



# ZOOTECNIA E AS PRÁTICAS INOVADORAS NO MANEJO **ANIMAL**

---

**Neilson Silva Santos**  
(Organizador)



# ZOOTECNIA E AS PRÁTICAS INOVADORAS NO MANEJO ANIMAL

**Neilson Silva Santos**  
(Organizador)

<b>Editora chefe</b>	
Prof <sup>a</sup> Dr <sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira	
<b>Editora executiva</b>	
Natalia Oliveira	
<b>Assistente editorial</b>	
Flávia Roberta Barão	
<b>Bibliotecária</b>	
Janaina Ramos	
<b>Projeto gráfico</b>	2024 by Atena Editora
Ellen Andressa Kubisty	Copyright © Atena Editora
Luiza Alves Batista	Copyright do texto © 2024 O autor
Nataly Evilin Gayde	Copyright da edição © 2024 Atena
Thamires Camili Gayde	Editora
<b>Imagens da capa</b>	Direitos para esta edição cedidos à
iStock	Atena Editora pelo autor.
<b>Edição de arte</b>	Open access publication by Atena
Luiza Alves Batista	Editora



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

Os manuscritos nacionais foram previamente submetidos à avaliação cega por pares, realizada pelos membros do Conselho Editorial desta editora, enquanto os manuscritos internacionais foram avaliados por pares externos. Ambos foram aprovados para 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 Agrárias**

- Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ariadna Faria Vieira – Universidade Estadual do Piauí  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Clebertron Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Gílrene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Jessica Mansur Siqueira Crusoé – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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

## Zootecnia e as práticas inovadoras no manejo animal

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Neilson Silva Santos

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
Z87	Zootecnia e as práticas inovadoras no manejo animal / Organizador Neilson Silva Santos. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2024.
	Formato: PDF
	Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
	Modo de acesso: World Wide Web
	Inclui bibliografia
	ISBN 978-65-258-2898-5
	DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.985242611">https://doi.org/10.22533/at.ed.985242611</a>
	1. Zootecnia. 2. Animal. I. Santos, Neilson Silva (Organizador). II. Título.
	CDD 636
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

## DECLARAÇÃO DO AUTOR

Para fins desta declaração, o termo 'autor' será utilizado de forma neutra, sem distinção de gênero ou número, salvo indicação em contrário. Da mesma forma, o termo 'obra' refere-se a qualquer versão ou formato da criação literária, incluindo, mas não se limitando a artigos, e-books, conteúdos on-line, acesso aberto, impressos e/ou comercializados, independentemente do número de títulos ou volumes. O autor desta obra: 1. Atesta não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação à obra publicada; 2. Declara que participou ativamente da elaboração da obra, 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 da obra para submissão; 3. Certifica que a obra publicada está completamente isenta de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirma a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhece ter informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autoriza a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação da obra publicada, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. A editora pode disponibilizar a obra em seu site ou aplicativo, e o autor também pode fazê-lo por seus próprios meios. Este direito se aplica apenas nos casos em que a obra não estiver sendo comercializada por meio de livrarias, distribuidores ou plataformas parceiras. Quando a obra for comercializada, o repasse dos direitos autorais ao autor será de 30% do valor da capa de cada exemplar vendido; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), a editora não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como quaisquer outros dados dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

Esta obra oferece uma imersão nas práticas vanguardistas em Zootecnia e Manejo Animal, consolidando uma coletânea de estudos que convergem eficiência produtiva e sustentabilidade em sistemas de criação. Ao longo dos capítulos, são abordadas técnicas e substâncias naturais que têm o potencial de revolucionar o cotidiano das criações, desde abordagens nutricionais até avanços na genética aplicada.

O primeiro capítulo investiga os efeitos da silagem de sorgo cultivada em sistemas irrigados e de sequeiro, bem como a inclusão do óleo essencial de laranja na dieta de cordeiros confinados, promovendo novas perspectivas para a nutrição animal com vistas ao aumento de desempenho. Em sequência, o segundo capítulo examina a utilização da própolis na aquacultura, com ênfase na criação do lambari-do-rabo-amarelo, ressaltando as propriedades antimicrobianas e imunoestimulantes desse composto, que desponta como um suplemento natural de alto valor para a saúde dos peixes.

O terceiro capítulo apresenta a poliploidia como um instrumento de aprimoramento genético na piscicultura, discorrendo sobre métodos de manipulação cromossômica que visam potencializar a produção aquícola e responder à demanda crescente por proteína de alta qualidade. Por fim, o quarto capítulo investiga a relevância dos aminoácidos essenciais metionina e cistina na dieta de peixes, analisando como o balanço desses nutrientes pode influenciar não apenas o desempenho zootécnico, mas também as características hematológicas dos organismos.

Assim, esta obra constitui uma leitura essencial para aqueles que almejam adotar práticas avançadas e sustentáveis no manejo animal. Com o propósito de disseminar conhecimento técnico e aplicável, o livro inspira o leitor a explorar abordagens inovadoras que têm o poder de transformar o setor agropecuário.  
Boa leitura!

Neilson Silva Santos

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
SILAGEM PRODUZIDA COM E SEM IRRIGAÇÃO E O ÓLEO ESSENCIAL DE LARANJA SOBRE O DESEMPENHO DE CORDEIROS	
Manoel Volpi Basso	
Mateus Caparroz Bessao	
Yasmim Cristina Lobo	
Isadora Gabrielle Garcia Schumaher	
André Coelho Caldatto	
Giovanna Rodrigues dos Santos	
Júlio César de Oliveira Alves	
Marcos Paulo de Oliveira Alves	
Vitoria Carolina Chiaroto Ribeiro	
Renata Negri	
Daniel Montanher Polizel	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.9852426111">https://doi.org/10.22533/at.ed.9852426111</a>	
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>8</b>
USO DA PRÓPOLIS NA AQUACULTURA DE PEIXES DE ÁGUA DOCE	
Guilherme de Oliveira Silva Cardoso	
Bruna Ramos de Almeida	
Thalita Milena dos Santos	
Catharina Mencinauskis Amador	
Bruno Tatagiba de Souza	
Rafany de Oliveira Ermenegildo	
Julia Dias Gomes de Castro	
Eduardo Pahor-Filho	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.9852426112">https://doi.org/10.22533/at.ed.9852426112</a>	
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>16</b>
ASPECTOS DA POLIPLOIDIA COMO FERRAMENTA PARA A PISCICULTURA	
Gilmar Amaro Pereira	
Rafael Silva Marchão	
Aline da Silva Rocha	
Guilherme Araújo Santana	
João Paulo Honorato da Silva	
Mateus Goncalves de Freitas	
Rafael Carvalho da Silva	
Vanessa Ferreira Batista	
Maylanne Sousa de Lima	
José Aldemy de Oliveira Silva	
David Ramos da Rocha	
José Fernando Bibiano Melo	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.9852426113">https://doi.org/10.22533/at.ed.9852426113</a>	
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>29</b>
METIONINA + CISTINA NA ALIMENTAÇÃO DE PEIXES: DESEMPENHO	

## ZOOTÉCNICO, COMPOSIÇÃO CORPORAL E HEMATO-BIOQUÍMICA

Aline da Silva Rocha  
Rafael Silva Marchão  
Gilmar Amaro Pereira  
Guilherme Araújo Santana  
Mateus Goncalves de Freitas  
Vanessa Ferreira Batista  
Rafael Carvalho da Silva  
David Ramos da Rocha  
Carlos Eduardo Copatti  
José Fernando Bibiano Melo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9852426114>

<b>SOBRE O ORGANIZADOR .....</b>	<b>42</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>43</b>

# CAPÍTULO 1

## SILAGEM PRODUZIDA COM E SEM IRRIGAÇÃO E O ÓLEO ESSENCIAL DE LARANJA SOBRE O DESEMPENHO DE CORDEIROS

---

Data de submissão: 14/10/2024

Data de aceite: 01/11/2024

**Manoel Volpi Basso**

Universidade Estadual Paulista  
(Unesp/FEIS)

**Mateus Caparroz Bessao**

Universidade Estadual Paulista  
(Unesp/FEIS)

**Yasmim Cristina Lobo**

Universidade Estadual Paulista  
(Unesp/FEIS)

**Isadora Gabrielle Garcia Schumaher**

Universidade Estadual Paulista  
(Unesp/FEIS)

**André Coelho Caldatto**

Universidade Estadual Paulista  
(Unesp/FEIS)

**Giovanna Rodrigues dos Santos**

Universidade Estadual Paulista  
(Unesp/FEIS)

**Júlio César de Oliveira Alves**

Universidade Estadual Paulista  
(Unesp/FEIS)

**Marcos Paulo de Oliveira Alves**

Universidade Estadual Paulista  
(Unesp/FEIS)

**Vitoria Carolina Chiaroto Ribeiro**

Universidade Estadual Paulista  
(Unesp/FEIS)

**Renata Negri**

Universidade Estadual Paulista  
(Unesp/FEIS)

**Daniel Montanher Polizel**

Universidade Estadual Paulista  
(Unesp/FEIS)

**RESUMO:** O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de cordeiros confinados alimentados com silagem de sorgo consorciado com capim *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás produzidas em sistema de sequeiro ou irrigado e o efeito da suplementação com óleo essencial de laranja (OEL). Foram utilizados 24 cordeiros mestiços Dorper × Santa Inês com peso inicial de 34 kg, alocados em baias individuais suspensas. Os cordeiros foram pesados no início e no final do experimento, e posteriormente foi calculado o ganho médio diário (GMD). O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados em esquema de fatorial 2 × 2, sendo o fator 1: silagem de *Urochloa*

*brizantha* cv. Paiaguás produzida em sistema de sequeiro (SEQ) ou irrigado (PIVO); e o fator 2: inclusão de 0 (0OEL) ou 1 g OEL/kg de MS da dieta total (1OEL). Os dados foram analisados por meio do PROC MIXED do SAS, considerando 5% de significância. Não houve interação entre o tipo de silagem e a inclusão de OEL para nenhuma das variáveis avaliadas. Os tipos de silagem não afetaram o consumo de matéria seca (CMS), entretanto a silagem produzida no sequeiro aumentou o GMD (SEQ = 157 g; PIVO = 120 g; P < 0,01) e a eficiência alimentar (SEQ = 0,126; PIVO = 0,103; P = 0,01). A inclusão do OEL não afetou o CMS, entretanto, aumentou o GMD (0OEL: 127 g; 1OEL: 150 g; P = 0,02) e a eficiência alimentar (0OEL: 0,107; 1OEL: 0,122; P = 0,05). Conclui-se que a utilização de silagem produzida em sistema de sequeiro e/ou a suplementação com óleo essencial de laranja melhoram o desempenho de cordeiros confinados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aditivos, consumo de matéria seca, eficiência alimentar, ganho médio diáários, ovinos

## INTRODUÇÃO

A procura por produtos da ovinocultura vem ganhando destaque no cenário econômico, principalmente em relação ao consumo de carnes (Venturini et al., 2016). Para atender essas demandas, uma das alternativas é confinar os animais para otimizar o processo de terminação, visando a produção de carcaças mais pesadas e redução na idade ao abate.

A produção de volumoso é um dos grandes entraves nos confinamentos, sendo necessária a otimização de área para atender as necessidades da operação. Nesse sentido, Medeiros et al. (2009) comentam que a utilização de diferentes fontes de volumoso no confinamento é uma alternativa viável para os sistemas de produção, pois permite a produção desses animais em grande escala em pequenas áreas.

Quando o foco é a produção integrada de culturas para a produção de forragem destinada a nutrição de ruminantes, a prática de ensilagem é uma das principais ferramentas utilizadas para armazenamento e conservação, mais atrativa quando comparados aos métodos de fenação. O processo de conservação é de extrema importância pois as forragens apresentam uma distribuição desuniforme de produção ao longo do ano, conhecido como estacionalidade de produção forrageira (Pereira et al., 2008).

Associados a produção de um volumoso de qualidade, é possível incluir na dieta dos animais, componentes que melhoram o desempenho e auxiliam na redução dos impactos ambientais, como a emissão de metano (Soares et al., 2023). Nesse contexto, os óleos essenciais têm sido cada vez mais utilizados em estudos de desempenho animal. O Brasil é o maior produtor de laranja do mundo e o óleo essencial de laranja (OEL) tem sido um dos produtos obtidos pelo processamento da laranja na agroindústria. O OEL possui o limoneno, o qual tem elevada capacidade de alterar o processo de fermentação ruminal (Dias Junior et al., 2023). Sendo assim, as práticas adequadas de produção de alimentos

resultam em produção mais eficiente e menor impacto ambiental, questões que atendem os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS, 2- Fome Zero e Agricultura Sustentável; 12 - Consumo e Produção Responsáveis; 17 - Parcerias e Meios de Implementação).

Entretanto, a literatura ainda é escassa sobre os efeitos da inclusão do óleo essencial de laranja sobre o desempenho de cordeiros. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho produtivo de cordeiros em confinamento, alimentados com silagem de sorgo consorciado com capim *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás produzida em sistema irrigado ou sequeiro e o efeito da suplementação ou não com 1g de óleo essencial de laranja/kg de MS da dieta total.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo e delineamento

O projeto foi desenvolvido nas instalações do setor de ovinos e caprinos da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP), localizada na cidade de Ilha Solteira - SP. A região apresenta em média 335 metros de altitude e o clima predominante é tropical do tipo AW de acordo com a classificação de Köppen (Rolim et al., 2007). O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da mesma Instituição protocolo número 13/2023.

Foram utilizados 24 cordeiros Dorper (4 machos e 20 fêmeas) com peso inicial médio de 34 kg, confinados em baías individuais suspensas de piso ripado. O experimento foi realizado em delineamento de blocos completos casualizados, com dois tratamentos e 6 blocos, sendo os blocos definidos de acordo com o sexo e o peso inicial dos animais. O experimento teve duração de 42 dias (janeiro a fevereiro de 2024). Os animais foram pesados no início do experimento (D0) após jejum alimentar de 15 horas, tendo acesso *ad libitum* a água fresca. O peso obtido no início do estudo foi utilizado como critério para blocagem dos animais, e posteriormente os tratamentos foram sorteados dentro de cada bloco.

### Descrição dos tratamentos e manejo alimentar

As silagens (sequeiro e pivô) foram produzidas em setembro de 2023. A colhida dos campos sequeiro e irrigado foram realizadas no mesmo dia, utilizando a mesma colhedora de área total para não haver influência de período e máquina sobre os resultados de desempenho dos animais. O material colhido foi encaminhado para um local coberto e posteriormente confeccionado os bags (sacos de 25 kg) de silagem utilizando uma máquina semiautomática. Não foi utilizado nenhum tipo de aditivo para modulação da fermentação do material ensilado.

O arranjo de tratamentos do presente estudo foi um fatorial  $2 \times 2$ , em que o fator

1 foi a silagem de sorgo consorciada com *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás produzida em sistema de sequeiro (sem irrigação, SEQ) ou irrigado (PIVÔ) e o fator 2 determinado pela inclusão ou não de 1 g de óleo essencial de laranja/kg de MS da dieta total.

