

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**EFEITO DO *Aloe vera* NO METABOLISMO ENERGÉTICO DO PACU  
(*Piaractus mesopotamicus*)**

THAÍS LUCATO SORRENTE

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**EFEITO DO *Aloe vera* NO METABOLISMO ENERGÉTICO DO PACU  
(*Piaractus mesopotamicus*)**

THAÍS LUCATO SORRENTE

Orientadora: Elisabeth Criscuolo Urbinati

Trabalho apresentado à Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP,  
Câmpus de Jaboticabal, para obtenção do  
título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Jaboticabal – SP

1 º semestre de 2022

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| S714e | <p>Sorrente, Thaís Lucato</p> <p>Efeito do Aloe vera no metabolismo energético do pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>) / Thaís Lucato Sorrente. -- Jaboticabal, 2022</p> <p>23 p.</p> <p>Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal</p> <p>Orientadora: Elisabeth Criscuolo Urbinati</p> <p>1. Extratos vegetais. 2. Peixe. 3. Jejum. 4. Fisiologia. 5. Metabolismo. I. Título.</p> |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**DEPARTAMENTO: Morfologia e Fisiologia Animal**

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**  
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**TÍTULO: Efeito do *Aloe vera* no metabolismo energético do pacu (*Piaractus mesopotamicus*)**

**ACADÊMICO: Thais Lucato Sorrente**

**CURSO: Ciências Biológicas**

**ORIENTADORA: Elisabeth Criscuolo Urbinati**

**Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora**

**BANCA EXAMINADORA:**

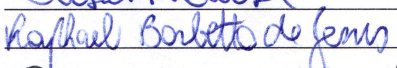
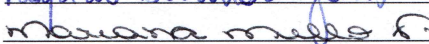
**(Nomes)**

**Presidente: Elisabeth Criscuolo Urbinati**

**Membro: Raphael Barbetta**

**Membro: Mariana Maluli Marinho de Mello**

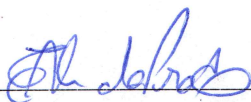
**(Assinaturas)**

**Jaboticabal**

**29/06/2022**

**Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 08 / 07 / 22**



**Chefe do Departamento**

*me levanto  
sobre o sacrifício  
de um milhão de mulheres que vieram antes  
e penso  
o que é que eu faço  
para tornar essa montanha mais alta  
para que as mulheres que vierem depois de mim  
possam ver além*

*– Rupi Kaur*

*Dedico com todo meu amor aos meus avôs  
Miguel Sorrente Filho e Constante Lucato  
(in memoriam).*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à força divina do Universo, criadora de tudo e todos. Tenho profunda confiança que ele conspira em nosso benefício.

À Deus, e aos meus guias e amigos espirituais, que me orientaram e iluminaram ao longo de toda jornada até aqui, agora e para sempre.

À Profa. Dra. Elisabeth Urbinati por ensinar com tanta sensibilidade, delicadeza e amorosidade. Tendo comigo o mesmo cuidado de uma mãe, como se fossemos todos seus netinhos queridos. Lembro do primeiro dia de aula que me encantei por sua doçura e inteligência. E o quanto aquilo me inspirou em ser uma mulher na ciência.

Ao meu pai, Luís Eduardo, obrigada por me ensinar a correr atrás daquilo que quero, já que ninguém fará isso por mim. Gabriel, meu irmão, obrigada por me ensinar a ser mais gentil, todas as vezes que você era mais do que eu. Obrigada por me ensinar que alguns nascem prontos e outros precisam se esforçar. E tá tudo bem. À minha mãe, Ana Alice, obrigada pelas suas palavras que me tocam como um abraço aconchegante. Você me faz acreditar no maior amor do mundo. O materno. Essa força da natureza que existe dentro do seu peito.

Às minhas avós e, principalmente aos meus avôs, eu agradeço pela oportunidade que seus esforços me deram. Meu coração sempre estará com vocês.

À amiga que a vida me presenteou como uma irmã, uma parte minha perdida, Duda Benetti, obrigada por cada loucura, cada lágrima escorrida juntas, cada suor em provas de vestibular. Eu espero que essa amizade seja eterna.

Ao irmão que cativou meu coração e me fez ver que não há diferenças entre nós, Carlos, você é o ser mais empoderado dessa Terra. Eu amo o quanto você consegue ser sensível e corajoso ao mesmo tempo.

Às amigas do colégio, Thainá, Júlia e Mariane tenho guardado comigo as melhores lembranças que uma adolescente poderia ter.

Ao meu professor de matemática do ensino médio Omar Gonçalves da Silva, estive na dúvida sobre aceitar ou não está vaga e seus conselhos foram essenciais: "nº 1 faça suas escolhas movidas pela razão, mas ouça sempre e profundamente o seu coração; nº 2 em qualquer percurso a trajetória poderá ser modificada, pois o tempo 'gasto' terá sido necessário para aprender mais; e nº 3 a felicidade também depende de uma vida profissional bem sucedida, por isso 'capriche' na escolha e preparação estudando muito e refletindo sempre nas escolhas feitas". Fui muito feliz sendo sua aluna, professor.

Aos irmãos da FCAV, vocês foram o meu maior desafio e meu maior presente nesse tempo aqui, Marcelo (Má-rimba), Luana (Mazama), Renan (Ozama), Vinícius (Sid), Gabriela (Falcatrúa), Mateus (Telson), Daiana (Pocahontas), Manoela (Situação), André e Mariana (Viola, a eterna DOC, ou será professora?). Sem vocês nada desses 5 anos teriam valido à pena.

