auxiliando na regulação dos triglicerídeos e colesterol (Walton et al., 1984). Sob carência de metionina no organismo, os peixes ficam propensos a desenvolverem cataratas, como registrado para trutas (Walton et al., 1984), além de inapetência e redução de crescimento animal. No entanto, quando em excesso, a metionina pode aumentar as taxas de aminoácidos no sangue, e igualmente limitar o crescimento animal (Piedras et al., 2004), o que não ocorre mediante dietas com balanceamento correto de metionina.

A metionina é comumente avaliada em ensaios experimentais juntamente com a cistina em decorrência da probabilidade de ser catabolizada em cistina. Para suplementação em dietas para tilápia do Nilo, a recomendação de 0,75% metionina é considerada elevada (NRC, 1993). O fato foi concluído com base na relação metionina:cistina dos ingredientes normalmente utilizados em dietas comerciais, que é de aproximadamente 1:1, condicionando a inclusão de aminoácidos sulfurados em torno de 1,50%, e elevando o custo da produção (Furuya et al., 2013). Concernente ao aminoácido referência lisina, a quantidade de metionina+cistina para tilápia do Nilo cultivada no Brasil foi determinada em aproximadamente 60% da lisina da dieta, ou 0,9% da lisina cristalina (Furuya et al., 2004; Bomfim et al., 2008; Furuya et al., 2013).

Triptofano, arginina, fenilalanina, leucina, isoleucina e valina, mesmo para espécies de peixes que possuem grande quantidade de informações nutricionais, poucos são os dados disponíveis sobre as exigências destes aminoácidos, o que propicia o uso do perfil de aminoácidos na relação AAE/L para estimar o requerimento nutricional (Teixeira et al., 2008;

Furuya et al., 2013). Kasozi et al. (2019) estimaram as exigências dos dez aminoácidos exógenos da dieta, somados a cisteína e tirosina (endógenos), para o teleósteo africano pebbly ou peixe dos seixos (*Alestes baremoze* Joannis, 1835). Os resultados mostram uma similaridade com respostas verificadas na literatura para os onívoros tilápia do Nilo (*O. niloticus*), bagre americano (*Ictalurus punctatus* Rafinesque, 1818), carpa comum (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758), e aruanã africano (*Heterotis niloticus* Cuvier, 1829) (Kasozi et al., 2019). A espécie africana é potencialmente produtiva, portanto, as estimativas são informações iniciais que precisam ser testadas pelo método dose-resposta. O caminho tomado pelos pesquisadores é propício para espécies ainda não efetivadas na piscicultura, no entanto, o mesmo percurso experimental necessita ser persistido, com ainda mais urgência, para as muitas espécies já inseridas lucrativamente em cultivos de peixe e que não possuem exigências de aminoácidos determinadas.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O atual estudo de revisão expõe a necessidade de maximização de pesquisas com aminoácidos para as espécies de peixes produzidas e potencialmente produzidas. Dentre as espécies produzidas ressaltam-se espécies nativas de peixes amazônicos para as quais foram encontrados poucos estudos com exigências de lisina, metionina, treonina e demais aminoácidos. Estas pesquisas podem ser enriquecidas com informações refinadas para as diferentes etapas de crescimento, testes fisiológicos, metabólicos e comportamentais. No entanto, enfatizando a sugestão de alguns autores, é importante buscar padronização em relação a pesquisas realizadas, aumentando a eficiência no julgamento das respostas disponíveis em literatura e a precisão no balanceamento destes aminoácidos dietéticos.