Os cordeiros receberam a dieta uma vez ao dia, no período da manhã. A dieta foi composta por concentrado (24% de proteína bruta, PB) e volumoso (tratamentos experimentais), totalizando uma dieta de 15% PB. O concentrado foi composto por 71,25% de milho moído, 25% de farelo de soja, 1,25% de ureia e 2,5% de suplemento mineral. Sendo fornecido na proporção de 1,3% do peso corporal dos animais. O óleo essencial de laranja foi misturado diariamente ao concentrado para evitar qualquer tipo de perda de componentes por volatilização. O concentrado foi ofertado aos animais antes da forragem, sendo que esta só foi disponibilizada aos animais após o consumo total do concentrado, fato que garantiu que o consumo total do óleo essencial na dose alvo do estudo.

Após os animais consumirem a totalidade do concentrado (0OEL ou 1OEL), o volumoso (SEQ ou PIVO) foi ofertado *ad libitum*, permitindo uma sobra mínima de 15% em relação ao total ofertado, de maneira a garantir o máximo consumo dos animais (sem restrição). O concentrado e a silagem foram pesados em balança eletrônica com precisão de 1 g. As sobras foram pesadas diariamente em balança eletrônica.

Item	Sequeiro	Pivo
Matéria seca, % na MN	30,96	26,51
Matéria mineral, % na MS	7,90	8,14
Proteína bruta, % na MS	9,32	10,42
Extrato etéreo, % na MS	3,53	3,52
FDN, % na MS	65,96	71,64
FDA, % na MS	37,50	40,56
Lignina, % na MS	5,38	5,98
Amido, % na MS	7,28	2,84

**Tabela 1.** Composição bromatológica da silagem de sorgo consorciada com *U. brizantha* cv. Paiaguás produzidas em sistema de sequeiro ou irrigado.

## Procedimentos

Os animais foram pesados no início do experimento (D0) e no final do experimento (D42) após jejum alimentar de 15 horas, tendo acesso *ad libitum* a água fresca. A pesagem foi realizada utilizando balança digital com precisão de 50 g.

O ganho médio diário (GMD) observado foi obtido pela mensuração do ganho de peso de cada animal durante o período de avaliação experimental. O GMD foi calculada por meio da seguinte equação:  $GMD = (PF - PI) / DE$ , em que, GMD é o ganho médio diário; PF é o peso final em kg; PI é o peso inicial em kg; DE é a duração do experimento.

O consumo de matéria seca (CMS) se refere ao consumo de alimentos com base

no seu peso seco, sendo obtida multiplicando a quantidade consumida de cada ingrediente da ração (concentrado e/ou volumoso), pelo respectivo teor de matéria seca (MS) do ingrediente (Gomes et al., 2012). O CMS foi calculado por meio da seguinte equação: CMS = (QCC x MSC) + (QSI x MSS), em que, CMS é o consumo de matéria seca; QCC é a quantidade de concentrado ingerido; MSC é a matéria seca do concentrado; QSI é a quantidade de silagem consumida; MSS é a matéria seca da silagem.

A eficiência alimentar bruta (EA) é a quantidade de peso vivo ganho com o consumo de 1,0 kg de alimento (em base seca) e quanto maior for o valor de EA, melhor será a eficiência alimentar do indivíduo (Gomes et al., 2012). A eficiência foi calculada por meio da seguinte equação: EA = GMD/CMS, em que, EA é a eficiência alimentar bruta; GMD é o ganho de peso médio diário em kg; CMS é o consumo de matéria seca em kg.

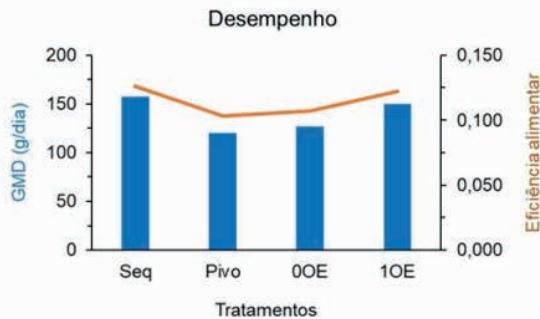
O efeito dos tratamentos sobre as variáveis analisadas foram verificados por meio do PROC MIXED do SAS, considerando 5% de significância. Foram verificados os pressupostos de normalidade com o Teste de Shapiro-Wilk, a homogeneidade de variâncias pelo Teste de Levene, e verificação de presença/ausência de outliers. Atendendo os pressupostos, os dados foram analisados pelo teste *t-Student* para comparação de médias de amostras independentes. Foi avaliado o efeito do fator 1 (forragem produzida no sequeiro ou irrigado), fator 2 (inclusão ou não de 1g de óleo essencial de laranja/kg de MS) e a interação dos fatores (fator 1 × fator 2).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O OEL, caracterizado por possuir elevada concentração de D-limoneno, é mais documentado e esclarecido para a medicina humana e farmacologia devido aos seus benefícios (Soares et al., 2023). No entanto, poucos estudos avaliaram ou relataram o uso de OEL na nutrição de ruminantes como seu principal componente.

Os resultados demonstram que não houve interação entre o tipo de silagem e a inclusão de OEL para nenhuma das variáveis avaliadas. Os tipos de silagem não afetaram o CMS, entretanto a silagem produzida no sequeiro aumentou o GMD (SEQ= 157 g; PIVO= 120 g; P < 0,01) e a eficiência alimentar (SEQ= 0,126; PIVO= 0,103; P= 0,01) (Figura 1).

A inclusão do OEL não afetou o CMS, entretanto, aumentou o GMD (0OEL= 127 g; 1OEL= 150 g; P= 0,02) e a eficiência alimentar (0OEL= 0,107; 1OEL= 0,122; P= 0,05) (Figura 1).



**Figura 1.** Relações de ganho médio diário (GMD) e eficiência alimentar nos diferentes tratamentos (forragem produzida no sequeiro ou irrigado e, inclusão ou não de 1g de óleo essencial de laranja/kg de MS).

A diferença na composição bromatológica das silagens, pode ter afetado o desempenho dos animais. O maior ganho de peso dos cordeiros alimentados com silagem produzida em sistema de sequeiro, pode ser atribuído ao teor de amido (SEQ = 7,28% vs. PIVO = 2.84% na MS), no qual resultou em aumento no GMD em 27 g. A utilização da irrigação potencializou o crescimento da *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás, aumentando a concentração total de fibra (FDN) na silagem, diluindo assim a quantidade total de amido no material. A fibra é definida como um constituinte da dieta indigestível ou de baixa digestibilidade, o que a torna um potencial limitador de desempenho do animal, a depender da quantidade e qualidade desta fibra adicionada a dieta. Quando adotada o uso da irrigação (PIVO), não apenas o teor total de FDN foi aumentado, mas também o teor de lignina, fração indigestível para os animais. Sendo assim, o aumento no teor de amido, o qual possui rápida taxa de fermentação ruminal, e a redução na concentração total de fibra da silagem produzida no sequeiro, podem justificar o melhor desempenho dos animais.

Acredita-se que a utilização de aditivos como o óleo essencial atuam melhorando a digestão, através do estímulo da atividade enzimática o que pode ter melhorado o desempenho dos animais. Além disso, aditivos que modulam a fermentação ruminal visam tornar o processo mais eficiente, minimizando as perdas. Em trabalho realizado por Soares et al. (2023), a inclusão de OEL em dietas de bovinos contendo elevado teor de forragem reduziu as perdas relativas de energia durante o processo de fermentação, garantindo assim um aumento na retenção de energia por parte dos animais, o que pode auxiliar a justificar o aumento no desempenho e na eficiência alimentar obtidos no presente estudo.

Segundo Mertens (1994), o consumo de matéria seca é influenciada por mecanismos psicogênicos, quimiotáticos e de reposição ruminal. Em estudos com ovinos, Dias Junior et. al. (2023) verificaram um aumento no CMS e GMD com o uso de OEL, entretanto, a dieta utilizada pelos autores continha elevado teor de concentrado. Em bovinos, Orzuna-orzuna et al. (2022) constataram que a suplementação dietética com OEL aumentou o CMS, o GMD e a eficiência alimentar. Embora a base da produção mundial de ruminantes

seja a pastagem, estudos realizados in vivo e utilizando forragem como alimento principal são escassos e pouco explorados (Bouwman et al., 2005), sendo necessário mais estudos avaliando estratégias nutricionais e aditivos visando o aumento no desempenho de animais alimentados com dietas a base de forragem.

## CONCLUSÃO

Conclui-se que a utilização de silagem produzida em sistema de sequeiro e/ou a suplementação com óleo essencial de laranja aumentam o desempenho de cordeiros confinados.

## REFERÊNCIAS

Bouwman, A.F.; Van Der Hoek, K.W.; Eickhout, B.; Soenario, I. **Exploring changes in world ruminant production systems**. Agric. Syst. 84, 121–153, 2005.

Dias Junior, P.C.G. **Oleos essenciais de laranja e arnica montana como aditivos alimentares para ovinos**. 2023. 178 f. Tese (Doutorado em Ciencias) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2023.

Gomes, R.C.; Santana, M.H.A.; Ferraz, J.B.S.; Leme, P.R.; Silva, S.L. **Ingestão de alimentos e eficiência alimentar de bovinos e ovinos de corte**. Ribeirão Preto, SP: FUNPEC Editora, 2012.

Medeiros, G.R.; Carvalho, F.F.R.; Batista, A.M.V. **Efeito dos níveis de concentrado sobre as características de carcaça de ovinos Morada Nova em confinamento**. Rev. Bras. Zootec., v.38, p.718-727, 2009.

Mertens, D.R. **Regulation of Forage Intake**. In: forage Quality, Evaluation and Utilization. John Wiley & Sons, Ltd 450–493, 1994.

Orzuna-orzuna, J.F.; Dorantes-iturbide, G.; Lara-bueno, A.; Miranda-romero, L.A.; Mendoza-martínez, G.D.; Santiago-figueroa, I. **A Meta-analysis of essential oils use for beef cattle feed: rumen fermentation, blood metabolites, meat quality, performance and, environmental and economic impact**. Ferment, 8, 254, 2022.

Pereira, R.G.A.; Townsend, C.R.; Costa, N.L.; Magalhães, J.A. **Processos de ensilagem e plantas a ensilar**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2008. 18 p. (Embrapa Roraima. Documentos, 124).

Rolim, G. D. S.; Camargo, M. B. P. D.; Lania, D. G.; Moraes, J. F. L. D. **Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo**. Bragantia, 66, p. 711-720, 2007.

Soares, L.C.B., Pires, A.V., Dias Junior, P.C.G., dos Santos, I.J., Assis, R.G., Perna Junior, F., Rodrigues, P.H.M., Biava, J.S., Ferreira, E.M., Polizel, D.M. 2023. **Doses of orange (*Citrus sinensis*) essential oil for Nellore steers fed with a forage-based diet**. Live. Sci., 277, 105357.

Venturini, R.S.; Carvalho, S.; Pires, C.C.; Pacheco, P.S.; Pellegrin, A.C.R.S.; Moro, A.B.; Lopes, J.F.; Martins, A.A.; Bernardes, G.M.C.; Simões, R.R.; Menegon, A.L.; Motta, J.H. **Consumo e desempenho de cordeiros e borregos alimentados com dietas de alto concentrado de milho ou sorgo**. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.68, n.6, 1638-1646, 2016.

## CAPÍTULO 2

# USO DA PRÓPOLIS NA AQUACULTURA DE PEIXES DE ÁGUA DOCE

---

Data de submissão: 11/09/2024

Data de aceite: 01/11/2024

### **Guilherme de Oliveira Silva Cardoso**

Universidade Federal de São João del-Rei, Departamento de Zootecnia - UFSJ  
São João del-Rei – Minas Gerais

### **Bruna Ramos de Almeida**

Universidade Federal de São João del-Rei, Departamento de Zootecnia - UFSJ  
São João del-Rei – Minas Gerais

### **Thalita Milena dos Santos**

Universidade Federal de São João del-Rei, Departamento de Zootecnia - UFSJ  
São João del-Rei – Minas Gerais

### **Catharina Mencinauskis Amador**

Universidade Federal de São João del-Rei, Departamento de Zootecnia - UFSJ  
São João del-Rei – Minas Gerais

### **Bruno Tatagiba de Souza**

Universidade Federal de São João del-Rei, Departamento de Zootecnia - UFSJ  
São João del-Rei – Minas Gerais

### **Rafany de Oliveira Ermenegildo**

Universidade Federal de São João del-Rei, Departamento de Zootecnia - UFSJ  
São João del-Rei – Minas Gerais

### **Julia Dias Gomes de Castro**

Universidade Federal de São João del-Rei, Departamento de Zootecnia - UFSJ  
São João del-Rei – Minas Gerais

### **Eduardo Pahor-Filho**

Universidade Federal de São João del-Rei, Departamento de Zootecnia - UFSJ  
São João del-Rei – Minas Gerais

**RESUMO:** A piscicultura apresenta-se atualmente como atividade aquícola em crescimento, além de uma excelente oportunidade de renda ao produtor rural. Dentre as espécies nativas de peixes de água doce, o lambari-do-rabo-amarelo (*Astyianax altiparanae*) é uma ótima alternativa de criação, pois possui crescimento acelerado e um ciclo de produção rápido quando comparado a outras espécies. No Brasil, diversos estudos têm sido realizados com alimentação de peixes de água doce, especialmente usando substâncias naturais. Nesta linha, a própolis é um composto resinoso e balsâmico, contendo propriedades antimicrobianas, imunoestimulantes e antioxidantes, sendo uma excelente alternativa para o uso como suplemento alimentar de peixes. Neste capítulo, apresentamos características zootécnicas do lambari-do-rabo-amarelo, bem como as principais propriedades da própolis e seu uso na aquacultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Própolis, criação de

peixes, produtividade, suplemento alimentar.

**ABSTRACT:** Fish farming is currently a growing aquaculture activity, in addition to being an excellent income opportunity for rural producers. Among the native species of freshwater fish, the yellowtail lambari (*Astyanax altiparanae*) is an excellent alternative for breeding, as it has accelerated growth and a fast production cycle when compared to other species. In Brazil, several studies have been carried out on freshwater fish feed, especially using natural substances. In this line, propolis is a resinous and balsamic compound, containing antimicrobial, immunostimulant and antioxidant properties, being an excellent alternative for use as a fish feed supplement. In this chapter, we present zootechnical characteristics of the yellow-tailed lambari, as well as the main properties of propolis and its use in aquaculture.

**KEYWORDS:** Propolis, fish farming, productivity, feed supplement.

## PANORAMA DA AQUICULTURA NO BRASIL NOS ÚLTIMOS DEZ ANOS

No Brasil, o crescimento da aquicultura é impulsionado por vários fatores, incluindo um mercado consumidor abrangente, recordes na produção de carne, diversificação na indústria de rações, disponibilidade de recursos hídricos e áreas propícias para a instalação de tanques e viveiros escavados (FAO, 2022). Segundo Valenti et al., (2021), a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), uma espécie exótica, detém a maior produção comercial brasileira, seguida pelos peixes nativos redondos, como o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e o tambaqui (*Colossoma macropomum*). Atualmente, a aquicultura brasileira está representada em cinco grandes grupos: peixes de água doce (tilápia e peixes redondos), camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii*), rã-touro (*Lithobates catesbeianus*), camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) e moluscos marinhos (mexilhões e ostras).

No Estado de Minas Gerais, a produção de peixes tem crescido desde 2020 atingindo o patamar de 61.600 t de peixes produzidos em 2023, sendo a tilápia a espécie mais produzida, seguida pelos peixes nativos como matrinxás, lambaris e pacu. Por último, há o registro da produção de “outros”, especificamente espécies exóticas como o pangasius, carpas e bagre africano (Figura 1, Peixe BR, 2024).