Aos Urbinetes, família que me acolheu, Adriane, Mariana, Áurea, Raissa, Allana, Allan, Thaís, Julyana, Camila, Rudney, Eduardo entre tantos outros filhinhos da Professora Beth, obrigada por me ensinarem tanto e com tanto carinho. Obrigada pelos conselhos, pelos dias de coleta, pelas análises cansativas e repetidas, sou grata por cada minuto dentro do LAFIPE.

Sem me esquecer do Renan Bin, meu parceiro de IC, de experimentos, de análises, meu irmão, e amigo, eu nem sei como agradecer pelos tantos momentos que compartilhamos nesses anos. Você, de todo o seu jeito, foi quem mais me ensinou, agradeço por tudo o que passamos juntos.

À todos os professores por todo o conhecimento compartilhado ao longo do curso, sempre lembrarei de todos!

À FCAV-UNESP, pela oportunidade e recursos investidos para a realização de um grande sonho, estudar em uma universidade pública de qualidade e excelência. Foi minha segunda casa em Jaboticabal, um lugar de paz e com sua beleza escondida em meio a tanta história.

Ao Departamento de Fisiologia e Morfologia Animal, onde este trabalho foi desenvolvido, em especial aos funcionários, Rodrigo, Ângela e Euclides pelos cafés, conversa fiada e risadas. Em especial, à técnica Damares Perecim por todo acolhimento, preocupação, conselhos e ensinamentos. Por cuidar de mim como uma das suas filhas. Minha família é eternamente grata.

Ao Centro de Aquicultura da UNESP - CAUNESP por disponibilizar recursos necessários pra essa pesquisa, aos professores e funcionários. Especialmente ao Valdecir e ao Márcio, sem vocês nada seria possível. Vou guardar com carinho as brincadeiras e suas risadas.

Ao CNPQ, pelo apoio financeiro e por acreditar nos resultados deste trabalho.

E a todos aqueles que estiveram direta e indiretamente envolvidos não apenas na conclusão dessa etapa da minha vida, mas também de todas as outras. Tudo o que aconteceu me trouxe até aqui, e sou profundamente grata por isso.

## SUMÁRIO

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| LISTA DE FIGURAS.....                                                       | 7  |
| RESUMO .....                                                                | 8  |
| ABSTRACT .....                                                              | 9  |
| INTRODUÇÃO .....                                                            | 10 |
| MATERIAL E MÉTODOS .....                                                    | 12 |
| 2.1. Animais e protocolo experimental.....                                  | 12 |
| 2.4. Processamento das rações.....                                          | 12 |
| 2.2. Amostragens e Análises .....                                           | 13 |
| 2.3. Estatística .....                                                      | 14 |
| RESULTADOS .....                                                            | 14 |
| 3.1. Ganho de peso e taxa de crescimento específico (TCE).....              | 14 |
| 3.2 Indicadores metabólicos após restrição alimentar e realimentação.....   | 14 |
| 3.2.1. Indicadores metabólicos circulantes.....                             | 14 |
| 3.2.2. Indicadores teciduais após restrição alimentar e realimentação ..... | 16 |
| 3.2.3. Índices morfométricos após restrição alimentar e realimentação ..... | 16 |
| DISCUSSÃO .....                                                             | 17 |
| CONCLUSÃO .....                                                             | 19 |
| REFERÊNCIAS.....                                                            | 19 |

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Ganho de peso (A) e taxa de crescimento específico (B) em pacus (*Piaractus mesopotamicus*): alimentados continuamente, por 21 dias, sem (G1) e com suplementação de *Aloe vera* (G2); e com restrição alimentar por 14 dias e realimentados por 7 dias, sem (G3) e com suplementação de *A. vera* (G4).

**Figura 2.** Concentração plasmática de glicose (A) e concentrações séricas de triglicerídeos (B), colesterol (C), e proteína total (D) em pacus (*Piaractus mesopotamicus*): alimentados continuamente, sem e com suplementação de *Aloe vera*; com restrição alimentar por 14 dias e realimentados por 7 dias, sem e com suplementação de *A. vera*.

**Figura 3.** Concentração de lipídio hepático (A) e de lipídio muscular (B) em pacus (*Piaractus mesopotamicus*): alimentados continuamente, sem e com suplementação de *Aloe vera*; com restrição alimentar por 14 dias e realimentados por 7 dias, sem e com suplementação de *A. vera*.

**Figura 4.** Índice de gordura visceral somático (IGVS) (A) e Índice hepatossomático (IHS) (B) em pacus (*Piaractus mesopotamicus*): alimentados continuamente, sem e com suplementação de *Aloe vera*; com restrição alimentar por 14 dias e realimentados por 7 dias, sem e com suplementação de *A. vera*.

## RESUMO

Investigamos se o extrato de *Aloe vera* oferecido ao pacu (*Piaractus mesopotamicus*) como aditivo alimentar, após restrição alimentar e realimentação, poderia afetar as respostas metabólicas. Os efeitos imunomoduladores de *A. vera* em peixes são conhecidos, porém pouco se conhece sobre seus efeitos metabólicos. Os peixes foram distribuídos em 4 grupos: G1 – alimentados diariamente por 21 dias com ração comercial RC; G2 – alimentado diariamente por 21 dias com RC + 1% de extrato de *A. vera*; G3 – não alimentado por 14 dias e realimentado por 7 dias com RC; G4 – não alimentado por 14 dias e realimentado por 7 dias com RC + 1% de extrato de *A. vera*. Medimos o crescimento e os indicadores metabólicos (glicose no plasma, triglicerídeos, colesterol, lipídios no fígado, músculo e vísceras) aos 14 e 21 dias. A restrição alimentar e *A. vera* mostraram efeitos independentes no metabolismo do pacu. A restrição alimentar diminuiu a glicemia e os triglicerídeos, ambos restabelecidos após a realimentação, sendo que o aumento da glicose foi maior nos peixes alimentados com *A. vera*; diminuiu a gordura visceral, que aumentou após realimentação em peixes alimentados com *A. vera*; diminuiu o tamanho do fígado que foi restaurado após a realimentação; e aumentou o colesterol que diminuiu após a realimentação nos peixes controle. O extrato de *A. vera* foi um modulador do metabolismo lipídico, prevenindo a mobilização de lipídios no músculo e vísceras durante a realimentação utilizada para suprir a demanda energética do organismo como observado em peixes alimentados com ração controle.