## REFERÊNCIAS

- Abimorad, E. G., Favero, G. C., Squassoni, G. H., & Carneiro, D. (2010). Dietary digestible lysine requirement and essential amino acid to lysine ratio for pacu *Piaractus mesopotamicus*. *Aquaculture Nutrition*, 16(4), 370-377. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00674.x>.
- Ahmed, I., & Khan, M. A. (2004). Dietary lysine requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). *Aquaculture*, 235(1-4), 499-511. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.12.009>.
- Albertini, T. Z., de Medeiros, S. R., Gomes, R. D. C., & Feltrin, G. (2015). Exigências nutricionais, ingestão e crescimento de bovinos de corte. *Embrapa Gado de Corte-Capítulo em livro científico (ALICE)*.
- Andrade, C. L., Rodrigues, F. S., Carvalho, D. P., Pires, S. F., & Pires, M. F. (2015). Nutrição e alimentação de tilápias do Nilo. *Revista Eletrônica de Nutrição*, 12(6), 4464-4469. ISSN: 1983-9006.
- Arai, S. (1981). A purified test diet for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, fry. *Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish*, Tokyo 47: 547-550. DOI: <https://doi.org/10.2331/suisan.47.547>.
- Araripe, M. N. B. A., Araripe, H. G. A. A., Lopes, J. B., de Castro, P. L., Braga, T. E. A., Hosmylton, A., & Carvalho Ferreira, M. L. T. D. A. (2011). Redução da proteína bruta com suplementação de aminoácidos em rações para alevinos de tambatinga. *R. Bras. Zootec*, 40(9), 1845-1850. ISSN: 1806-9290.

- Bicudo, A. J. A., & Cyrino, J. E. P. (2009). Estimating amino acid requirement of Brazilian freshwater fish from muscle amino acid profile. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40(6), 818-823. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2009.00303.x>.
- Bomfim, M. A. D. (2014). Estratégias nutricionais para redução das excreções de nitrogênio e fósforo nos sistemas de produção de peixes no Nordeste: sustentabilidade ambiental e aumento da produtividade. *Revista Científica de Produção Animal*, 15(2), 122-140. DOI: <https://doi.org/10.15528/2176-4158/rcpa.v15n2p122-140>.
- Bomfim, M. A. D., Lanna, E. A. T., Donzele, J. L., Abreu, M. L. T. D., Ribeiro, F. B., & Quadros, M. (2008). Reduction of crude protein with amino acid supplementation, based on ideal protein concept, in diets for Nile tilapia fingerlings. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(10), 1713-1720. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982008001000001>.
- Bomfim, M. A. D., Lanna, E. A. T., Donzele, J. L., Quadros, M., Ribeiro, F. B., & Souza, M. P. (2010). Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-Nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(1), 1-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010000100001>.
- Botaro, D., Furuya, W. M., Silva, L. C. R., Santos, L. D. D., Silva, T. S. D. C., & Santos, V. G. D. (2007). Redução da proteína da dieta com base no conceito de proteína ideal para tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques-rede. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 517-525. ISSN on-line: 1806-9290.
- Brandão, L. V., Guimarães, S. F., da Fonseca, F. A., & Pereira Filho, M. (2009). Suplementação de metionina e/ou lisina em rações para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672009000300024>.
- Brookes, I. M., Owens, F. N., Brown, R. E., & Garrigus, U. S. (1973). Amino acid oxidation and plasma amino acid levels in sheep with abomasal infusions of graded amounts of lysine. *Journal of animal science*, 36(5), 965-970. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas1973.365965x>.
- Bureau, D. P., & Encarnação, P. M. (2006). Adequately defining the amino acid requirements of fish: the case example of lysine. *Avances en Nutrición Acuicola VIII: VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola, Nuevo Leon, Mexico. Universidad Autónoma de Nuevo Leon*, 29-53. ISBN: 970-694-333-5.
- Cavalheiro A. C. M., Castro. M. L. S., Einhardt M. D. S., Pouey J. L. O. F., Piedras S. N., Xavier E. G. (2014). Microingredientes utilizados em alimentação de peixes em cativeiro – Revisão. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 109, p. 11-20.
- Cowey, C. B. (1994). Amino acid requirements of fish: a critical appraisal of present values. *Aquaculture*, 124(1-4), 1-11. DOI: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90349-2](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90349-2).
- Dairiki, J. K., Borghesi, R., Dias, C. T. S., Cyrino, J. E. P. Lysine and arginine requirements of *Salminus brasiliensis*. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 48, n. 8, p. 1012-1020 (2013).
- Ebenezar, S., Vijayagopal, P., Srivastava, P. P., Gupta, S., Varghese, T., Prabu, D. L., ... & Wilson, L. (2019). Dietary lysine requirement of juvenile Silver pompano, *Trachinotus blochii* (Lacepede, 1801). *Aquaculture*, 734234. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734234>.
- Euclides, R. F., & Rostagno, H. S. (2001). Estimativa dos níveis nutricionais via experimentos de desempenho. In *Workshop Latino-Americano Ajinomoto Biolatina* (Vol. 1, pp. 77-88). São Paulo: p. 77-88.
- Forster, I., & Ogata, H. Y. (1998). Lysine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream *Pagrus major*. *Aquaculture*, 161(1-4), 131-142. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00030-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00030-9).