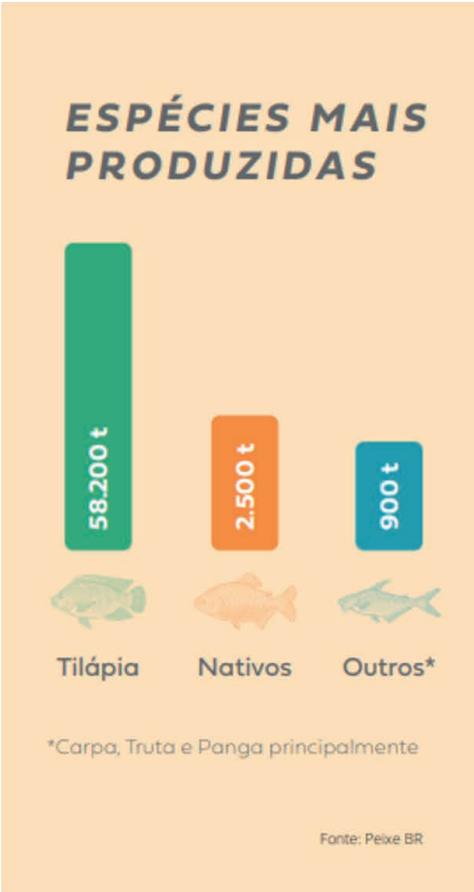


Figura 1 – Produção de peixes e espécies mais produzidas no Estado de Minas Gerais em toneladas (t). Peixe BR (2024).

## PISCICULTURA E A CRIAÇÃO DO LAMBAKI-DO-RABO-AMARELO

A piscicultura é uma atividade praticada em todo o Brasil, com crescimento constante, gerando cerca de 3 milhões de empregos diretos e indiretos e 9 bilhões de reais para a receita do país. Recentemente, houve um salto de 48,6% na produção de peixe do país, de 578.800 T em 2014 para 887.029 T em 2023, (ano em que houve 3,1% de crescimento), já contando peixes nativos e exóticos (Peixe BR, 2024). Dentre as espécies de lambaris produzidas no país, o lambari-do-rabo-amarelo *Astyanax altiparanae* vem se destacando com significativo aumento em sua produção nos últimos anos. Os lambaris são caracídeos neotropicais com tamanho comercial variando, aproximadamente, entre 8 e 15 cm. No Brasil, sua produção aumentou 181,6% em 2016 (234,7 T) para 661 T em 2019, sendo muito utilizados em programas de repovoamento de rios sul-americanos, na alimentação humana e como isca viva (Abreu et al., 2022).

O lambari-do-rabo-amarelo (Figura 2) é uma espécie de peixe nativo, amplamente

distribuída no Brasil, de pequeno porte e euritérmica, atendendo diversos nichos do mercado consumidor, como carne para petisco, iscas vivas, pesque-pague e espécimes vivos para venda a piscicultores (Silva et al., 2011). Já em relação ao desempenho produtivo, apresenta taxa de crescimento, ganho de peso e conversão alimentar melhores que outros peixes nativos (Yasui et al., 2020). Seu ciclo de produção é rápido (3,5 a 4 meses), sendo considerada uma espécie ideal para a criação em sistemas de aquacultura (Silva et al., 2011). Destaca-se como espécie almejada na aquicultura brasileira, com estudos relevantes em reprodução (Abreu et al., 2022), controle do estresse (Oliveira et al., 2019), genética (Nascimento et al., 2020), nutrição (Campelo et al., 2020) e biotecnologia (Muñoz-Peña et al., 2024).



Figura 2 – Lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*). Macho acima (menor, contém nadadeira anal áspera) e fêmea abaixo (maior, mais comprida e com nadadeira anal lisa). Foto: Embrapa.

## ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO DE PEIXES

A nutrição e alimentação dos peixes leva em consideração os principais nutrientes, como proteínas, lipídeos, vitaminas e sais minerais, necessários ao crescimento, desenvolvimento e reprodução de diferentes espécies de interesse aquícola. Assim, cada espécie possui suas exigências nutricionais, o que deve ser observado antes de dar início à produção (Pezzato et al., 2004). O hábito alimentar dos peixes pode ser dividido em quatro tipos: os detritívoros, que se alimentam de sedimentos animais e vegetais em decomposição; os herbívoros, que se alimentam de plantas aquáticas e fitoplâncton; os onívoros, que se alimentam de proteína de origem animal e vegetal; e os carnívoros, que se alimentam exclusivamente de proteína de origem animal. Identificar o hábito alimentar e

fornecer uma alimentação balanceada é essencial para a manutenção da saúde dos peixes (Fracalossi et al., 2012).

## PRÓPOLIS, UMA SUBSTÂNCIA PRODUZIDA POR ABELHAS

Própolis é uma palavra derivada do grego em que pró significa “em proteção”, enquanto poli, “cidade ou comunidade”, ou seja, algo como “em proteção da comunidade”. Trata-se de uma mistura complexa de várias substâncias naturais, composta por material resinoso e balsâmico coletado pelas abelhas (*Apis mellifera* e abelhas sem ferrão) de ramos, flores, pólen, secreções e exsudatos de árvores mais as secreções salivares das abelhas (Burdock, 1998), utilizada para vedar frestas e embalsamar invasores na colmeia, evitando sua decomposição, funcionando como um agente antimicrobiano. Após a coleta, as abelhas adicionam secreções salivares e enzimas, compondo a própolis dentro da colmeia (Salatino et al., 2005; Lustosa et al, 2008). A própolis é constituída por vários componentes, incluindo fenóis, ésteres, terpenos, hidrocarbonetos, açúcares e minerais. Relata-se também que a própolis contém diversos compostos bioativos, como flavonas, flavonóis, flavanóis, diidroflavonol, flavanonas e fenólicos totais, estando estas substâncias intimamente ligadas à atividade biológica da própolis (Farag, 2021).

## PRÓPOLIS E OS BENEFÍCIOS EM ANIMAIS

A própolis é uma substância natural utilizada como suplemento humano, podendo ser adotado para a saúde animal, contendo funções terapêuticas e propriedades farmacológicas (Sforcin e Bankova, 2011). Na literatura científica, dados evidenciam propriedade antibacteriana, antitumoral, cariostática, antioxidante, antiviral, hepatoprotetora e antimicrobiana. Também há relatos de propriedade imunomoduladora, anti-inflamatória, antidiabética e antiparasitária. Tal resina é constituída por uma grande variedade de biomoléculas, incluindo fenóis, ésteres, terpenos, hidrocarbonetos, açúcares e minerais.

## TIPOS DE PRÓPOLIS BRASILEIRAS

No Brasil, existem basicamente três tipos de própolis mais comuns, variando em relação à localidade de coleta e produção pelas abelhas, cor, odor e propriedades biológicas. De forma geral, a própolis contém em sua composição química 50-60 % de resinas e bálsamos, 30-40 % de ceras, 5-10 % de óleos, 5 % de pólen, minerais (Al, Ca, Mn, Fe, Cu) e vitaminas (complexo B, C e E). No entanto, tal composição pode variar em relação a cada tipo de própolis e região. A própolis verde é produzida a partir de resina e pólen extraídos do alecrim-do-campo (*Baccharis dracunculifolia*), planta encontrada em regiões de cerrado e Mata Atlântica. Já a própolis vermelha contém resina e pólen extraídos da planta de mangue rabo-de-bugio (*Dalbergia ecastophyllum*), encontrada nas regiões Norte

e Nordeste, possuindo forte atividade antimicrobiana e antioxidante quando comparada aos outros tipos. E por último, a própolis marrom, é o tipo mais comum e não necessita de flores ou plantas específicas para a sua produção, podendo ser uma mistura de resinas e pólen. É normalmente encontrada nas regiões Sul e Sudeste, pode ser produzida a partir da laranjeira (*Citrus sinensis*), do eucalipto (*Eucalyptus spp.*) e outras e suas propriedades biológicas são menos destacadas quando comparadas às própolis verde e vermelha (Farag, 2021).

## PRÓPOLIS NA ALIMENTAÇÃO DE PEIXES E RÃS

Estudos demonstram que a própolis pode ser utilizada, com segurança, em peixes de produção, melhorando parâmetros produtivos e, inclusive, a saúde dos animais. Segundo Acar (2018), efeitos promissores da própolis foram observados no crescimento e na resposta imune específica em tilápia moçambicana (*O. mossambicus*) contra *Streptococcus iniae*. Após uma suplementação de 60 dias com extrato etanólico de própolis, os peixes foram expostos à *S. iniae* em concentração de  $9 \times 10^1$  UFC/mL. em relação ao crescimento e taxa de sobrevivência, os peixes suplementados com 2 e 4 g/kg<sup>-1</sup> de própolis obtiveram desempenho superior aos outros grupos, com taxas de sobrevivência de 72,55% e 68,63%, respectivamente.

Em outro estudo, a própolis causou uma redução do estresse oxidativo em trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Neste experimento, os peixes foram submetidos à alimentação com superdosagem de oxitetraciclina (100 mg/kg) por 14 dias, apresentando imunossupressão pela redução do número de leucócitos, produção de radicais oxidativos, proteínas plasmáticas e baixos níveis de imunoglobulinas. Ao serem tratados por mais 14 dias com 50 mg/kg de própolis na dieta, o quadro imunossupressivo e o estresse oxidativo foram reduzidos (Yonar et al., 2011). Por outro lado, há registros de estudos evidenciando a ação da própolis no aumento de linfócitos circulantes e centros de melanomacrófagos (Dotta et al., 2018), atividade bactericida e atividade modulatória *in vitro* de leucócitos (Soltani et al., 2017), melhoria da atividade de enzimas digestivas (Eslami et al., 2022) e redução de picos de cortisol em frio extremo (Islam et al., 2024). Por fim, foi observado que a própolis suplementada na ração melhorou a conversão alimentar e o ganho de peso de tilápia nilótica (ABD-EI-Rhma, 2009), assim como o ganho de peso, aceleração da metamorfose e aumento de monócitos circulantes em girinos de rã-touro (Arauco et al., 2007), demonstrando assim, o potencial desta substância no desempenho zootécnico de organismos aquáticos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A PRÓPOLIS E SEU POTENCIAL COMO SUPLEMENTO ALIMENTAR PARA PEIXES

Com base nos estudos citados neste trabalho, é possível observar que a própolis

usada como suplemento alimentar possui diversas propriedades que podem melhorar a saúde de organismos aquáticos, inclusive os parâmetros produtivos. Novos estudos nas áreas e nutrição e alimentação, parasitologia, imunidade e sistema antioxidante são necessários, analisando a ação da própolis na saúde de peixes nativos como os lambaris, peixes redondos, matrinxás, piaus e outros, assim como em diferentes tipos de sistemas de produção como tanques e viveiros escavados.

## REFERÊNCIAS

- ABD-El-Rhma, A. M. M. 2009. Antagonism of *Aeromonas hydrophila* by propolis and its effect on the performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish & Shellfish Immunology*, 27: 454-459.
- Abreu, M.R., Silva, L.M.J., Figueiredo-Ariki, D.G., Sato, R.T., Kuradomi, R.Y., Batlouni, S.R. 2022. The effect of LHRHa with and without dopamine antagonist on reproductive performance in lambari *Astyanax altiparanae*. *Aquaculture*, 550: 1-11.
- Acar, Ü. 2018. Effects of diet supplemented with ethanolic extract of propolis on growth performance, hematological and serum biochemical parameters and disease resistance of Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*) against *Streptococcus iniae*. *Aquaculture*, 1-6.
- Arauco, L.; Stéfani, M.; Nakaghi, L. 2007. Efeito do extrato hidroalcoólico de própolis no desempenho e na composição leucocitária do sangue de girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana*). *Acta Scientiarum* 29: 227-234.
- Burdock, G. A. Review of the biological properties and toxicity of bee propolis (propolis). *Food and Chemical Toxicology* 36: 347-363, 1998.
- Campelo, D.A.V., Salaro, A.L. Moura, L.B. 2020. Optimal dietary methionine + cystine requirement for finishing lambari, *Astyanax altiparanae*. *Aquaculture Research*. 51:58-68.
- Dotta, G., Andrade, J.I.A. Garcia, P. 2018. Antioxidant enzymes, hematology and histology of spleen in Nile tilapia fed supplemented diet with natural extracts challenged with *Aeromonas hydrophila*. *Fish and Shellfish Immunology* 79: 175-180.
- Eslami, M., Zaretabar, A., Dawood, M.O.A. 2022. Can dietary ethanolic extract of propolis alter growth performance, digestive enzyme activity, antioxidant, and immune indices in juvenile beluga sturgeon (*Huso huso*)? *Aquaculture* 552: 1-8.
- FAO, 2022. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). O estado da Segurança Alimentar e Nutricional no Brasil: Um retrato multidimensional.
- Farag, M. R., Abdelnour, S. A., Patra, A. K., Dhamma, K., Dawood, M. A O., Elsnesr, S. S., Alagawany, M. 2021. Propolis: Properties and composition, health benefits and applications in fish nutrition. *Fish and Shellfish Immunology* 115, 1-12.
- Fracalossi, D.M.; Cyrino, J.E.P. 2012. NUTRIAQUA: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis: Sociedade Brasileira e Aquicultura e Biologia Aquática. 375 p.
- Islam M.J., Puebla, O., Kunzmann, A. 2024. Mitigation of extreme winter stress in European seabass, *Dicentrarchus labrax* through dietary supplementation. *Aquaculture* 587: 1-15.

Lustosa, S. R., Galindo, A. B., Nunes, L. C. C., Randau, K. P., Neto, P. J. R., 2008. Própolis: atualizações sobre a química e a farmacologia. Revista Brasileira de Farmacognosia, 18: 447-454.

Muñoz-Peña, M., Nostro, F.L.L., Gomes, A.D.O. 2024. A biomarker approach to study the effects of polluted Brazilian urban reservoirs in a native fish. Science of the Total Environment 923, 1-12.

Nascimento, N.F., Monzanib, P.S., Pereira-Santos, M. 2020. The first case of induced gynogenesis in Neotropical fishes using the yellowtail tetra (*Astyanax altiparanae*) as a model organism. Aquaculture 514, 1-9.

Oliveira, R.H.F., Pereira, E.M., Viegas, E.M.M. 2019. Clove oil attenuates stress responses in lambari, *Astyanax altiparanae*. Aquaculture Research, 50: 3350-3356.

Peixe BR. 2024. Brasil produz 887.029t de peixes de cultivo. Editora SP, 63p.

Pezzato, L.E.; Barros, M.M.; Fracalossi, D.M.; Cyrino, J.E.P. 2004. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSI, D.M.; CASTAGNOLLI, N. (Eds.). Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. São Paulo: TecArt. cap. 5, p. 75-169.

Salatino, A., Teixeira, E.W., Negri, G., Message, D. 2005. Origin and chemical variation of Brazilian propolis. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine 2, 33-38.

Sforcin, J.M., Bankova, V. 2011. Propolis: Is there a potential for the development of new drugs? Journal of Ethnopharmacology 133: 253–260.

Silva, T.S.C., Ota, E.C., Inoue, L.A.K.A. 2021. Manejo alimentar de tilápias de 1 g: efeito da taxa e frequência de alimentação no crescimento e custo da produção em diferentes temperaturas, Dourados – MS, Embrapa 1-12.

Soltani, E.K., Cerezuela, R., Charef, N. 2017. Algerian propolis extracts: Chemical composition, bactericidal activity and in vitro effects on gilthead seabream innate immune responses. Fish and Shellfish Immunology 62: 57-67.