**Palavras-chave:** Extratos vegetais, Peixe, Jejum, Fisiologia, Metabolismo

- Este trabalho de conclusão de curso está formatado conforme as normas da revista **Aquaculture**

## ABSTRACT

We investigated whether the extract of *Aloe vera*, offered to pacu (*Piaractus mesopotamicus*) as a food additive, after feed restriction and refeeding could affect metabolic Immunomodulating effects of *A. vera* in fish are known, however few are known about its metabolic effects. The fish were distributed into 4 groups: G1 – fed daily for 21 days with commercial feed CF; G2 – fed daily for 21 days with CF + 1% *A. vera* extract; G3 – not fed for 14 days and refed for 7 days with CF; G4 – not fed for 14 days and refed for 7 days with CF + 1% *A. vera* extract. We measured growth and metabolic indicators (blood glucose, triglycerides, cholesterol, lipid in liver, muscle, and viscera) at 14 and 21 days. Feed restriction and *A. vera* showed independent effects on metabolism of pacu. Feed restriction decreased blood glucose and triglycerides, both restored after refeeding, being the increase of glucose higher in fish fed with *A. vera*; decreased visceral fat that increased after refeeding in fish fed with *A. vera*; decreased liver size that was restored after refeeding; and increased cholesterol that decreased after refeeding in control fish. *A. vera* extract was a modulator of lipid metabolism, preventing the mobilization of lipid in muscle and viscera during refeeding used to supply the energy demand of the body as seen in fish refed with control feed.

**Keywords:** Plant extracts, Fish, Fasting, Physiology, Metabolism

## INTRODUÇÃO

A aquicultura é um processo de criação em ambiente controlado, e que se caracteriza como uma atividade econômica de grande importância, pois é o setor de produção de alimentos que se expandiu mais rapidamente em todo o mundo nos últimos 50 anos, a produção de animais aquáticos em 2020 foi 60% maior do que a média na década de 1990, consideravelmente superando o crescimento da população mundial, em grande parte devido ao aumento da produção aquícola (FAO, 2022).

A intensificação da produção de peixes está associada à otimização de estratégias para melhorar o desempenho de crescimento, conversão alimentar e resistência a doenças que estão entre os problemas mais presentes na aquicultura. Uma estratégia que tem ganhado atenção e importância é o manejo alimentar, que inclui períodos de alimentação restrita para sustentar o crescimento compensatório quando o alimento é repostado (Ali et al., 2003; Urbinati et al., 2014; Bjørnevik et al., 2021), redução dos custos de produção (Bolivar et al., 2006; Bjørnevik et al., 2021) e do impacto ambiental (Turano et al., 2008).

Diversas espécies de peixes passam por longos períodos de privação alimentar na natureza e em ambiente artificial e apresentam alta capacidade de sobreviver a esses desafios nutricionais. Os nutrientes armazenados são mobilizados para gerar energia e as atividades metabólicas são reduzidas para manter os processos fisiológicos vitais quando a disponibilidade de nutrientes é baixa (Navarro e Gutiérrez, 1995; Hvas et al., 2020; Favero et al., 2020). A restrição alimentar desencadeia alterações em várias vias metabólicas nos peixes (Navarro e Gutiérrez, 1995). Esse processo pode reduzir a quantidade de lipídios no organismo do peixe sem afetar o crescimento (Favero et al., 2020), a partir da quebra de lipídios do fígado, músculo e tecido adiposo (Marqueze et al., 2017; Nebo et al., 2018) e glicogênio em glicose (Li et al., 2018), além de promover o crescimento compensatório quando o alimento é restaurado a partir da hiperfagia e da recuperação rápida das reservas corporais (Ali et al., 2003). Efeitos semelhantes foram observados em peixes como tilápia-do-nilo (Nebo et al., 2018), tambaqui (Assis et al., 2020), pacu (Favero et al., 2020), carpa prussiana (Li et al., 2018) e esturjão (Shirvan et al., 2019).

O pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887) teleósteo pertencente a ordem *Characiformes* e família *Characidae*. Possui coloração acinzentada com gradações de amarelo e verde no seu ventre. (Urbinati et al., 2013). Pode alterar seu hábito alimentar de acordo com

a sazonalidade da oferta de alimentos (Abimorad et al., 2007), sendo exposta a períodos de inanição ou ingestão restrita de alimentos (Souza et al., 2003). Este peixe é uma espécie encontrada na América do Sul (Valladão et al., 2018) e tem valor comercial (Peixe Br, 2021).