Furuya, W. M., & Furuya, V. R. B. (2010). Nutritional innovations on amino acids supplementation in Nile tilapia diets. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 88-94. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001300010>.

Furuya, W. M., Botaro, D., Macedo, R. D., Santos, V. D., Silva, L. C. R., Silva, T. D. C., ... & Sales, P. J. P. (2005). Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(5), 1433-1441.

Furuya, W. M., Michelato, M., Graciano, T. S., Vidal, L. V. O., Xavier, T. O., Furuya, V. R. B., & de Moura, L. B. (2013). Exigência de lisina digestível para a tilápia do Nilo de 87 a 226 g alimentada com dietas balanceadas para a relação arginina: lisina. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(4), 1945-1954. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n4p1945>.

Furuya, W. M., Santos, V. D., Silva, L. C. R., Furuya, V. R. B., & Sakaguti, E. S. (2006). Exigências de lisina digestível para juvenis de tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(3), 937-942. ISSN on-line: 1806-9290.

Furuya, W. M., Silva, L. C. R., Neves, P. R., Botaro, D., Hayashi, C., Sakaguti, E. S., & Furuya, V. R. B. (2004). Exigência de metionina+ cistina para alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Ciência Rural*, 34(6), 1933-1937. ISSN: 0103-8478.

Furuya, W. M.; Barros, M. M.; Pezzato, L. E.; Cyrino, J. E. P. (2011). Exigências nutricionais e alimentação de tilápia. In: Cyrino, J. E. P E Fracalossi, D.M. *Nutriaqua: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira* (2011). ISBN: 978-85-60190-03-4.

Gill, M., Beever, D. E., & France, J. (1989). Biochemical bases needed for the mathematical representation of whole animal metabolism. *Nutrition Research Reviews*, 2(1), 181-200. DOI: <https://doi.org/10.1079/NRR19890014>.

Glencross, B. D. (2008). A factorial growth and feed utilization model for barramundi, *Lates calcarifer* based on Australian production conditions. *Aquaculture Nutrition*, 14(4), 360-373. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00543.x>.

Hauler, R. C., & Carter, C. G. (2001). Reevaluation of the quantitative dietary lysine requirements of fish. *Reviews in Fisheries Science*, 9(3), 133-163. DOI: <https://doi.org/10.1080/20016491101735bauerhnm>.

Helland, S. J., & Grisdale-Helland, B. (2011). Dietary threonine requirement of Atlantic salmon smolts. *Aquaculture*, 321(3-4), 230-236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.09.008>.

Hua, K., Suwendu, E., & Bureau, D. P. (2019). Effect of body weight on lysine utilization efficiency in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 505, 47-53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.02.030>.

Kang-Lee, Y. A., & Harper, A. E. (1978). Threonine metabolism in vivo: effect of threonine intake and prior induction of threonine dehydratase in rats. *The Journal of nutrition*, 108(1), 163-175. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/108.1.163>.

Kasozi, N., Iwe, G., Sadik, K., Asizua, D., & Namulawa, V. T. (2019). Dietary amino acid requirements of pebbly fish, *Alestes baremoze* (Joannis, 1835) based on whole body amino acid composition. *Aquaculture Reports*, 14, 100197. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100197>.

Kaushik, S. J., & Seiliez, I. (2010). Protein and amino acid nutrition and metabolism in fish: current knowledge and future needs. *Aquaculture Research*, 41(3), 322-332. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365->

Ketola, H. G. (1982). Amino acid nutrition of fishes: requirements and supplementation of diets. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B: Comparative Biochemistry*, 73(1), 17-24. DOI: [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(82\)90197-3](https://doi.org/10.1016/0305-0491(82)90197-3).

Lehninger, A.L.; Nelson, D.L.; Cox, M.M. *Lehninger: Princípios de Bioquímica*, 3 ed. São Paulo: Editora Sarvier, 2002, 975p. ISBN: 8573781661.