Valenti, W.C., Barros, H.P., Moraes-Valenti, P., Bueno, G.W., Cavalli, R.O. 2021. Aquaculture in Brazil: past, present and future. Aquaculture Reports 19, 1-18.

Yasui, G.S., Porto-Foresti, F., Castilho-Almeida, R.B., Senhorini, J.A., Nascimento, N.F., Foresti, F. Biologia e criação do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*). In: Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Baldissserotto, B. 3<sup>a</sup> edição, 544p.

Yonar, M.E., Yonar, S.M., Silici, S. 2011. Protective effect of própolis against oxidative stress immunosuppression induced by oxytetracycline in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, W). Fish and Shellfish Immunology, 1-8.

# CAPÍTULO 3

## ASPECTOS DA POLIPLOIDIA COMO FERRAMENTA PARA A PISCICULTURA

---

Data de submissão: 08/10/2024

Data de aceite: 01/11/2024

### **Gilmar Amaro Pereira**

Universidade Federal do Vale do São Francisco  
(UNIVASF)  
Petrolina – PE

<http://lattes.cnpq.br/0224665947793484>

### **Mateus Goncalves de Freitas**

Universidade Federal do Vale do São Francisco  
(UNIVASF)  
Petrolina – PE

<http://lattes.cnpq.br/4263180928144040>

### **Rafael Silva Marchão**

Universidade Federal do Vale do São Francisco  
(UNIVASF)  
Petrolina - PE

<http://lattes.cnpq.br/2846114784139547>

### **Rafael Carvalho da Silva**

Universidade Federal do Vale do São Francisco  
(UNIVASF)  
Petrolina – PE

<http://lattes.cnpq.br/7430442264837095>

### **Aline da Silva Rocha**

Universidade Federal da Bahia  
(UFBA)  
Salvador - BA

<https://lattes.cnpq.br/5893766149453264>

### **Vanessa Ferreira Batista**

Universidade Federal da Bahia  
(UFBA)  
Salvador – BA

<https://lattes.cnpq.br/942241852424720>

### **Guilherme Araújo Santana**

Universidade Federal do Vale do São Francisco  
(UNIVASF)  
Petrolina - PE

<https://orcid.org/0009-0004-9034-1833>

### **Maylanne Sousa de Lima**

Universidade Federal do Maranhão  
Chapadinha – MA  
(UFMA)

<https://lattes.cnpq.br/6517309368351180>

### **João Paulo Honorato da Silva**

Universidade Federal do Vale do São Francisco  
(UNIVASF)  
Petrolina – PE

<http://lattes.cnpq.br/7643920205125040>

### **José Aldemy de Oliveira Silva**

Universidade Federal do Vale do São Francisco  
(UNIVASF)  
Petrolina - PE

<http://lattes.cnpq.br/2558599422467752>

**David Ramos da Rocha**

Universidade Federal do Vale do São Francisco  
(UNIVASF)  
Petrolina – PE  
<http://lattes.cnpq.br/5911366166093310>

**José Fernando Bibiano Melo**

Universidade Federal do Vale do São Francisco  
(UNIVASF)  
Petrolina – PE  
<http://lattes.cnpq.br/3763200072246495>

**RESUMO:** A aquicultura no Brasil tem potencial devido às boas condições naturais e pelo clima favorável. A demanda global por proteínas derivadas de pescado tem aumentado constantemente ao longo das últimas décadas, e deverá continuar aumentando devido ao crescimento da população, urbanização e demanda por alimentos saudáveis. Portanto, é notável a necessidade de implantar programas de melhoramento genético para estas espécies, tanto por meio da seleção clássica quanto da aplicação da manipulação cromossômica. A poliploidia começou a ser estudada por geneticistas no período de 1910 a 1930. Indivíduos poliploides são organismos com a adição de um ou mais conjuntos de cromossomos, o objetivo é inibir os mecanismos que levariam à expulsão do segundo corpúsculo polar na metáfase II da meiose, retendo, no ovo dois conjuntos cromossômicos maternos, resultando em um zigoto triploide. Várias técnicas de indução à poliploidia de organismos aquáticos vêm sendo aplicadas, tais como: a técnica de indução que usa choque térmico, pressão hidrostática, tratamentos químicos, choques elétricos, ou a criação de diploides com reprodutores tetraploides. Várias técnicas de identificação podem avaliar a poliploidia de um indivíduo como a estimativa do tamanho de hemácias medir o volume nuclear ou o diâmetro dos eritrócitos analisando marcadores genéticos como alozymes e microssatélites e análise citogenética. Assim, são necessários estudos que viabilizem e ajustem os protocolos, como por exemplo, o uso de choque elétrico ou químico para que possam obter mais eficiência na técnica de poliploidia nos peixes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reprodução; gametas; divisão celular; cromossomo

## ASPECTS OF POLYPLOIDY AS A TOOL FOR FISH FARMING

**ABSTRACT:** Aquaculture in Brazil has potential due to good natural conditions and a favorable climate. Global demand for fish-derived proteins has steadily increased over the past few decades, and is expected to continue to increase due to population growth, urbanization and demand for healthy foods. Therefore, the need to implement genetic improvement programs for these species is notable, both through classical selection and the application of chromosomal manipulation. Polyploid began to be studied by geneticists in the period from 1910 to 1930. Polyploid individuals are organisms with the addition of one or more sets of chromosomes, the objective is to inhibit the mechanisms that would lead to the expulsion of the second polar body in metaphase II of meiosis, retaining two maternal chromosome sets in the egg, resulting

in a triploid zygote. Various techniques for inducing polyploidy in aquatic organisms have been applied, such as: the induction technique that uses thermal shock, hydrostatic pressure, chemical treatments, electric shocks, or the creation of diploids with tetraploid reproductives. Various identification techniques can assess an individual's polyploidy such as estimating the size of red blood cells, measuring nuclear volume or erythrocyte diameter by analyzing genetic markers such as allozymes and microsatellites and cytogenetic analysis. Therefore, studies are needed to enable and adjust protocols, such as the use of electric or chemical shock, so that they can obtain more efficiency in the polyploidy technique in fish.

**KEYWORDS:** Reproduction; gametes; cell division; chromosome

## 1 | CENÁRIO DA AQUICULTURA

A demanda global por proteínas derivadas de pescado tem aumentado constantemente ao longo das últimas décadas, e deverá continuar aumentando devido ao crescimento da população, urbanização e demanda por alimentos saudáveis. Neste contexto, a aquicultura é a alternativa mais viável para aumentar a oferta de pescado (FAO, 2016; FAO, 2018).

Essa crescente demanda fez com que em 2016 houvesse aumento expressivo na produção de peixes com 54,1 milhões de toneladas, seguido de algas, com 30,1 milhões de toneladas, moluscos, com 17,1 milhões de toneladas e crustáceos, com 7,9 milhões de toneladas produzidas. A previsão é de que o consumo mundial “per capita” de pescado alcance 21,5 kg em 2030, valor superior aos 20,3 kg registrados em 2016 (FAO, 2018).

A aquicultura no Brasil tem potencial devido às boas condições naturais e pelo clima favorável. Este potencial está relacionado ao espaço físico em abundância com a sua extensão costeira de mais de oito mil quilômetros, zona econômica exclusiva de 3,5 milhões de km<sup>2</sup> e a dimensão territorial, que dispõe de, aproximadamente, 13% da água doce renovável do planeta, abrigando 2.300 espécies de peixes dulcícolas e 1.298 marinhas (KUBITZA, 2015).

A piscicultura brasileira produziu no total 485,2 mil toneladas em 2017 (redução de 2,6% em relação ao ano anterior), com aumento na produção, nas regiões Nordeste, Sul, Centro-Oeste e com grande queda na Região Norte, anteriormente líder do ranking. O Paraná assumiu a liderança entre os estados produtores, após um aumento considerável na despesa, seguido por São Paulo, Rondônia e Mato Grosso (IBGE, 2018).

Cultivo de peixes redondos acompanha a tendência mundial de produção de pescados, apresentando crescimento expressivo no Brasil nos últimos anos, igualando-se à produção de tilápias em 2013/2014 (IBGE, 2018). A segunda espécie mais criada no Brasil foi o tambaqui (*Colossoma macropomum*), com 27% do total de peixes em 2016, atrás apenas da espécie exótica tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

## **2 | MANIPULAÇÃO GÊNICA**

Na manipulação cromossômica, conjuntos de cromossomos podem ser adicionados ou subtraídos durante os processos de divisão celular (meiose e mitose) (ARAI, 2001). Como resultado, podem-se produzir três organismos: poliploide, ginogênese e androgênese (KOMEN et al., 2007). Esta tecnologia pode ser realizada pela interferência física ou funcional nos cromossomos, durante o ciclo celular, através de agentes físicos (choques térmicos, pressão hidrostática, raios UV) ou agentes químicos (PIFERRER et al., 2009). São dois os objetivos que têm impulsionado as pesquisas nesta área. O primeiro se dá pelo interesse em manipular grupos completos de cromossomos de dada espécie, conhecido como poliploidização. O segundo é adquirir o genoma de indivíduos que contenham apenas um dos parentais, técnica conhecida como ginogênese ou androgênese (MOLINA; JACOBINA, 2013).

O uso dessa biotecnologia é basicamente empregado para a obtenção de indivíduos sexualmente invertidos. Estes animais geneticamente manipulados poderão estabelecer os cultivos para peixes monosexo, estéreis ou endogâmicos, para fins de produção de pescado ou constituindo materiais genéticos a serem trabalhados pelos geneticistas (BRABO et al., 2016).

Portanto, é notável a necessidade de implantar programas de melhoramento genético para estas espécies, tanto por meio da seleção clássica quanto da aplicação da manipulação cromossônica.

Considerando que o tambaqui é bem adaptado ao manuseio e manutenção em laboratório, diversos aspectos da sua fisiologia, nutrição, bioquímica e ecologia já foram estudados (VILLACORTA-CORREA; SAINT-PAUL, 1999).

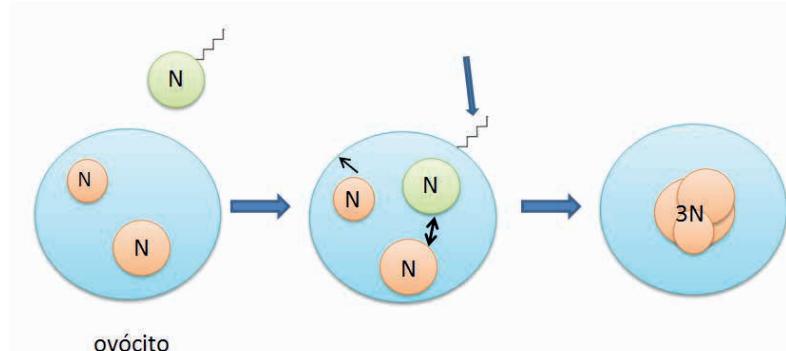
## **3 | POLIPLOIDIA APLICADA A PEIXES TRIPLOIDES**

A poliploidia começou a ser estudada por geneticistas no período de 1910 a 1930, por meio da elucidação da duplicação do genoma, com efeitos na melhor adaptação e resultados em culturas. Estudos citogenéticos realizados nos anos seguintes (1930 a 1950) sugeriram que os poliploides são maiores (folhagem e hastes mais resistentes e altura superior) do que os diploides. O estudo foi generalizado nas plantas e ocorre também nos vertebrados inferiores: peixes, anfíbios e répteis (RAMSEY et al., 2014).

Essa ferramenta passou a ser utilizada na produção de peixes em escala industrial mundial somente durante as décadas de 1980 e 1990. As principais espécies triploides que são produzidas em larga escala são as trutas, salmões e carpas (DUNHAM et al., 2001). Entretanto, no Brasil, estas biotecnologias genéticas ainda não alcançaram a indústria da aquicultura para as espécies nativas, pois só foram realizados testes experimentais.

Indivíduos poliploides são organismos com a adição de um ou mais conjuntos de

cromossomos, o objetivo é inibir os mecanismos que levariam à expulsão do segundo corpúsculo polar na metáfase II da meiose, retendo, no ovo dois conjuntos cromossômicos maternos, resultando em um zigoto triploide (Figura 1). As pesquisas de indução à poliploidia são geralmente voltadas para obtenção de indivíduos triploides ( $3N$ ). É considerada uma das técnicas mais importantes para alcançar a melhoria dos animais aquáticos (KIR et al., 2016). Comumente, reconhecida como o método mais prático para a produção de indivíduos estéreis, a indução à poliploidia pode ser feita, diretamente, pelo tratamento aplicado nos ovos, logo após o processo de fecundação, através de tratamentos físicos ou químicos; ou indiretamente, pela produção de reprodutores tetraploides e posteriormente, cruzamento destes com os indivíduos diploides (TABATA, 2008; ALCÁNTAR-VÁZQUEZ, 2016).



**Figura 1** - Processo de triploidização. Logo após a fertilização um choque é aplicado para evitar a liberação do segundo corpúsculo polar, originando um zigoto triploide ( $3n$ ).

Fonte: Adaptado por Lutz (2003).

A poliploidia é relativamente comum em peixes, quando comparados com outros vertebrados. Muitos peixes comerciais como *Salmonídeos*, *Cobítideos* e *Silurídeos* são mais induzidos a poliploidia. Além disso, foram relatados casos espontâneos de peixes  $3N$ , como por exemplo, *Misgurnus anguillicaudatus*, *Carassius carassius gibelio* e *Oncorhynchus mykiss* (NA-NAKORN et al., 2015). Alguns crustáceos ou moluscos utilizados na aquicultura, como *Procambarus clarkii* e *Panulirus japonicus* são naturalmente poliploides ou evoluíram de ancestrais poliploides (ZHOU et al., 2017).

## 4 | TÉCNICA DE INDUÇÃO À TRIPLOIDIA

Várias técnicas de indução à poliploidia de organismos aquáticos vêm sendo aplicadas, tais como: a técnica de indução que usa choque térmico (KARAMI et al., 2016), pressão hidrostática (XU et al., 2008; GIL et al., 2016), tratamentos químicos, ou a criação de diploides com reprodutores tetraploides. Mais recentemente trabalhos vêm sendo feitos com choques elétricos, como relatado por Hassan et al. (2018). O choque térmico é o mais facilmente aplicado devido ao baixo custo, maior massa de ovos a ser submetida e maior

nível de segurança.

A Tabela 1 apresenta de forma comparativa, as pesquisas feitas em peixes para a indução de organismos poliploides, relacionando o método utilizado juntamente com o tempo. O choque frio é um método útil para a indução em algumas espécies como *Clarias gariepinus* com 5°C por 40 minutos (KARAMI et., 2016); em um estudo com híbridos de bagre (*Clarias macrocephalus* × *Clarias gariepinus*) foram testados diferentes tempos e temperaturas pós-fertilização (PARVEN; GALLARDO, 2014); trabalhando com *Rhamdia quelen*, foram utilizados choques duplos: frio (1 °C) e quente (37, 39, 41° C) (GARCÍA et al., 2017).