Uma potencial estratégia que pode ser utilizada para aumentar a eficiência dos mecanismos compensatórios na realimentação é a utilização de aditivos alimentares, incluindo produtos fitoterápicos nas operações aquícolas, que podem ser utilizados como promotores de crescimento, agentes antiestresse e tônicos para o sistema imunológico (Ahilan et al., 2010; Wang et al., 2017; Herrera et al., 2019; Fazelan et al., 2020; Ciji e Akhtar, 2021; Wuertz et al., 2021). Os produtos à base de plantas são uma fonte promissora de moléculas bioativas, com várias vantagens em relação às moléculas sintéticas, sendo facilmente disponíveis, baratos e mais biodegradáveis na natureza.

Entre as plantas utilizadas podemos citar o extrato de própolis, benéfico em tilápias-do-nylo expostas ao glifosato, que reduziu os níveis do composto no fígado e nas brânquias (Abdelmagid et al., 2021), e aumentou a taxa de sobrevivência, ganho de peso e taxa de crescimento, além de reduzir as respostas de cortisol sérico e glicose, e manter os níveis de colesterol e triglicerídeos em tilápias-do-nylo sob estresse térmico durante o inverno (Hassaan et al., 2019); o extrato de oliva, que promoveu aumento do desempenho de crescimento e a utilização de proteínas em tilápias-do-nylo, resultando em maiores valores de carcaça de matéria seca e proteína, embora houvesse um aumento nos valores de gordura nesses grupos (Shahin et al., 2019); o extrato de alho, que melhorou o crescimento e a composição química corporal e reduziu o colesterol total e a conversão alimentar em robalo asiático (Abdelwahab et al., 2020); e o extrato da casca da laranjeira, que melhorou as taxas de sobrevivência, crescimento, composição bioquímica muscular e de ácidos graxos em carpas indianas (Shabana et al., 2019).

A *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) é uma planta medicinal tradicional, que pertence à família Aloaceae (OMS 1999), conhecida por proporcionar diversos efeitos benéficos à saúde humana, incluindo antidiabético, imunomodulador, anti-inflamatório, antioxidante, cicatrizante, anticancerígeno, antiulceroso, hepatoprotetor e antimicrobiano (Hamman, 2008; Rajeswari et al., 2014; Sánchez-Machado et al., 2017). Em peixes, *A. vera* mostrou efeitos imunomoduladores (Kim et al., 1999; Zanuzzo et al., 2012; Haghighi et al., 2014; Zanuzzo et al., 2017; Mehrabi et al., 2019) e metabólicos (Palermo et al., 2013; Gabriel et al., 2015a,b; Assis e Urbinati, 2020). Segundo Assis e Urbinati (2020), a *A. vera* modulou a dinâmica das reservas lipídicas, direcionando a mobilização de energia para depósitos viscerais.

Considerando os potenciais benefícios da *A. vera* e os poucos dados disponíveis sobre sua ação metabólica em peixes, nosso objetivo foi investigar se dietas suplementadas com extrato de *A. vera* oferecidas ao pacu, após um período de restrição alimentar, durante a realimentação, afetariam biomarcadores metabólicos do pacu (*Piaractus mesopotamicus*).

## MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Animais e protocolo experimental

Este estudo foi realizado de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotados pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) (Protocolo 017562/18), da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal.

O experimento foi realizado no Laboratório de Fisiologia de Peixes, do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, UNESP, campus Jaboticabal. Foram utilizados 160 juvenis ( $101,7 \pm 23,2$ g e  $16,1 \pm 1,45$ cm), fornecidos pelo Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP) e mantidos em 16 caixas de 100L (10 peixes/caixa), com renovação constante de água e aeração suplementar, por sete dias para aclimação às condições do laboratório, sendo alimentados com a ração controle, até saciedade aparente, duas vezes por dia. Neste período, foi estabelecida a taxa de alimentação de 3% do peso corporal. Os peixes foram distribuídos em quatro tratamentos (quatro réplicas por tratamento): G1 – alimentados diariamente com ração comercial RC; G2 – alimentados diariamente com RC suplementada com 1% de extrato de *A. vera*; G3 – restrição de alimento por 14 dias e realimentação por sete dias com RC; G4 – restrição por 14 dias e realimentação por sete dias com RC suplementada com 1% de extrato de *A. vera*. Os peixes dos tratamentos G1 e G2 foram alimentados diariamente, por 21 dias, enquanto os dos tratamentos G3 e G4 permaneceram sem alimento por 14 dias e foram realimentados por uma semana recebendo a mesma quantidade de alimento que os dos grupos G1 e G2. Cada tratamento teve quatro réplicas, com 10 peixes por réplica (40 peixes/tratamento).

Durante o período experimental, a temperatura da água das caixas foi  $29,7 \pm 0,3$  °C e a concentração de oxigênio dissolvido foi  $4,5 \pm 0,7$  mg/L. O fotoperíodo foi de 12 horas claro: 12 horas escuro.

### 2.4. Processamento das rações

A dieta experimental foi produzida no Centro de Aquicultura da Unesp, a partir de uma ração comercial moída (28% PB e 3.600 kcal EB/kg) e adição de 1% de extrato de *A. vera*, com 200:1 de pureza (aloverose / acemannan, lote Q0001-074943-0), segundo laudo do fornecedor. Após a adição do extrato e homogeneização, a mistura foi umedecida e submetida ao processo de granulação, utilizando uma máquina moedora de carne para confecção de pellets e secas por 24 horas à 40°C em estufa. A ração controle era isenta do extrato, mas, foi submetida ao mesmo procedimento de moagem e peletização. Após secagem, as rações foram armazenadas a -20°C até a utilização.