Madrid, J., Pohlenz, C., Viana, M. T., & Lazo, J. P. (2019). Dietary lysine requirement for juvenile, *Totoaba macdonaldi*. *Aquaculture*, 500, 92-98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.10.003>.

Mai, K., Zhang, L., Ai, Q., Duan, Q., Zhang, C., Li, H., ... & Liufu, Z. (2006). Dietary lysine requirement of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. *Aquaculture*, 258(1-4), 535-542. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.043>.

Mitchell, H.F. *Comparative nutrition of man and domestic animals*. New York: Academic Press, 1964. p.567-647.

Murillo-Gurrea, D. P., Coloso, R. M., Borlongan, I. G., & Serrano, A. E. (2001). Lysine and arginine requirements of juvenile Asian sea bass *Lates calcarifer*. *Journal of Applied Ichthyology*, 17(2), 49-53.

Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2018). *Princípios de Bioquímica de Lehninger-7*. Artmed Editora. ISBN: 97814641226116.

Nguyen, L., & Davis, D. A. (2016). Comparison of crystalline lysine and intact lysine used as a supplement in practical diets of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 464, 331-339. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.07.005>.

NRC - National Research Council. *Nutrient requirement of fish and shrimp*. Washington, D.C.: *National Academy of Science* (2011). DOI: <https://doi.org/10.17226/13039>.

NRC - National Research Council. *Nutrient requirement of fish*. Washington, D.C.: *National Academy Press*, 114pp (1993). ISBN: 978-0-309-04891-0.

Nunes, A. J., Sá, M. V., Browdy, C. L., & Vazquez-Anon, M. (2014). Practical supplementation of shrimp and fish feeds with crystalline amino acids. *Aquaculture*, 431, 20-27. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.04.003>.

Ovie, S.O.; Eze, S. S. (2013). Lysine requirement and its effect on the body composition of *Oreochromis niloticus* fingerlings. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, v. 8, n. 1, p. 94-100, DOI: <http://dx.doi.org/10.3923/jfas.2013.94.100>.

Peres, H., & Oliva-Teles, A. (2008). Lysine requirement and efficiency of lysine utilization in turbot (*Scophthalmus maximus*) juveniles. *Aquaculture*, 275(1-4), 283-290. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.12.015>.

Piedras, S. R. N., Pouey, J. L. O. F., & Rutz, F. (2004). Efeito da Suplementação de Metionina e/ou Lisina no Crescimento e na Sobrevivência de Alevinos de Peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*). *R. Bras. Zootec*, 33(6), 1366-1371. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982004000600002>.

Ribeiro, F. M., Freitas, P. V. D. X., dos Santos, E. O., de Sousa, R. M., Carvalho, T. A., de Almeida, E. M., ... & Costa, A. C. (2016). Alimentação e nutrição de Pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) e Tambaqui (*Colossoma macropomum*): Revisão. *Pubvet*, 10, 873-945. DOI: <http://doi.org/10.22256/pubvet.v10n12.873-882>.