Espécie	Temperatura <sup>1</sup>	Tempo <sup>2</sup>	Citação	
<i>Pangasianodon hypophthalmus</i>	42° C	2,5 min	HARTAMI et al., 2018	
<i>Rhamdia quelen</i>	37° C - 1° C	2 min /20 min	GARCÍA et al., 2017	
	39° C - 1° C			
	41° C- 1° C			
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	28° C	10 min	BABAHEYDARI et al., 2016.	
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	26,5° C	3 min	BEKCAN et al., 2016	
	30,5 °			
<i>Clarias gariepinus</i>	5° C	20 min	KARAMI et al., 2016	
Híbridos de bagre ( <i>Clarias macrocephalus</i> × <i>Clarias gariepinus</i> )	2° C	10 min	PARVEN;GALLARDO, 2014	
	4° C	15 min		
	6° C	20 min		
	38° C	1 min		
	40° C	2,5 min		
	42° C	4 min		
<i>Oreochromis mossambicus</i>	41° C	5 min	JAYAPRASAD et al., 2011	
<i>Oreochromis mossambicus</i>	41° C	3,5 min	PRADEEP et al., 2012	
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	7° C	30 min	SABER et al., 2012	
	38° C	1min		
	40° C			
	42° C			
<i>Clarias batrachus</i>	1° C	15 min	VENKATACHALAM et al., 2012	
	3° C	30 min		
	4° C			
	38° C	1 min		
	39° C	3 min		
	40° C			

Híbrido: <i>Labeo rohita</i> x <i>Cirrhinus cirrhosus</i>	38° C	1 min	RAHI et al., 2012
		1,5 min	
		2 min	
		3 min	
	39° C	1 min	
		1,5 min	
		2 min	
		3min	
	40° C	1 min	
		1,5 min	
		2 min	
		3 min	
	41° C	1 min	
		1,5 min	
		2 min	
		3min	
<i>Clarias gariepinus</i>	0° C	15 min	MARX et al., 2007
		30 min	
		45 min	
		60 min	
	5° C	15 min	
		30 min	
		45 min	
		60 min	
	40° C	1 min	
		2 min	
		3 min	
	41° C	1 min	
		2 min	
		3 min	
<i>Cyprinus carpio</i> linn	40° C	1,5 min	MUKTI, 2012

<sup>1</sup>Temperatura do coque térmico em graus Celsius; <sup>2</sup>Durção do coque térmico em minutos.

**Tabela 1** - Parâmetros relatados para indução de triploidia em várias espécies de peixes utilizando técnicas por meio de temperaturas.

## 5 | IDENTIFICAÇÃO DE ORGANISMOS TRIPLOIDES

Várias técnicas de identificação podem avaliar a poliploidia de um indivíduo. A estimativa do tamanho de hemácias pelo uso de um contador Coulter é mais comumente usada na produção comercial de carpa capim nos Estados Unidos. Outros métodos incluem medir o volume nuclear ou o diâmetro dos eritrócitos por microscopia, analisando marcadores

genéticos como alozymes e microssatélites e análise citogenética (DOLEZEL et al., 2007). Embora a correlação entre os métodos seja alta, algumas classificações erradas podem ocorrer. As características de cada técnica variam com relação à confiabilidade, precisão, tempo requerido, riscos químicos, conhecimento necessário, invasão de amostragem e gasto (MUKTI et al., 2016).

A medição por citometria de fluxo do DNA nuclear é menos suscetível a erros do que os outros métodos, fornecendo uma confiabilidade indiscutível da poliploidia e oferece a vantagem de usar células de outros tecidos além do sangue, como partes da nadadeira dorsal, globos oculares, embriões, ovos e larvas (JENKINS et al., 2017).

Desta forma, a citometria de fluxo se torna um dos métodos mais eficientes e seguros para a comprovação de organismos poliploides, permitindo, assim, analisar várias características de uma célula de forma rápida e por vários parâmetros. As células da amostra em suspensão são marcadas com monoclonais específicos ligados a fluorocromos, que permitem a identificação e a quantificação de células pelo tamanho, granulosidade e intensidade de fluorescência (NAKAGE et al., 2005).

Contudo, esse método é mais comum e ele se baseia na mensuração do DNA nuclear das células. Nesta técnica, os núcleos são retirados de uma amostra e corados com um corante fluorescente. Posteriormente, essa amostra é levada ao aparelho, o qual irá classificar e quantificar as células de acordo com a intensidade da fluorescência. Como um peixe triploide contém núcleos com mais DNA, estes irão liberar fluorescência de maior intensidade, sendo desta forma gerado gráficos com intensidade facilmente identificados (NASCIMENTO, 2015; DOLEZEL et al., 2007).

## 6 | PEIXE TRIPLOIDE

A fisiologia dos peixes triploides não é muito conhecida, mas alguns aspectos já foram relatados, tais como a citologia e reprodução (MAXIME, 2008). A condição reprodutiva dos triploides os confere uma característica desejada no mercado à esterilidade. Eles podem oferecer outras vantagens, como melhor eficiência alimentar e crescimento, devido ao menor gasto de energia em processos reprodutivos (JENKINS et al., 2017). Poliploides, geralmente possuem tamanho celular aumentado, em comparação com os diploides (ZHOU et al., 2017), como citado por Jenkins et al. (2017), o volume celular médio da *Ctenopharyngodon idella* triplóide é 1,4 vezes maior do que o dos diploides.

O fato de os triploides possuírem um terço a mais de conteúdo celular, confere um tamanho maior às suas células. A relação núcleo-citoplasma indica que, nos triploides, as células da maioria dos órgãos (cérebro, rim, fígado) e tecidos (sangue, músculos, cartilagens) são maiores do que nos diploides, além da energia, que não é transferida para a produção de gametas. De forma geral, a poliploidia cria um grande número de vantagens e oportunidades de inovação (ALCÁNTAR-VÁZQUEZ, 2016; ZHOU et al., 2017).

## 7 | INFLUÊNCIA DA POLIPLOIDIA DE PEIXES NO DESEMPENHO ZOOTÉCNICO

O maior desempenho de indivíduos triploides estéreis está ligado ao desenvolvimento diferencial das gônadas (em alguns casos), pois não ocorre deslocamento de energia para a produção de gametas e comportamentos reprodutivos. Alguns trabalhos com peixes poliploidados mostram melhores resultados nos parâmetros zootécnicos como mostra da tabela 2.

Espécie	Variável de desempenho	Ganho	Autor
<i>Acipenser ruthenus</i>	Sobrevivência	96,11 %	Hubálek et al., 2023
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Rendimento de file	67,0 %	Everson et al., 2021
<i>Colossoma macropomum</i>	Taxa de crescimento específico	2,60 %/dia	Júnior et al., 2022
<i>Colossoma macropomum</i>	Sobrevivência	81,67%	Pereira et al., 2022
<i>Euthynnus affinis</i>	Sobrevivência	64,3%	Yazawa et al., 2019
<i>Oreochromis mossambicus</i> x <i>Oreochromis niloticus</i>	Sobrevivência	96,87	Hassan et al., 2018
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Conversão alimentar	1,86	Karayucel et al., 2018
<i>Salmo salar</i>	Ganho de peso diário	92,0 g	Ignatz et al., 2022
	Rendimento de filé	52,3%	
<i>Salmo salar</i>	<i>Salmo salar</i>	254,0 g	Ganga et al., 2015
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Ganho de peso	2248,49%	Salimian et al., 2016

**Tabela 2 - Índices zootécnicos de peixes poliploidados**

## 8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe a perspectiva do uso da técnica de poliploidia aplicada na piscicultura para obtenção de indivíduos estéreis, o que pode substituir o uso de hormônios na obtenção de monossex em peixes. O crescimento ou desempenho é outro aspecto importante sendo considerado como valor econômico na produção, portanto a técnica de poliploidia possibilita esta vantagem. No entanto, dois pontos serão importantes que ainda merecem estudos e ajustes nestas técnicas. Primeiro, um protocolo que garanta eficiência para obtenção de poliploidados (diploides, triploides ou tetraploides) desejados. O segundo fator é a sobrevivência das larvas, pois esta técnica com choque de temperatura há redução das taxas de sobrevivência. Assim, são necessários estudos que viabilizem e ajustem os protocolos, como por exemplo, o uso de choque elétrico ou químico para que possam obter mais eficiência na técnica de poliploidia nos peixes.

## REFERÊNCIAS

- ALCÁNTAR-VÁZQUEZ, J. P. Fisiología de los peces triploides. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 44, n. 1, p. 1-15, 2016.
- ARAI, K. Genetic improvement of aquaculture finfish species by chromosome manipulation techniques in Japan. **Aquaculture**, v. 197, 205-228, 2001.
- BABAHEYDARI, S. B.; KEYVANSHOKOOH, S.; DORAFSHAN, S.; JOHARI, S. A. Proteome changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fertilized eggs as an effect of triploidization heat-shock treatment. **Animal reproduction science**, v. 166, p. 116-121, 2016.
- BEKCAN, S.; ATAR, H. H.; YAVUZCAN, H. The Survival Rate of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) at the Stages of Eyed Eggs, Larvae and Fry in Tetraploid Applications. **Journal of Applied Biological Sciences**, v. 10, n. 3, p. 20-23, 2016.
- BRABO, F.M.; PEREIRA, L.F.S.; SANTANA, J.V.M.; CAMPELO, D.A.V.; VERAS, G.C. Current scenario of fish production in the world, Brazil and Pará State: emphasis on aquaculture. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, v. 4, n. 2, p. 50-58, 2016.
- DOLEZEL, J.; GREILHUBER, J.; SUDA, J. Estimation of nuclear DNA content in plants using flow cytometry. **Nature Protocols**, v. 2, n. 9, p. 2233, 2007.
- DUNHAM, R. A.; MAJUMDAR, K.; HALLERMAN, E.; BARTLEY, D.; MAIR, G.; HULATA, G.; LIU, Z.; PONGTHANA, N.; BAKOS, J.; PENMAN, D.; GUPTA, M.; ROTHLISBERG, P.; SCHARK, G. Review of the status of aquaculture genetics. In: SUBASINGHE, R. P.; BUENO, P.; PHILLIPS, M. J.; HOUGH, C.; MCGLADDERY, S. E.; ARTHUR, J. R. **Aquaculture in the Third Millennium**. V. 20, p. 137-166, 2001.
- Everson, J. L., Weber, G. M., Manor, M. L., Tou, J. C.; Kenney, P. B. Polyploidy affects fillet yield, composition, and fatty acid profile in two-year old, female rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v. 531, p. 735873, 2021.
- FAO. **Fishery and aquaculture Statistics**. Global production by production source 1950– 2016 (FishstatJ).2018.
- FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2016**. Contributing to food security and nutrition for all, Rome, 14 p. 2016.
- GANGA, R.; TIBBETTS, S. M.; WALL, C. L.; PLOUFFE, D. A.; BRYENTON, M. D.; PETERS, A. R.; LALL, S. P. Influence of feeding a high plant protein diet on growth and nutrient utilization to combined 'all-fish'growth-hormone transgenic diploid and triploid Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture**, v. 446, p. 272-282, 2015.
- GARCÍA, S.; YASUI, G. S.; BERNARDES-JÚNIOR, J. J.; CORRÊA DA SILVA, B.; AMARAL-JÚNIOR, H.; ZANIBONI-FILHO, E. Induction of triploidy in *Rhamdia quelen* (*Siluriformes, Heptapteridae*) by double-temperature shock. **Latin american journal of aquatic research**, v. 45, n. 1, p. 209-212, 2017.
- HARTAMI, P.; CARMAN, O.; ZAIRIN, M.; ALIMUDDIN, A. Heat Shock and Its Consequences on Early Life Performance of Stripped Catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). **Omni-Akuatika**, v. 14, n. 2, p. 52-58, 2018.
- HASSAN, A.; OKOMODA, V. T.; PRADEEP, P. J. Triploidy induction by electric shock in Red hybrid Tilapia. **Aquaculture**, v. 495, p. 823-830, 2018.

Hubálek, M.; Kašpar, V.; Tichopád, T.; Rodina, M.; & Flajšhans, M. How do suboptimal temperatures affect polyploid sterlet *Acipenser ruthenus* during early development?. **Journal of Fish Biology**, v. 101, n. 1, p. 77-91, 2023.

IBGE, 2018. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Coordenação de Agropecuária. Produção da Pecuária Municipal, 43: 1-49.

IGNATZ, E. H.; SANDRELLI, R. M.; TIBBETTS, S. M.; COLOMBO, S. M.; ZANUZZO, F. S.; LOVELESS, A. M.; ... GAMPERL, AK. Influence of supplemental dietary cholesterol on growth performance, indices of stress, fillet pigmentation, and upper thermal tolerance of female triploid Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture Nutrition**, v. 2022, 2022.

JAYAPRASAD, P. P.; SRIJAYA, T. C.; JOSE, D.; PAPINI, A.; HASSAN, A.; CHATTERJI, A. K. Identification of diploid and triploid red tilapia by using erythrocyte indices. **Caryologia**, v. 64, n. 4, p. 485-492, 2011.

JENKINS, J. A.; DRAUGELIS-DALE, R. O.; GLENNON, R. P.; KELLY, A. M.; BROWN, B. L.; MORRISON, J. R. An Accurate Method for Measuring Triploidy of Larval Fish Spawns. **North American Journal of Aquaculture**, v. 79, n. 3, p. 224-237, 2017.

JÚNIOR G. S.; SILVA JÚNIOR, G., COPATTI, C. E., COSTA, L., SOUZA, G., BONFÁ, H. C., MELO, J. F. Triploidy induction in tambaqui (*Colossoma macropomum*) using thermal shock: fertilization, survival and growth performance from early larval to the juvenile stage. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 34, n. 4, p. 989-1004, 2022.

KARAMI, A.; OMAR, D.; LAZORCHAK, J. M.; YAP, C. K.; HASHIM, Z.; COURTENAY, S. C. A comparison of biomarker responses in juvenile diploid and triploid African catfish, *Clarias gariepinus*, exposed to the pesticide butachlor. **Environmental research**, v. 151, p. 313-320, 2016.

KARAYUCEL, İ.; PARLAK AKYÜZ, A.; DERNEKBAŞI, S. Comparison of growth performance, biochemical and fatty acid compositions between all-female diploid and triploid rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). **Journal of applied ichthyology**, v. 34, n. 1, p. 142-148, 2018.

KOMEN, H.; THORGAARD, G. H. Androgenesis, gynogenesis and the production of clones in fishes: a review. **Aquaculture**, v. 269, n. 1-4, p. 150-173, 2007.

KUBITZA, F.; CAMPOS, J. L. Aquicultura no Brasil. **Panorama da Aquicultura**, v. 25, n. 150, p. 11-13, 2015.

MARX, K. K.; SUKUMARAN, N. Production of triploid African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell), using chromosome manipulation techniques. **Bangladesh Journal of Fisheries Research**, v. 11, n. 2, p. 121-130, 2007.

MAXIME, V. The physiology of triploid fish: current knowledge and comparisons with diploid fish. **Fish and Fisheries**, v. 9, n. 1, p. 67–78, 2008.

MOLINA, F. W.; JACOBINA, U. P. Protocolos Citogenéticos e Perspectivas Biotecnológicas Voltadas à Piscicultura Marinha e Conservação. **Biota Amazônia**, v. 3, n. 2, p. 155-168, 2013.

MUKTI, A. T. Perbedaan keberhasilan tingkat poliploidisasi ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn.) melalui kejutan panas. **Journal of Biological Researches**, v. 10, n. 2, p. 133-138, 2012.

MUKTI, A. T.; CARMAN, O.; ALIMUDDIN.; ZAIRIN J. R. M. A rapid chromosome preparation technique without metaphase arrest for ploidy determination in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Caryologia**, v. 69, n. 2, p. 175-180, 2016.