## 2.2. Amostragens e Análises

Após 14 e 21 dias, dois peixes de cada réplica, de todos os tratamentos, foram anestesiados com benzocaína (0,5 g/10 mL de álcool/15L de água) e foram coletadas amostras de sangue, por punção dos vasos caudais. Em seguida, os peixes foram eutanasiados com dose elevada de benzocaína (1,0 g/10 mL de álcool/15L de água), pesados e abertos ventralmente para retirada do fígado e amostras de músculo branco. Os peixes foram armazenados a -20°C para posterior retirada da gordura visceral. O fígado e a gordura visceral foram pesados para cálculo dos índices hepato-somático (IHS) e gordura víscero-somático (IGV) [(peso do órgão / peso corporal)\*100]. O peso corporal foi utilizado para cálculo de ganho de peso (GP = peso final - peso inicial) e taxa de crescimento específico (TCE =  $100[(\ln \text{ peso final médio} - \ln \text{ peso inicial médio})/\text{tempo}]$ ).

O sangue, mantido em gelo, foi colocado em microtubos contendo ou não anticoagulante para a obtenção de soro e plasma. A uma alíquota foi adicionado EDTA fluoretado (Glistab – Labtest® Ref. 29/29E) para separação de plasma e quantificação da concentração de glicose com kit comercial (Labtest® Ref. 133). No soro, foram determinados parâmetros metabólicos como proteína total (Método do Biureto, Kit Labtest® Ref. 99), colesterol e triglicerídeos (Kits Labtest®, Ref. 87 e 76, respectivamente). Amostras de fígado e de músculo branco foram utilizadas para a determinação das concentrações de lipídio total hepático e muscular (Bligh e Dyer, 1959). Nesta análise, foi verificada a porcentagem de gordura de 0,5g de tecido homogeneizado em uma solução clorofórmio:metanol (2:1) utilizada para extração dos lipídios.

## 2.3. Estatística

Os dados foram avaliados pelos testes de normalidade (Cramer-von Mises) e homocedasticidade (Brown-Forsythe) e o experimento foi analisado em um delineamento inteiramente casualizado (DIC). Com as premissas satisfeitas, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguido de teste Tukey ( $p < 0,05$ ) pelo software SAS 9.0.

## RESULTADOS

### 3.1. Ganho de peso e taxa de crescimento específico (TCE)

Houve um ganho de peso significativamente maior em peixes alimentados continuamente, em relação aos peixes que passaram por 14 dias de restrição e 7 de realimentação em ambos os tratamentos ( $p < 0,05$ ). Não houve diferença entre os tratamentos, entretanto, numericamente, os peixes realimentados com a ração contendo *A. vera* (G4) apresentaram maior crescimento durante os 7 dias de realimentação (Fig. 1A). A TCE comportou-se como o ganho de peso (Fig. 1B).

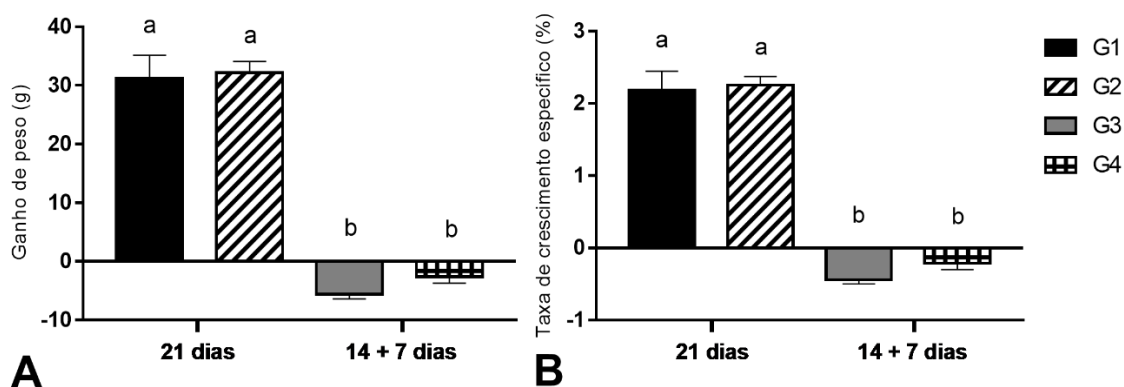


Fig. 1. Ganho de peso (A) e taxa de crescimento específico (B) em pacus (*Piaractus mesopotamicus*): alimentados continuamente, por 21 dias, sem (G1) e com suplementação de *Aloe vera* (G2); e com restrição alimentar por 14 dias e realimentados por 7 dias, sem (G3) e com suplementação de *A. vera* (G4). Letras minúsculas comparam peixes dos grupos G1 e G3; G2 e G4) ao final de 21 dias.

### 3.2 Indicadores metabólicos após restrição alimentar e realimentação

#### 3.2.1. Indicadores metabólicos circulantes

Aos 14 dias, a concentração de glicose plasmática reduziu nos peixes em restrição

alimentar (G3 e G4) comparados aos peixes G1 e G2 (Fig. 2A) ( $p<0,05$ ), enquanto aos 21 dias, os níveis de glicose aumentaram em todos os grupos de peixes, sendo maior nos peixes realimentados com extrato de *A. vera* ( $p<0,05$ ).

Aos 14 dias, a concentração dos triglicerídeos séricos diminuiu nos peixes G3 e G4 (Fig. 2B) em relação a G1 e G2 ( $p<0,05$ ) e estes valores se recuperaram aos 21 dias. Nesta amostragem, houve, também, aumento das concentrações nos peixes G1, mas este aumento não apareceu nos peixes G2, e não houve diferença entre tratamentos (G1 e G2).

Após 14 dias de alimentação contínua, a *A. vera* reduziu o colesterol sanguíneo (G2), enquanto a restrição elevou os valores deste metabólito (G3 e G4) (Fig. 2C) ( $p<0,05$ ). No grupo G3, houve redução das concentrações aos 21 dias.