- Ribeiro, L. B., de Arruda, A. M. V., Pereira, E. S., Konieczniak, P., & Tonello, C. L. (2008). Técnica de indicador de oxidação de aminoácidos. *Semina: Ciências Agrárias*, 29(4), 973-981. ISSN: 1676-546X.
- Riggs, D. S. (1963). *The Mathematical Approach to Physiological Problems*. Cambridge, MA: MIT. ISBN: 13: 9780262180467.
- Rollin, X., Mambrini, M., Abboudi, T., Larondelle, Y., & Kaushik, S. J. (2003). The optimum dietary indispensable amino acid pattern for growing Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fry. *British Journal of Nutrition*, 90(5), 865-876. DOI: <https://doi.org/10.1079/BJN2003973>.
- Rønnestad, I., Conceição, L. E., Aragão, C., & Dinis, M. T. (2000). Free amino acids are absorbed faster and assimilated more efficiently than protein in postlarval Senegal sole (*Solea senegalensis*). *The Journal of nutrition*, 130(11), 2809-2812. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/130.11.2809>.
- Sakomura, N. K.; Rostagno, H. S. (2007). Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, p. 283. ISBN: 978-85-7805-154-9.
- Shearer, K. D. (1995). The use of factorial modeling to determine the dietary requirements for essential elements in fishes. *Aquaculture*, 133(1), 57-72. DOI: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00405-D](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00405-D).
- Silva, J. C., Bomfim, M. A. D., Lanna, E. A. T., Ribeiro, F. B., de Siqueira, J. C., de Sousa, T. J. R., ... & do Nascimento, D. C. N. (2018). Lysine requirement for tambaqui juveniles. *Semina: Ciências Agrárias*, 39(5), 2157-2168. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n5p2157>.
- Silva, L. C. R., Furuya, W. M., dos Santos, L. D., Gomes, V., dos Santos, T. S. D. C., & Silva, P. J. P. (2006). Níveis de teonina em rações para tilápias do Nilo. *R. Bras. Zootec*, 35(4), 1258-1264. ISSN on-line: 1806-9290.
- Takishita, S. S., Lanna, E. A. T., Donzele, J. L., Bomfim, M. A. D., Quadros, M., & Souza, M. P. (2009). Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(11), 2099-2105. ISSN on line: 1806-9290.
- Teixeira, E. A., Crepaldi, D. V., Faria, P. M. C., Ribeiro, L. P., Melo, D. C. D., & Euler, A. C. C. (2008). Composição corporal e exigências nutricionais de aminoácidos para alevinos de tilápia ("Oreochromis" sp.). *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 9(2). ISSN: 1519 9940.
- Tibaldi, E., & Kaushik, S. J. (2005). Amino acid requirements of Mediterranean fish species. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 63(63), 59-65.
- Walton, M. J., Cowey, C. B., & Adron, J. (1984). The effect of dietary lysine levels on growth and metabolism of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *British Journal of Nutrition*, 52(1), 115-122. DOI: <https://doi.org/10.1079/BJN19840077>.
- Wang, S., Liu, Y. J., Tian, L. X., Xie, M. Q., Yang, H. J., Wang, Y., & Liang, G. Y. (2005). Quantitative dietary lysine requirement of juvenile grass carp *Ctenopharyngodon idella*. *Aquaculture*, 249(1-4), 419-429. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.04.005>.
- Wilson, R. P. Amino acid requirements of fish. in: *Amino Acids in Farm Animal Nutrition*, J. P.F.D'Mello, ed. Wallingford, UK: CAB International. p. 377-399 (1994). ISBN: 0851988814.
- Wilson, R. P., & Cowey, C. B. (1985). Amino acid composition of whole body tissue of rainbow trout and Atlantic salmon. *Aquaculture*, 48(3-4), 373-376. DOI: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(85\)90140-1](https://doi.org/10.1016/0044-8486(85)90140-1).
- Zaniboni-Filho, E., Pedron, J. D. S., & Ribolli, J. (2018). Opportunities and challenges for fish culture in Brazilian reservoirs: a review. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 30. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s2179->



975x12617.

Zarate, D. D., & Lovell, R. T. (1997). Free lysine (L-lysine· HCl) is utilized for growth less efficiently than protein-bound lysine (soybean meal) in practical diets by young channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*, 159(1-2), 87-100. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00184-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00184-1).

Zehra, S., Khan, M.A. (2014). Dietary threonine requirement of fingerling Indian major carp, *Catla* (Hamilton) estimated by growth, protein retention efficiency, threonine deposition, haematological parameters and carcass composition, *Aquaculture Research*, 13(1). DOI: <https://doi.org/10.1111/are.12487>.

## Organização



Universidade Federal do  
Recôncavo da Bahia



**INSTITUTO  
FEDERAL**  
Amazonas



*AquaUFRB*



**PPGCARP**  
Programa de Pós-graduação em  
Ciência Animal e Recursos Pesqueiros



# Aquicultura na Amazônia:

Estudos Técnico-Científicos e  
Difusão de Tecnologias

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

@atenaeditora

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

**Atena**  
Editora

Ano 2021

## Organização



Universidade Federal do  
Recôncavo da Bahia



**INSTITUTO  
FEDERAL**  
Amazonas



*AquaUFBR*



**PPGCARP**  
Programa de Pós-graduação em  
Ciência Animal e Recursos Pesqueiros



# Aquicultura na Amazônia:

Estudos Técnico-Científicos e  
Difusão de Tecnologias

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

**Atena**  
Editora

Ano 2021