NAKAGE, A. P. M.; SANTANA, A. E.; CÁPUA, M. L. B. D.; COELHO, P. S. Metodologia e aplicação da citometria de fluxo na hematologia veterinária. **Ciência Rural**, v. 35, p. 966-973, 2005.

NA-NAKORN, U.; CHATCHAIPHAND, S.; SRISAPOOME, P. Potential application of triploidy induction in important aquatic species in South East Asia. **Genomics and Genetics**, v. 8, n. 2, p. 95-105, 2015.

NASCIMENTO, N. F. D. Desempenho zootécnico e caracterização da linhagem germinativa de peixes diploides e triploides de lambari (*Astyanax altiparanae*). (**Dissertação em Aquicultura**) Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal – São Paulo, 2015.

PARVEN, A.; GALLARDO, W. G. Triploidy induction and growth performance of hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* × *C. gariepinus*). **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v. 6, n. 1, p. 151-162, 2014.

PEREIRA, G. A.; COPATTI, C. E.; FIGUEIREDO, R. A. C. R. D.; REIS, F. J. D. S.; COSTA, L.; SOUZA, G.; MELO, J. Cold, heat, or double thermal shock in tambaqui (*Colossoma macropomum*): triploid induction, fertilization rate, growth, and hematological variables. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 35, n. 4, p. 992-1002, 2023.

PIFERRER, F.; BEAUMONT, A.; FALGUIERÈ, J. C. Polyploid fish and shellfish: Production, biology and applications to aquaculture for performance improvement and genetic containment. **Aquaculture**, v. 293, n. 3-4, p.125-156, 2009.

PRADEEP, P. J.; SRIJAYA, T. C.; BAHULEYAN, A.; RENJITHKUMAR, C. R.; JOSE, D., PAPINI, A.; CHATTERJI, A. K. Triploidy induction by heat-shock treatment in red tilapia. **Caryologia**, v. 65, n. 2, p. 152-156, 2012.

RAHI, M. L.; SHAH, M. S. Triploidization in rohu x mrigal hybrid and comparison of growth performance of triploid hybrid. **Aquaculture Research**, v. 43, n. 12, p. 1867-1879, 2012.

RAMSEY, J.; RAMSEY, T. S. Ecological studies of polyploidy in the 100 years following its discovery. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 369, n. 1648, p. 20130352, 2014.

RODRIGUES, A. P. O. NUTRITION AND FEEDING OF TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*). **BOLETIM DO INSTITUTO DE PESCA**, v. 40, n. 1, p. 135-145, 2016.

SABER, M. H.; POURKAZEMI, M. Induction of triploidy in grass carp *Ctenopharyngodon idella* Valenciennes, 1844: of cold & heat shocks. **Caspian Journal of Environmental Sciences**, v. 10, n. 2, p. 195-204, 2012.

SALIMIAN, S.; KEYVANSHOKOOH, S.; SALATI, A. P.; PASHA-ZANOOSI, H.; BABAHEYDARI, S. B. Effects of triploidy induction on physiological and immunological characteristics of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) at early developmental stages (fertilized eggs, eyed eggs and fry). **Animal reproduction science**, v. 165, p. 31-37, 2016.

TABATA, Y. A. Biotechnology applied to rising of trout. **Revista Colombiana de Ciências Pecuarias**, v. 21, p. 455-522, 2008.

VENKATACHALAM, U.; VENKATACHALAM, R.; GANESH, K.; AATHI, K. Induction of Triploidy Catfish through Cold Shock and Heat Shock in *Clarias batrachus* species. **International Journal of Fisheries and Aquaculture Sciences**, v. 2, n. 1, p. 63-72, 2012.

VILLACORTA-CORREA, M. A.; SAINT-PAUL, U. Structural indexes and sexual maturity of tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Characiformes: Characidae) in Central Amazon, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n. 4, p. 637-652, 1999.

YAZAWA, R.; TAKEUCHI, Y.; MACHIDA, Y.; AMEZAWA, K.; KABEYA, N.; TANI, R.; ... YOSHIZAKI, G. Production of triploid eastern little tuna, *Euthynnus affinis* (Cantor, 1849). **Aquaculture research**, v. 50, n. 5, p. 1422-1430, 2019.

ZHOU, L.; GUI, J. Natural and artificial polyploids in aquaculture. **Aquaculture and Fisheries**, v. 2, n. 3, p. 103-111, 2017.

## CAPÍTULO 4

# METIONINA + CISTINA NA ALIMENTAÇÃO DE PEIXES: DESEMPENHO ZOOTÉCNICO, COMPOSIÇÃO CORPORAL E HEMATO-BIOQUÍMICA

---

Data de submissão: 08/10/2024

Data de aceite: 01/11/2024

### Aline da Silva Rocha

Universidade Federal da Bahia (UFBA)  
Salvador - BA  
<https://lattes.cnpq.br/5893766149453264>

### Rafael Silva Marchão

Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)  
Petrolina - PE  
<http://lattes.cnpq.br/2846114784139547>

### Gilmar Amaro Pereira

Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)  
Petrolina – PE  
<http://lattes.cnpq.br/0224665947793484>

### Guilherme Araújo Santana

Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)  
Petrolina - PE  
<http://lattes.cnpq.br/3059368455354152>

### Mateus Goncalves de Freitas

Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)  
Petrolina – PE  
<http://lattes.cnpq.br/4263180928144040>

### Vanessa Ferreira Batista

Universidade Federal da Bahia (UFBA)  
Salvador – BA  
<http://lattes.cnpq.br/9422418524242720>

### Rafael Carvalho da Silva

Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)  
Petrolina – PE  
<http://lattes.cnpq.br/7430442264837095>

### David Ramos da Rocha

Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)  
Petrolina – PE  
<http://lattes.cnpq.br/5911366166093310>

### Carlos Eduardo Copatti

Universidade Federal da Bahia (UFBA)  
Salvador – BA  
<http://lattes.cnpq.br/2254441871778798>

### José Fernando Bibiano Melo

Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)  
Petrolina – PE  
<http://lattes.cnpq.br/3763200072246495>

**RESUMO:** A piscicultura brasileira tem se expandido cada vez mais em virtude da grande diversidade de espécies de peixes com considerável potencial para produção comercial. Na nutrição de peixes um dos fatores primordiais na criação é a proteína da dieta. Todavia, os peixes não apresentam

exigência especificamente em proteína bruta, mas sim de um balanço de aminoácidos essenciais e não essenciais. Nesse sentido, a metionina é um aminoácido essencial que deve ser fornecido na dieta de peixes pois atua na síntese de proteína corporal. A deficiência de metionina mais cistina na dieta pode causar redução no crescimento dos animais. A maior parte dos estudos sobre a suplementação de metionina mais cistina na dieta de peixes estão focados no crescimento e na deposição de nutrientes corporais, sendo escassas informações sobre o efeito da metionina mais cistina nos parâmetros hematobioquímicos. A exigência de metionina mais cistina na dieta de peixes para promover o máximo crescimento varia de 0,53 a 1,45%.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aminoácido essencial, nutrição de peixe, exigência nutricional.

## METHIONINE + CYSTINE IN FISH FEEDING: ZOOTECHNICAL PERFORMANCE, BODY COMPOSITION AND HEMATO-BIOCHEMICAL

**ABSTRACT:** Brazilian fish farming has expanded due to the diversity of fish species with considerable potential for commercial production. One of the primary factors in fish nutrition in raising fish is dietary protein. However, fish do not specifically require crude protein but rather a balance of essential and non-essential amino acids. In this sense, methionine is an essential amino acid that must be provided in the fish diet because it synthesizes body protein. A deficiency of methionine plus cystine in the diet can cause reduced growth in fish. Most studies on dietary methionine plus cystine supplementation in fish have focused on growth and body nutrient deposition, with little information available on the effect of methionine plus cystine on hematobiochemical parameters. The requirement of methionine plus cystine in fish diets to promote maximum growth ranges from 0.53 to 1.45%.

**KEYWORDS:** Essential amino acid, fish nutrition, nutritional requirement.

## 1 | INTRODUÇÃO

No panorama atual da aquicultura brasileira, a produção de peixes de cultivo cresceu 3,1% em relação ao ano de 2022, alcançando 887.029 toneladas em 2023, em virtude da grande diversidade de espécies de peixes com considerável potencial para criação comercial, onde a maior parte desse avanço deriva de peixes de cultivo em água doce (Peixe BR, 2024).

A nutrição é um dos fatores primordiais na criação de peixes, tendo a proteína como o nutriente que mais encarece a dieta, porém, indispensável na alimentação por promover o desenvolvimento eficiente dos animais, quando fornecida em quantidades adequadas. No entanto, quando ofertada em níveis fora do exigido, promove alterações no catabolismo dos aminoácidos e, por conseguinte, causa uma maior excreção de compostos nitrogenados ao ambiente aquático (NRC, 2011; Tang et al. 2009). Todavia, estudo mostra que os peixes não possuem exigência em proteína, e sim de balanço de aminoácidos essenciais e não essenciais (Aroucha et al., 2023).

A metionina é um aminoácido essencial que deve ser fornecido na dieta de peixes, atuando principalmente no crescimento animal, e parte da metionina é convertida em

cistina (Silva, et al., 2006; Michelato et al., 2016). A metionina tem como função principal participar da síntese proteica corporal e sua deficiência na dieta pode causar redução no crescimento dos peixes.

Desta forma, objetivou-se realizar uma revisão bibliográfica sobre a exigência de metionina mais cistina para peixes.

## 2 | AMINOÁCIDOS E PROTEÍNAS

Proteínas e aminoácidos são moléculas essenciais na estrutura e no metabolismo de todos animais, visto que eles não conseguem sintetizar todos os aminoácidos, o que faz necessário o seu fornecimento na dieta. Os aminoácidos são compostos estruturais das proteínas e são classificados em essenciais e não essenciais (Nelson e Cox, 2014), conforme apresentado na Tabela 1 e agem em diversos locais do organismo animal realizando funções distintas.

Abreviação	Aminoácidos não essenciais	Abreviação	Aminoácidos essenciais
Cys	Cistina	Lys	Lisina
Tyr	Tirosina	Met	Metionina
Gly	Glicina	Thr	Treonina
Ser	Serina	Trp	Triptofano
Ala	Alanina	Val	Valina
Asp	Aspartato	His	Histidina
Glu	Glutamino	Ile	Isoleucina
Pro	Prolina	Leu	Leucina
Asn	Asparagina	Arg	Arginina
Gln	Glutamato	Phe	Fenilalanina

Adaptado: NRC (2011)

**Tabela 1.** Aminoácidos essenciais e não essenciais e suas abreviações

Os aminoácidos essenciais não são sintetizados, ou são sintetizados em quantidades insuficientes pelo organismo dos peixes, portanto, devem ser disponibilizados em suas dietas. Em contrapartida, os aminoácidos não essenciais são sintetizados em quantidades suficientes pelo organismo dos peixes (Li et al., 2009).

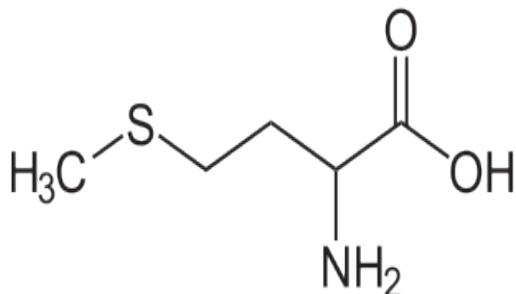
Níveis baixos de aminoácidos nas dietas interrompem o desempenho animal, enquanto níveis elevados aumentam a quantidade de liberação de nitrogênio no meio aquático, causando danos aos peixes e a qualidade da água e, consequentemente, impacto negativo no retorno dos investimentos com a piscicultura. O fornecimento de aminoácidos

em níveis adequados ocasiona uma maior eficiência no aumento no ganho de peso, na preservação da saúde do peixe, numa melhor conversão alimentar, como também um melhor rendimento de composição da carne (Lieb et al., 2021).

### 3 | METIONINA + CISTINA

A metionina é um aminoácido essencial, que apresenta cadeias laterais polares não-carregadas e essenciais para o crescimento animal (Figura 1). Pode ser metabolizada em cistina, portanto, a determinação desses aminoácidos é estudada em conjunto, devido às dificuldades de se quantificar a conversão de metionina a cistina (Silva et al., 2006; Michelato et al., 2016).

Assim, em níveis ótimos, a cistina é sintetizada utilizando a metionina como precursor, de tal modo que esse aminoácido não essencial pode interferir na disponibilidade de metionina para deposição de proteína corporal e seu teor pode variar entre 50 a 70% da concentração de metionina (Golf e Gatlin 2004; Tang 2009).



**Figura 1.** Fórmula estrutural da metionina

Além disso, a metionina participa da síntese de cisteína e glutatona através da via de transsulfuração, tornando-os tão essenciais quanto a metionina para a síntese de proteínas e do sistema antioxidante (Elango, 2020). Desta forma, a metionina além de funcionar como uma subestrutura de proteínas, atua também como uma molécula sinalizadora que regula a imunidade, o metabolismo energético e a reprodução (Wang et al., 2021).

Existem diferentes formas de utilização da metionina na alimentação de peixes estudadas ao longo dos anos (Nunes et al., 2014) e essas abordagens impactam diretamente na eficiência de uso e na biodisponibilidade para diferentes espécies de peixes. Por exemplo, em estudos com salmão do Atlântico (*Salmo salar L.*), foi observado que a D-metionina apresentou uma eficiência de utilização alimentar ainda superior a L-metionina (Powell et al., 2017). Outros estudos em peixes mostraram que a bioeficácia do MHA é menor do que a da DL-metionina (Zhao et al., 2022). A DL-metionina também foi mais eficiente em melhorar o desempenho do crescimento tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) do que o MHA em níveis equimolares de metionina in vitro e in vivo (Teodósio et al., 2021).

De maneira geral, a metionina cristalina mais comum aplicada na alimentação animal é a DL-metionina e contém uma mistura dos isômeros D e L da metionina (Goff e Dmiii, 2004). Já o ácido DL-2-hidroxi-4-metiltiobutanóico (HMTBa), MHA e DL-metionil-DL-metionina (Met-Met) são formas de metionina cristalina recentemente desenvolvidas, enquanto o D-isômero de DL-metionina e D- e os L-isômeros de HMTBa podem ser convertidos em L-metionina (Nunes et al., 2014; Niu et al., 2017; Wang et al., 2019).

## 4 | NECESSIDADE DE METIONINA + CISTINA NA NUTRIÇÃO DE PEIXES DE CULTIVO

A metionina é um aminoácido essencial que participa de diversas funções metabólicas, como o provimento de grupo metil via S-adenosil metionina (SAM) para síntese de moléculas envolvidas no crescimento, como por exemplo, creatina, carnitina, poliaminas, epinefrina, colina e melatonina (Piedras et al., 2004; Cavalheiro et al., 2014).

As exigências de metionina mais cistina estão na Tabela 2, onde os valores variam de 0,63 a 1,45%. Desta forma é essencial a suplementação de metionina na dieta de peixes, quando os níveis estiverem abaixo da exigência. A grande variação observada (Tabela 2) nos valores de exigência de metionina mais cistina para peixes são em função na diferença entre as espécies, peso corporal dos peixes, teor de proteína na dieta, composição das dietas experimentais e o modelo estatístico utilizado para interpretar os resultados (NRC, 2011, Rocha et al., 2023).