A concentração de proteína total não apresentou mudanças nos diferentes grupos e amostragens, exceto por um valor mais reduzido no G1 aos 21 dias em relação ao dia 14 (Fig. 2D).

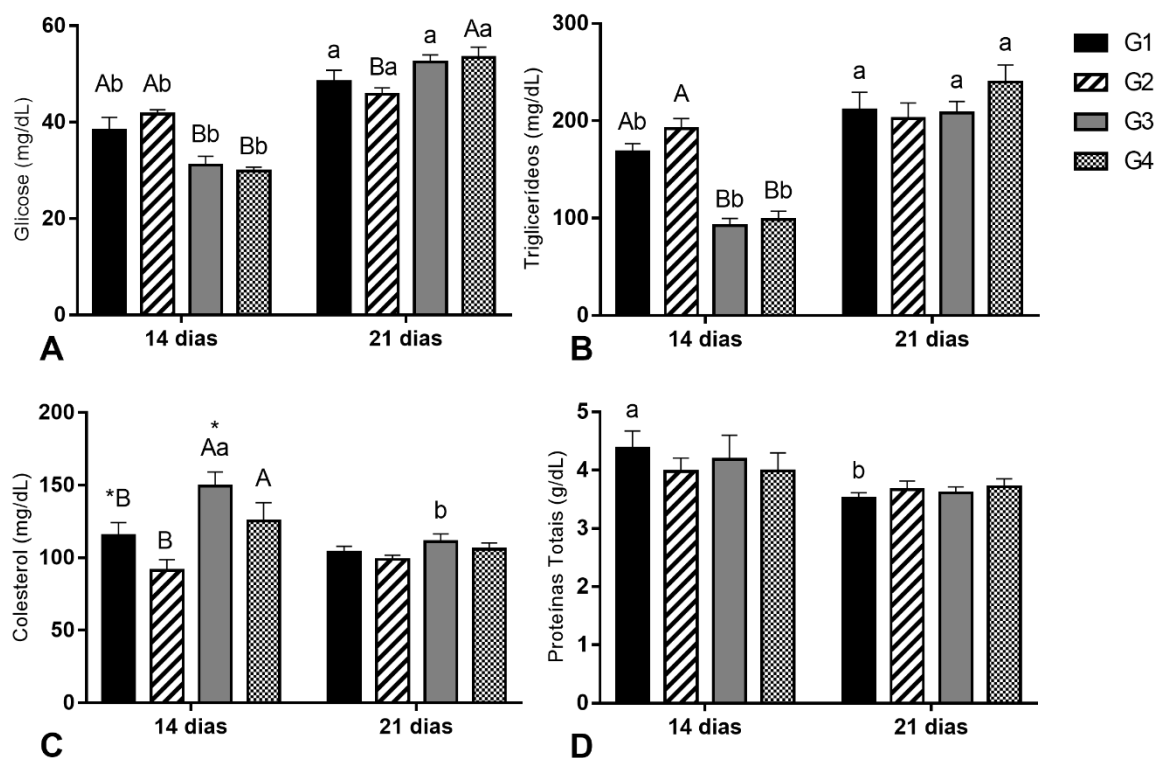


Fig. 2. Concentração plasmática de glicose (A) e concentrações séricas de triglicerídeos (B), colesterol (C), e proteína total (D) em pacus (*Piaractus mesopotamicus*): alimentados continuamente por 21 dias, sem (G1) e com suplementação de *Aloe vera* G2); com restrição alimentar por 14 dias e realimentados por 7 dias, sem (G3) e com suplementação de *A. vera* G4). Letras maiúsculas comparam peixes G1 com G3 e G2 com G4 no mesmo tratamento; as

letras minúsculas indicam diferença entre os mesmos grupos de peixes aos 14 e 21 dias e o asterisco indica diferença entre os tratamentos numa mesma amostragem.

### 3.2.2. Indicadores teciduais após restrição alimentar e realimentação

As concentrações de lipídio do fígado não se alteraram após 14 de restrição (Fig. 3A). Há um perfil geral de aumento aos 21 dias (25,1% no grupo G1, 20,3% no grupo G2 e 28,5% no grupo G4 ( $p>0,05$ ). Aumento significativo ( $p<0,05$ ) só foi observado no grupo G3, que eram peixes realimentados com ração controle.

A concentração de lipídio muscular só se alterou no grupo G3, que foi menor aos 21 (após realimentação) dias em relação ao dia 14 (Fig. 3B). Nesta amostragem (21 dias), a concentração também foi menor em G3 comparado com G1 ( $p<0,05$ ).

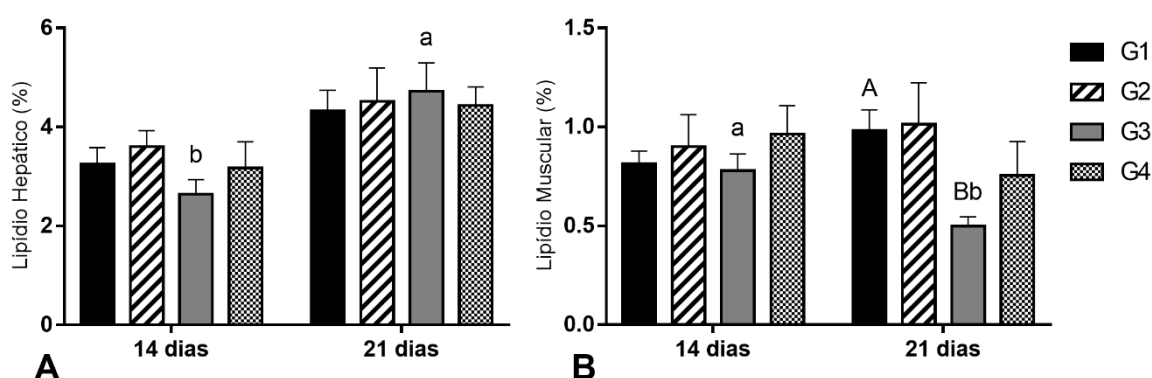


Fig. 3. Concentração de lipídio hepático (A) e de lipídio muscular (B) em pacu (*Piaractus mesopotamicus*): alimentados continuamente, sem e com suplementação de *Aloe vera*; com restrição alimentar por 14 dias e realimentados por 7 dias, sem e com suplementação de *A. vera*. Letras maiúsculas comparam peixes G1 com G3 e G2 com G4 no mesmo tratamento; as letras minúsculas indicam diferença entre os mesmos grupos de peixes aos 14 e 21 dias e o asterisco indica diferença entre os tratamentos numa mesma amostragem.

### 3.2.3. Índices morfométricos após restrição alimentar e realimentação

A restrição alimentar reduziu o IGV nos peixes G3 e G4 (Fig. 4A). Na realimentação, esse estoque de energia aumentou nestes grupos com valores significativos no grupo G4 ( $p<0,05$ ), mas ainda não se igualaram aos valores observados em G1 e G2 ( $p<0,05$ ).

Aos 14 dias, o IHS diminuiu nos peixes G3 e G4 ( $p<0,05$ ) e os valores recuperam os

valores dos grupos G1 e G2 após realimentação ( $p < 0,05$ ). Nesta amostragem, o grupo G4, que recebeu *A. vera* apresentou IHS mais elevado que o G2.

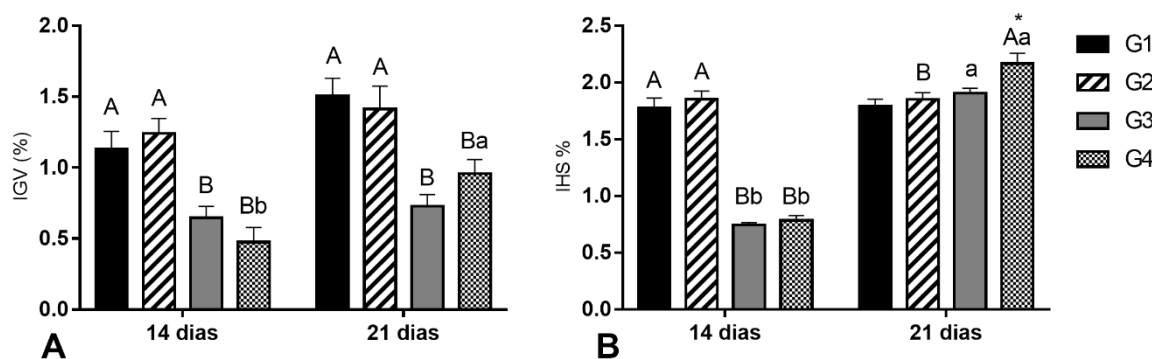


Fig. 4. Índice de gordura visceral somático (IGVS) (A) e Índice hepatossomático (IHS) (B) em pacu (*Piaractus mesopotamicus*): alimentados continuamente, sem e com suplementação de *Aloe vera*; com restrição alimentar por 14 dias e realimentados por 7 dias, sem e com suplementação de *A. vera*. Letras maiúsculas comparam peixes G1 com G3 e G2 com G4 no mesmo tratamento; as letras minúsculas indicam diferença entre os mesmos grupos de peixes aos 14 e 21 dias e o asterisco indica diferença entre os tratamentos numa mesma amostragem.

## DISCUSSÃO

Considerando que, em peixes, *A. vera* apresenta efeitos metabólicos ainda pouco explorados (Palermo et al., 2013; Gabriel et al., 2015a; Assis e Urbinati, 2020), avaliamos se o extrato vegetal, como aditivo alimentar, poderia melhorar as respostas metabólicas em pacu submetido a 14 dias de restrição alimentar seguido de 7 dias de realimentação com o aditivo.

Os resultados mostraram que *A. vera* não afetou o ganho de peso após 21 dias e a perda de peso causada por 14 dias sem comida não foi recuperada após 7 dias de alimentação em todos os grupos de peixes, embora a perda tenha sido menor nos peixes alimentados com *A. vera*. Do ponto de vista metabólico, a redução da glicose causada pela restrição alimentar foi revertida após a realimentação e as concentrações foram maiores nos peixes alimentados com *A. vera* em comparação aos alimentados com ração controle. As concentrações séricas de triglicerídeos foram reduzidas após a restrição alimentar, mas o extrato não afetou a resposta. A restrição alimentar aumentou os níveis séricos de colesterol, mas o extrato não interferiu na resposta desse metabólito. Entretanto, peixes alimentados continuamente com *A. vera* apresentaram concentrações reduzidas de colesterol. O extrato, por outro lado, evitou o aumento dos níveis de lipídios hepáticos e a mobilização de lipídios musculares após a realimentação,

ambos observados em peixes alimentados com ração controle. Além disso, a realimentação de peixes com extrato de *A. vera* mostrou um aumento no armazenamento de gordura visceral, não observado em peixes realimentados sem o extrato. O tamanho do fígado diminuiu após a restrição e se recuperou após a realimentação, com valores maiores nos peixes realimentados com o extrato.