Diante desses resultados, a suplementação de metionina na alimentação de peixes, promove uma melhora no desempenho zootécnico e na deposição proteína corporal. Além disso, níveis adequados de metionina nas dietas podem promover redução das excreções nitrogenadas, reduzindo até o teor de proteína bruta da dieta (Brandão et al., 2009), quando todos os aminoácidos essências estiverem em níveis adequando na dieta. Todavia, dietas deficientes no aminoácido metionina, aumentam o processamento das proteínas, promovendo a deposição de tecido adiposo, redução no ganho de peso e na eficiência alimentar e favorece um aumento em ataques de fungos (Kelly et al., 2006; Tang et al., 2009).

Espécies	Peso (g)	Exigência dietética (%)	Referências
Tambaqui	0,28 a 0,94	1,15	Souza et al., 2019
Tambaqui	55 a 118	0,92	Aroucha et al., 2021
Tambaqui	89,52 a 150	0,86-0,93	Rocha et al., 2023
Bagre africano	78	0,63	Elesho et al., 2021
Salmão do Atlântico	493	0,90-0,99	Espe et al., 2008
Bagre do canal	14,00	0,94	Cai e Burtle, 1996
Bijupirá	9,79	1,24	Chi et al., 2020
Carpa capim	451,30	0,61	Wu et al., 2013
Garoupa jubarte	6,57	1,07	Irm et al., 2021
Garoupa híbrida	10,61	1,45	Li et al., 2020
Magro	50,0	0,75	Moura et al., 2018
Tilápia do Nilo	8,95	0,73-0,99	He et al., 2017
Bagre prateado	3,26	1,27-1,36	Rotili et al., 2018
Pompano dourado	12,40	1,06-1,27	Niu et al., 2013

**Tabela 2.** Exigência de metionina em diferentes espécies de peixes

## 5 | EFEITOS DA METIONINA + CISTINA NO DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E DEPOSIÇÃO CORPORAL

Diversos estudos têm mostrado o efeito positivo da suplementação de metionina sobre o desempenho zootécnico em várias espécies de peixes, como melhor crescimento e eficiência alimentar, quando fornecida em níveis adequados nas dietas (Alami-Durante et al., 2018). Através do aumento dos níveis de metionina na dieta é possível observar um aumento seguido de uma estabilização no crescimento de dourada charr (*Salvelinus alpinus*) (Simmons, 1997), cauda amarela (*Seriola quinqueradiata*) (Ruchimat et al., 1997), dourada (*Sparus aurata*) (Marcouli et al., 2005), garoupa jubarte (Giri et al., 2006), tilápia do Nilo (Nguyen e Allen Davis, 2009), robalo (*Dicentrarchus labrax*) (Tulli et al., 2010), pompano dourado (*Trachinotus ovatus*) (Niu et al., 2013), carpa Gibel (*Carassius auratus gibelio*) (Wang et al., 2016a), e o bagre prateado (*Rhamdia quelen*) (Rotili et al., 2018).

Além disso, a inclusão de metionina em níveis ideais promove melhor taxa de conversão alimentar e, consequentemente, aumenta a eficiência de sua utilização das dietas para peixes (Rotili et al., 2018; He et al., 2019; Fang et al., 2021; Wang et al., 2021; Ji et al., 2022; Urbich et al., 2022). Por outro lado, tanto a deficiência quanto o excesso de metionina na alimentação, podem causar retardos no crescimento e desenvolvimento de peixes (Skiba-Cassy et al., 2016) e reduzir a ingestão alimentar (Marit et al., 2008; NRC,

2011). De fato, estudos com metionina abaixo do recomendado, mostraram menor taxa de crescimento e eficiência alimentar em truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (Belghit et al., 2014) e cauda amarela (*Seriola dorsalis*) (Garcia-Organista et al., 2019), além de resultar em menor crescimento (Gao et al., 2019). A metionina é um dos fatores limitantes em dietas à base de farelo de soja para o crescimento do bagre do sul (*Silurus meridionalis*) e sua suplementação nesse tipo de dieta contendo alto teor de farelo de soja pode melhorar o desempenho de crescimento desse peixe (Ai e Xie, 2005).

A metionina aumenta a digestibilidade aparente dos nutrientes. De fato, a suplementação de metionina aumentou os coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs) de matéria seca, proteína e energia bruta em dourada (*Acanthopagrus schlegelii*) (Zhou et al., 2011) e afetou quase todos os CDAs de aminoácidos em bagres africanos (Elesho et al., 2021). Promoveu melhora nos níveis de proteína bruta e lipídios brutos em todo o corpo e fígado (Alami-Durante et al., 2018).

## 6 | EFEITOS DA METIONINA+CISTINA NA HEMATO-BIOQUÍMICO

A metionina está envolvida em processos moleculares que ocorrem durante a resposta imune, como ubiquitinação e autofagia de proteínas (Afonso, 1998; Zinngrebe, 2014). Através da via da transulfuração, a metionina é convertida em cisteína, que se torna um dos três elementos da molécula glutationa (GSH), que por sua vez participa da eliminação de radicais livres, consequentemente reduzindo ROS (espécies reativas de oxigênio) e protegendo assim as células do estresse oxidativo durante a inflamação (Grimble, 2009).

Desta forma, é possível evidenciar a importância da suplementação de metionina, mostrando que sua exigência é aumentada durante as respostas imunes, beneficiando tanto a nível humorai como celular (Le Floc'h, 2004; Rubin, 2007). De fato, Grimble, (2009) afirma que o uso de aminoácidos essenciais como a metionina funciona como uma estratégia profilática eficiente e com custo aceitável para melhorar a imunidade e resposta dos peixes.

Parâmetros hematológicos são componentes importantes da saúde dos peixes e Machado et al., (2018) avaliando o robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) mostraram que o maior número de leucócitos observado nos peixes alimentados com a dieta suplementada com 1% de metionina, deveu-se exclusivamente a um maior número de neutrófilos, indicando a estimulação de uma resposta inflamatória pela suplementação de metionina. Em outro estudo, foi possível observar atividades altamente aprimoradas de hemárias e hemoglobina, representando uma saúde robusta em rohu (*Labeo rohita*) alimentados com dieta contendo suplementos dietéticos de metionina (Noor et al., 2021).

Na maioria das vezes, os metabolitos bioquímicos e plasmáticos dos peixes são mantidos em relativa homeostase e possui alta sensibilidade às mudanças ambientais,

permitindo que o estado fisiológico do peixe possa ser bem avaliado e previsto por mudanças nesses índices bioquímicos do sangue (Groff e Zinkl, 1992; Davis, 2004). A suplementação com metionina na dieta de sargo rombudo pré-adulto, (*Megalobrama amblycephala* Yih, 1955) não prejudicou nenhum dos índices, como o índice hepatossomático (IHS), índice viscerosomático (IVS), fator de condição (FC), albumina, proteína total, alanina aminotransferase (ALT) e aspartato aminotransaminase (AST) (Liang et al., 2016).

## 7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metionina é um aminoácido essencial na dieta de peixes, proporcionando maior crescimento e deposição de proteína corporal. Como parte da metionina da dieta é convertida em cistina, é necessário a determinação da exigência destes aminoácidos em conjunto. Tal exigência (metionina mais cistina) varia de 0,53 a 1,45% na dieta de peixes. Nestas condições, contribuiu para promoção de crescimento e evita prejuízos ao desenvolvimento dos animais.

## REFERÊNCIAS

- AFONSO, A.; LOUSADA, S.; SILVA, J.; ELLIS, A. E.; SILVA, M. T. Neutrophil and macrophage responses to inflammation in the peritoneal cavity of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. A light and electron microscopic cytochemical study. Dis Aquat Org. 34, 27-37, 1998.
- AI, QINGHUI.; XIE, XIAOJUN. Efeitos da substituição da farinha de peixe por farelo de soja e suplementação de metionina em dietas à base de farinha de peixe/farinha de soja no desempenho do crescimento do bagre do sul *silurus meridionalis*. Journal of the World Aquaculture Society, v. 36, n. 4, pág. 498-507, 2005.
- ALAMI-DURANTE, H.; BAZIN, D.; CLUZEAUD, M.; FONTAGN'E-DICHARRY, S.; KAUSHIK, S.; GEURDEN, I. Effect of dietary methionine level on muscle growth mechanisms in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 483, 273–285, 2018.
- AROUCHA, R. J. N.; RIBEIRO, F.B.; BOMFIM, M. A. D.; DE SIQUEIRA, J. C.; MARCHÃO, R. S.; DO NASCIMENTO, D. C. N. Exigência de metionina mais cistina digestível em dietas de tambaqui (*Collossoma macropomum*): Desempenho de crescimento e bioquímica plasmática. Relatórios de Aquicultura, v. 32, p. 101725, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101725>
- BELGHIT, I.; SKIBA-CASSY, S.; GEURDEN, I.; DIAS, K.; SURGET, A.; KAUSHIK, S.; PANSERAT, S.; SEILIEZ, I. Dietary methionine availability affects the main factors involved in muscle protein turnover in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). British Journal of Nutrition. May;112(4):493-503,2014. <https://doi.org/10.1017/S0007114514001226>
- BRANDÃO, L. V.; PEREIRA-FILHO, M.; GUIMARÃES, S. F. E.; FONSECA, F. A. L. Suplementação de metionina e/ou lisina em rações para juvenis de tambaqui (*Collossoma macropomum* Cuvier, 1818). Acta Amazonica, 39(3), 675 – 680, 2009.
- CAI, Y.; BURTLE, G. J. Exigência de metionina para bagres do canal alimentados com dietas à base de farelo de soja e milho, J. Anim. ciênc, 74, pp. 514 – 521, 1996.

CAVALHEIRO, A. C. M.; CASTRO, M. L. S.; EINHARDT, M. D. S.; POUHEY, J. L. O. F.; PIEDRAS, S. N.; XAVIER, E. G. Microingredientes utilizados em alimentação de peixes em cativeiro – Revisão. Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias, 109, p. 11-20, 2014.

CHI, S.; HE, Y.; ZHU, Y.; TAN, B.; DONG, X.; YANG, Q.; LIU, H.; ZHANG, S. A metionina dietética afeta o crescimento e a expressão de genes-chave envolvidos na lipogênese hepática e no metabolismo da glicose em beijupirá (*Rachycentron canadum*), Aquac. nutr., 26, pp. 123 – 133, 2020.

DAVIS, K. B. Temperature affects physiological stress responses to acute confinement in sunshine bass (*Morone chrysops* 9 *Morone saxatilis*). Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol. 139, 433–440, 2004.

DE MOURA, L. B.; DIÓGENES, A. F.; CAMPELO, D. A. V.; ALMEIDA, F. L. A. D.; POUSÃO-FERREIRA, P. M.; FURUYA, W. M.; OLIVA-TELES, A.; PERES, H. Suplementação com taurina e metionina como estratégia nutricional para promoção do crescimento de corvinas (*Argyrosomus regius*) alimentadas com dietas ricas em proteínas vegetais, Aquicultura., 497, pp. 389-395, 2018.

ELANGO, R. Nutrição e metabolismo da metionina: percepções de estudos em animais para informar a nutrição humana. The Journal of Nutrition, v. 150, n. Suplemento\_1, pág. 2518S-2523S, 2020.

ELESHO, F. E.; SUTTER, D. A. H.; SWINKELS, M. A. C.; VERRETH, J. A. J.; KRÖCKEL, S.; SCHRAMA, J. W. Quantificação da exigência de metionina em juvenis de bagres africanos (*Clarias gariepinus*), Aquicultura. 532, 2021.

ESPE, M.; HEVRØY, E. M.; LIASET, B.; LEMME, A.; EL-MOWAFI, A. A ingestão de metionina afeta o metabolismo do enxofre hepático no salmão do Atlântico, *Salmo salar*. Aquaculture, v. 274, n. 1, pág. 132-141, 2008.

FANG, C. C.; FENG, L.; JIANG, W. D.; WU, P.; LIU, Y.; KUANG, S. Y.; TANG, L.; LIU, X. A.; ZHOU, X. Q. Efeitos da metionina dietética no desempenho de crescimento, deposição de nutrientes musculares, crescimento de fibras musculares e síntese de colágeno tipo I de carpa capim em crescimento (*Ctenopharyngodon idella*). Br. J. Nutr., 126, pp. 321-336, 2021.

GAO, Z.; WANG, X.; TAN, C.; ZHOU, H.; MAI, K.; HE, G. Efeito dos níveis de metionina na dieta sobre o desempenho do crescimento, metabolismo de aminoácidos e homeostase intestinal em pregado (*Scophthalmus maximus L.*), Aquicultura., 498, pp. 335-342, 2019.

GARCIA-ORGANISTA, A. A.; MATA-SOTRES, J. A.; VIANA, M. T.; ROMBENSO, A. N. The effects of high dietary methionine and taurine are not equal in terms of growth and lipid metabolism of juvenile California Yellowtail (*Seriola dorsalis*). Aquaculture. Oct;512: 1-10, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734304>

GIRI, N. A.; SUWIRYA, K.; MARZUQI, M. Exigência de metionina na dieta para crescimento de juvenis de garoupa jubarte (*Cromileptes altivelis*). indonésios. Aquacult. J., 1, pp. 79 – 86, 2006.

GOFF, J. B.; DMIII, G. Avaliação de diferentes compostos de aminoácidos sulfurados na dieta para red drum, *Sciaenops ocellatus*, e valor poupadour de cistina para metionina. Aquicultura, 241, pp. 465 – 477, 2004.

GOFF, J. B.; GATLIN III, D. M. Evaluation of different sulfur aminoacid compounds in the diet of red drum, *Sciaenops ocellatus*, and sparing value of cystine for methionine. Aquaculture, v.241, p.465-477, 2004.

GRIMBLE, R. F. Basics in clinical nutrition: immunonutrition e nutrients which influence immunity: effect and mechanism of action. e-SPEN. 4, 10-13, 2009.

GROFF, J. M.; ZINKL, J. G. Hematology and clinical chemistry of cyprinid fish. Common carp and goldfish. Vet. Clin. North Am. Exot. Anim. Pract. 2, 741–776, 1992.

HE, J. Y.; TIAN, L. X.; LEMME, A.; FIGUEIREDO-SILVA, C.; GAO, W.; YANG, H. J.; HAN, B.; ZENG, S. L.; LIU, Y. J. Efeito das concentrações dietéticas de metionina sobre o desempenho zootécnico de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas com dois diferentes níveis de energia digestível. Aquac. nutr., 23, pp. 76 – 89, 2017.

HE, Y.; CHI, S.; TAN, B.; DONG, X.; YANG, Q.; LIU, H.; ZHANG, S.; HAN, F.; LIU, D. A suplementação de DL-metionina em uma dieta com baixo teor de farinha de peixe afeta a via TOR/S6K estimulando o transportador de aminoácidos ASCT2 e o fator de crescimento semelhante à insulina-I no músculo dorsal de juvenis de beiijupirá (*Rachycentron canadum*). Br. J. Nutr., 122, pp. 734-744, 2019.

IRM, M.; MU, W.; XIAOYI, W.; GENG, L.; WANG, X.; YE, B.; MA, L.; ZHOU, Z. Exigência ótima de metionina na dieta de garoupa jubarte (*Cromileptes altivelis*): efeitos no crescimento, micromorfologia, metabolismo proteico e lipídico. Amino Acids, 53, pp. 1065-1077, 2021.

JI, K.; LIANG, H.; GE, X.; REN, M.; PAN, L.; HUANG, D. A suplementação ótima de metionina melhorou o crescimento, a síntese hepática de proteínas e a lipólise de alevinos de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*). Aquicultura, 554, Artigo 738125, 2022.

KELLY, M. ET AL. Compreensão refinada da nutrição de sulfuraminoácidos em robalo híbrido, *Morone chrysops* x *M. saxatilis*. Aquaculture Research, v. 37, n. 15, pág. 1546-1555, 2006.

LE FLOC'H, N.; MELCHIOR, D.; OBLED, C. Modifications of protein and amino acid metabolism during inflammation and immune system activation. In: Livestock Production Science. 37–45, 2004.

LI X, ZHENG S, WU G (2021) Nutrition and functions of amino acids in fish. In: W, G (Ed) Amino acids in nutrition and health. Adv Exp Med Biol 1285:169–198. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-54462-1\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-54462-1_8)

LI, X.; MU, W.; WU, X.; DONG, Y.; ZHOU, Z.; WANG, X.; MA, L.; YE, B.; GENG, L. Exigência ótima de metionina em dietas de garoupa híbrida juvenil (*Epinephelus fuscoguttatus* ♂ x *Epinephelus lanceolatus* ♀): efeitos na sobrevivência, desempenho de crescimento, micromorfologia intestinal e imunidade. Aquicultura, 520, 2020.

LIANG, H. L.; REN, M. C.; HABTE-TSION, H. M.; MI, H. F.; GE, X. P.; XIE, J.; MIAO, L. H. Exigência dietética de metionina de sargo rombudo pré-adulto, (*Megalobrama amblycephala* Yih, 1955). Journal of Applied Ichthyology, 32 (6), 1171-1178, 2016.

LIEB, A. R. S. Aquicultura na Amazônia: Estudos Técnico-científicos e Difusão de Tecnologias. In: Bussons, Márcia Regina Fragoso Machado; Pinto, Elson Antônio Sadalla; Aride, Paulo Henrique Rocha; Oliveira, Adriano Teixeira. Exigência de aminoácidos nas dietas: uma necessidade para peixes amazônicos. Ponta Grossa-PR: Aride. p. 146-158, 2021.

MACHADO, M.; AZEREDO, R.; FONTINHA, F.; FERNÁNDEZ-BOO, S.; CONCEIÇÃO, L. E.; DIAS, J.; COSTAS, B. A metionina dietética melhora o estado imunológico do robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*), a resposta inflamatória e a resistência a doenças. Frontiers in immunology, 9, 2672, 2018.

MARCOULI, P.; ALEXIS, M.; ANDRIOPOLOU, A.; ILIOPOULOU-GEORGUDAKI, J. Nutrição de aminoácidos de juvenis de dourada *Sparus aurata*: resultados preliminares sobre as necessidades dietéticas de lisina e metionina. Cah. Opções Mediterr. 63, pp. 67 – 71, 2005.

MARIT, E.; ERNSTM, H.; BJØRN, L.; ANDREAS, L.; ADEL, E. M. A ingestão de metionina afeta o metabolismo hepático do enxofre no salmão do Atlântico, *Salmo salar*, Aquicultura. 274, pp. 132 – 141, 2008.

MICHELATO, M.; VIDAL, L. V. O.; XAVIER, T. O.; GRACIANO, T. S.; DE MOURA, L. B.; FURUYA, V. R. B.; FURUYA, W. M. Dietary threonine requirement to optimize protein retention and fillet production of fast-growing N iletilapia. Aquaculture Nutrition, v. 22, n. 4, p. 759-766, 2016.

NELSON, D. L.; COX, M. M. Princípios de bioquímica de Lehninger. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 1328, 2014.

NGUYEN, T. N.; ALLEN DAVIS, D. Exigência de metionina em dietas práticas para juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. J. World Aquacult. Sociedade, 40, pp. 410 – 416, 2009.

NIU, J.; DU, Q.; LIN, H. Z.; CHENG, Y. Q.; HUANG, Z.; WANG, Y.; WANG, J.; CHEN, Y. F. Exigências quantitativas de metionina na dieta de juvenis de pompano dourado *Trachinotus ovatus* a um nível constante de cistina na dieta. Aquac. nutr., 19, pp. 677 – 686, 2013.

NIU, J.; HE, J. Y.; FIGUEIREDO-SILVA, C.; LI, H. Y.; DONG, Y.; XIE, S. W.; LIU, Y. J.; YANG, H. J.; TIAN, L. X. Avaliação da biodisponibilidade do produto Novel Met-Met (AQUAVI®; Met-Met) em comparação com DL-metionina (DL-Met) em camarão branco (*Litopenaeus vannamei*). Aquicultura., 484, pp. 322-332, 2017.

NOOR, Z.; NOOR, M.; KHAN, S. A. Suplementos dietéticos de metionina melhoram desempenhos de crescimento, imunidade inata, enzimas digestivas e atividades antioxidantes de rohu (*Labeo rohita*). Fish Physiol Biochem 47, 451–464, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10695-021-00924-x>

NRC- Nutrient requirements of fish and shrimp. The National Academy Press, Washington, DC, 2011.

NUNES, A. J. P.; SÁ, M. V. C.; BROWDY, C. L.; VAZQUEZ-ANON, M. Suplementação prática de alimentos para camarões e peixes com aminoácidos cristalinos. Aquicultura., 431, pp. 20–27, 2014.

Peixe BR. Anuário brasileiro da piscicultura, 2023. Acesso em: 03/05/2023. <https://www.peixebr.com.br/anuario/>.

PIEDRAS, S. R. N.; POUEY, J. L. O. F.; RUTZ, F. Efeito da Suplementação de Metionina e/ou Lisina no Crescimento e na Sobrevivência de Alevinos de Peixerei (*Odontesthes bonariensis*). R. Bras. Zootec, 33(6), 1366-1371. 2004.

POWELL, C. D.; CHOWDHURY, M. A. K.; BUREAU, D. P. Avaliação da biodisponibilidade de L-metionina e um análogo hidroxi de metionina (MHA-Ca) em comparação com DL-metionina em truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Aquac. Res. 48, pp. 332-346, 2017.

ROCHA, A. D. S., COPATTI, C. E., MARCHÃO, R. S., COSTA, T. S., SANTANA, G. S., COELHO, M. C., ... & Melo, J. F. B. (2023). Assessment of methionine plus cystine requirement of tambaqui (*Colossoma macropomum*) based on zootechnical performance, body composition, erythrogram, and plasmatic and hepatic metabolites. Veterinary Research Communications, v. 47, n. 4, p. 2111-2125, 2023.

ROTILI, D. A.; ROSSATO, S.; DE FREITAS, I. L.; MARTINELLI, S. G.; RADÜNZ NETO, J.; LAZZARI, R. Determinação da exigência de metionina de juvenis de bagre prateado (*Rhamdia quelen*) e seus efeitos sobre o desempenho de crescimento, plasma e metabólitos hepáticos a um nível constante de cistina. Aquac. Res., 49, pp. 858-866, 2018.

RUBIN, L. L.; CANAL, C. W.; RIBEIRO, A. L. M.; KESSLER, A.; SILVA, I.; TREVIZAN, L. Effects of methionine and arginine dietary levels on the immunity of broiler chickens submitted to immunological stimuli. Braz J Poult Sci. 9, 241-7, 2007.

RUCHIMAT, T.; MASUMOTO, T.; HOSOKAWA, H.; SHIMENO, S. Exigência quantitativa de metionina em rabo-amarelo (*Seriola quinqueradiata*). Aquicultura., 150, pp. 113 – 122, 1997.

SILVA, L. C. R.; FURUYA, W. M.; SANTOS, L. D. D.; SANTOS, V. G. D.; SILVA, T. S. D. C.; PINSETTA, P. J. Níveis de treonina em rações para tilápias-do-nilo. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 35, n. 4, p. 1258-1264, 2006.

SIMMONS, A. L. A. Exigência dietética de metionina de Charr ártico juvenil, *Salvelinus alpinus*, Universidade de Guelph, 1997.

SKIBA-CASSY, S.; GEURDEN, I.; PANSERAT, S.; SEILIEZ, I. Desequilíbrio dietético de metionina altera a regulação transcripcional de genes envolvidos no metabolismo de glicose, lipídios e aminoácidos no fígado de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Aquicultura., 454, pp. 56 – 65, 2016.

SOUZA, F. O.; BOMFIM, M. A. D.; RIBEIRO, F. B.; LANNA, E. A. T.; SOUSA, T. J. R. D.; COSTA, D. D. C. D. Methionine plus cystine to lysine ratio in diets for tambaqui juveniles. Revista Caatinga, 32(1), 243-250. 2019.

TANG, L.; WANG, G.X; JIANG, J.; FENG, L.; YANG, L.; LI, S. H.; ZHOU, X. Q. Efeito da metionina nas atividades das enzimas intestinais, microflora e imunidade humoral de juvenis da carpa Jian (*Cyprinus carpio* var. Jian). Aquaculture Nutrition, v. 15 (5), p. 477- 483, 2009.

TEODÓSIO, R.; ENGROLA, S.; CABANO, M.; COLEN, R.; MASAGOUNDER, K.; ARAGÃO, C. Respostas metabólicas e nutricionais de juvenis de tilápia do Nilo a fontes dietéticas de metionina. Br. J. Nutr., 127, pp. 1-12, 2021.

TULLI, F.; MESSINA, M.; CALLIGARIS, M.; TIBALDI, E. Resposta do robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) a níveis graduais de metionina (aminoácidos sulfurosos totais) em dietas semi-purificadas à base de proteína de soja, Br. J. Nutr., v. 104, pp. 664 – 673, 2010.

URBICH, A. V.; FURUYA, W. M.; MICHELATO, M.; PANACZEVICZ, P. A. P.; DA CRUZ, T. P.; FURUYA, L. B.; MARINHO, M. T.; GONÇALVES, G. S.; FURUYA, V. R. B. Efeitos sinérgicos da metionina e da taurina na dieta sobre o desempenho do crescimento, parâmetros sanguíneos, expressão de genes do metabolismo hepático do enxofre e qualidade da carne de grandes tilápias do Nilo, Anim. Feed Sci. Tecnol., 288, 2022.

WANG, L.; YE, L.; HUA, Y.; ZHANG, G.; LI, Y.; ZHANG, J.; HE, J.; LIU, M.; SHAO, Q. Efeitos da dieta DL -metionil- DL -metionina (Met-Met) sobre o desempenho de crescimento, composição corporal e parâmetros hematológicos de camarão branco (*Litopenaeus vannamei*) alimentados com dietas à base de proteína vegetal. Aquac. Res., 50, pp. 1718 – 1730, 2019.

WANG, W.; YANG, P.; HE, C.; CHI, S.; LI, S.; MAI, K.; SONG, F. Efeitos da metionina dietética no desempenho do crescimento e metabolismo através da modulação de vias relacionadas com nutrientes em achigã (*Micropterus salmoides*) Aquacult. Rep., 20. 2021.

WANG, X.; XUE, M.; FIGUEIREDO-SILVA, C.; WANG, J.; ZHENG, Y.; WU, X.; HAN, F.; MAI, K. Exigência dietética de metionina da carpa gibelot pré-adulta (*Carassius auratus gibelio*) a um nível constante de cistina na dieta. *Aquac. nutr.*, 22, pp. 509 – 516, 2016.

WU, G. Amino acids: Biochemistry and nutrition. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 2013.

ZHAO, Y.; YANG, C.; ZHU, X. X.; FENG, L.; LIU, Y.; JIANG, W. D.; WU, P.; HUANG, X. L.; CHEN, D. F.; YANG, S. Y.; LUO, W.; ZHANG, J. X.; LI, S. W.; DIAO, H.; WEI, X. L.; ZHOU, M. J.; ZHOU, X. Q.; JIANG, J. Benefícios da suplementação dietética de análogos de hidroxi de metionina no crescimento, estado antioxidante intestinal e microbiota em achião juvenil *Micropterus salmoides*. *Aquicultura.*, 556, 2022.

ZHOU, F.; XIAO, J. X.; HUA, Y.; NGANDZALI, B. O.; SHAO, Q. J. Exigência dietética de l-metionina para juvenis de dourada (*Sparus macrocephalus*) a um nível constante de cistina na dieta. *Aquac. nutr.*, 17, pp. 469 – 481, 2011.

ZINNGREBE, J.; MONTINARO, A.; PELTZER, N.; WALCZAK, H. Ubiquitin in the immune system. *EMBO Rep.* 15, 28–45, 2014.

## SOBRE O ORGANIZADOR

**NEILSON SILVA SANTOS** - Possui graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual de Alagoas (2021). Obteve seu Mestrado em Ciência Animal pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (2023) e no mesmo ano ingressou no Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba, na linha de produção de ruminantes com ênfase em nutrição de ruminantes. Desde o ensino técnico dedica-se a estudos na linha de produção animal principalmente nos seguintes temas: produção e avaliação de forrageiras para ruminantes, exigências nutricionais de caprinos e ovinos, nutrição e alimentação animal, microbiologia ruminal e avaliação de alimentos alternativos para ruminantes. É editor e, ou, revisor na área de zootecnia em periódicos indexados nacionais e internacionais.

**A**

- Agricultura 3, 7, 14  
Água doce 8, 9, 15, 18, 30  
Alanina 31, 36  
Albumina 36  
Alimentos alternativos 42  
Aminoácido essencial 30, 32, 33, 36  
Aminotransferase (alt) 36  
Antimicrobianas 8  
Antioxidantes 8, 39  
*Apis mellifera* 12  
*Astyanax altiparanae* 8, 9, 10, 11, 14, 15, 27

**B**

- Balsâmico 8, 12

**C**

- Cistina 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41  
Composição corporal 29, 40  
Confinamento 2, 3, 7  
Cordeiros 1, 2, 3, 4, 6, 7  
Corpúsculo polar 17, 20  
Cromossômicos maternos 17, 20  
Cromossomos 17, 19, 20

**D**

- Desempenho 1, 2, 3, 6, 7, 11, 13, 14, 24, 27, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40  
Divisão celular 17, 19

**E**

- Eficiência alimentar 2, 5, 6, 7, 23, 33, 34, 35  
Exigência de metionina 30, 31, 33, 34, 36, 37, 39, 40

**F**

- Fator de condição (fc) 36

**G**

- Gametas 17, 23, 24

Ganho de peso 4, 5, 6, 11, 13, 24, 32, 33

## H

Hemato-bioquímica 29

## I

Imunoestimulantes 8

Índice hepatossomático 36

Índice viscerosomático (ivs) 36

Irrigação 1, 4, 6

## L

Lambari-do-rabo-amarelo 8, 10, 11, 15

## M

Metionina 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41

## O

Óleo essencial de laranja 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

## P

Pescado 17, 18, 19

Poliploidia 16, 17, 19, 20, 22, 23, 24

Própolis 8, 12, 13, 14, 15

## R

Reprodução 11, 17, 23, 32

Resinoso 8, 12

Ruminantes 2, 5, 6, 42

## S

Silagem 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Síntese de proteína corporal 30

Suplemento alimentar 8, 9, 13

## Z

Zigoto triploide 17, 20



# ZOOTECNIA E AS PRÁTICAS INOVADORAS NO MANEJO ANIMAL

---

---

- 🌐 [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)



# ZOOTECNIA E AS PRÁTICAS INOVADORAS NO MANEJO ANIMAL

- 
- 
- 🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
  - ✉️ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
  - 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
  - FACEBOOK [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)