O extrato de *A. vera* não afetou o crescimento do pacu após 21 dias de alimentação conforme descrito anteriormente. A tilápia GIFT (*Oreochromis niloticus*) alimentada com 0,5%, 1% e 2% da dieta suplementada com *A. vera* melhorou o ganho de peso, a taxa de crescimento absoluto e a taxa de crescimento específico (Gabriel et al., 2015). Da mesma forma, os índices de crescimento foram melhorados em *Oncorhynchus mykiss* alimentados com 0,1 e 0,2% de *A. vera* após 30 e 60 dias (Alishahi et al., 2017), o que não observamos em nosso estudo. *A. vera* também não alterou o ganho de peso após a realimentação. A perda de peso é uma resposta esperada após a restrição alimentar, assim como o crescimento compensatório após a realimentação (Ali et al., 2003), mas a incapacidade de recuperar o peso corporal que observamos foi provavelmente devido ao curto período de realimentação. Apesar da falha na recuperação do peso corporal, os peixes alimentados com *A. vera* tiveram menor perda de peso que os peixes controle.

Em relação à abordagem metabólica, poucos dados estão disponíveis sobre o papel de *A. vera* no metabolismo energético, e a maior parte do nosso conhecimento está relacionado a distúrbios metabólicos (Choudhary et al., 2014; Alinejad-Mofrad et al., 2015; Pothuraju et al., 2016). Encontramos uma ação protetora de *A. vera* sobre lipídios em músculo e vísceras em peixes realimentados com o extrato. O extrato impediu a mobilização de lipídios musculares quando mecanismos compensatórios foram desencadeados pela realimentação para restaurar o metabolismo e normalizar as funções biológicas dos peixes (Navarro e Gutiérrez, 1995). O mesmo foi observado no depósito visceral que aumentou nos peixes realimentados com o extrato, mas não naqueles alimentados com ração controle, indicando que *A. vera* impediu a mobilização normal dos lipídios para suprir as necessidades dos mecanismos compensatórios. Os efeitos protetores de *A. vera* sobre os estoques lipídicos em pacu foram descritos anteriormente (Assis e Urbinati, 2020). O extrato aumentou as concentrações de lipídios no fígado, músculo e vísceras, em condições basais, e preveniu a redução dos triglicerídeos após a inoculação bacteriana. Em nosso estudo, o extrato não afetou os níveis de triglicerídeos e colesterol durante os 14 dias iniciais de alimentação, mas a restrição alimentar diminuiu e aumentou esses metabólitos, respectivamente. Em peixes dourados (*Carassius auratus*), um suplemento dietético de 2% de *A. vera* reduziu o colesterol no sangue após 30 dias (Palermo et

al., 2013). Em outro estudo, quando a tilápia GIFT foi alimentada com 4% de *A. vera* na dieta, o colesterol total reduziu, enquanto o triacilglicerol reduziu naquelas alimentadas com 0,5, 2 e 4% do extrato (Gabriel et al., 2015a). Ao contrário de ambos os estudos (Palermo et al., 2013; Gabriel et al. 2015a), não encontramos alterações nos níveis basais de colesterol e triglicerídeos no sangue após alimentação de peixes com *A. vera* por 21 dias, conforme descrito por Assis e Urbinati (2020) após alimentar pacu por 7 dias.

O aumento dos níveis de colesterol após restrição alimentar foi descrito anteriormente em plasma de pacu (Favero et al., 2020) e em vários tecidos de *Anabas testudineus* após 60 dias sem alimento (Godavarthy et al., 2012), porém, em contraste, o colesterol plasmático diminuiu em condição de jejum em *Oncorhynchus mykiss* (Heming e Paleczny, 1987), *Salmo trutta* (L.) (Regost et al., 2001), *Acipenser naccarii* (Furné et al., 2012) e Barbo prateado (*Barbonymus schwanenfeldii*) (Eslamloo et al., 2017).

## CONCLUSÃO

Os resultados indicam que o extrato de *Aloe vera* é um modulador do metabolismo lipídico em pacu, e estudos com este foco são importantes, pois este pescado possui grande quantidade de gordura na carcaça, característica que afeta negativamente a qualidade do produto na prateleira.

A suplementação de alimentos com diferentes produtos fitoterápicos na dieta de peixes é mais barata e ecologicamente correta, com baixo efeito colateral para os peixes e consumidores. Assim, seu uso na aquicultura está ganhando popularidade.

## REFERÊNCIAS

- ABDELMAGID, Afaf D. et al. Propolis nanoparticles relieved the impacts of glyphosate-induced oxidative stress and immunosuppression in Nile tilapia. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 13, p. 19778-19789, 2022.
- ABDELWAHAB, Abdelwahab M.; EL-BAHR, Sabry M.; AL-KHAMEES, Sami. Influence of dietary garlic (*Allium sativum*) and/or ascorbic acid on performance, feed utilization, body composition and hemato-biochemical parameters of juvenile Asian Sea Bass (*Lates calcarifer*). **Animals**, v. 10, n. 12, p. 2396, 2020.
- ABIMORAD, Eduardo Gianini; CARNEIRO, Dalton José; URBINATI, Elisabeth Criscuolo. Growth and metabolism of pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg 1887) juveniles fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. **Aquaculture Research**, v. 38, n. 1, p. 36-44, 2007.

AHILAN, B.; NITHIYAPRIYATHARSHINI, A.; RAVANESHWARAN, K. Influence of certain herbal additives on the growth, survival and disease resistance of goldfish, *Carassius auratus* (Linnaeus). **Tamilnadu J. Vet. Ani. Sci.**, v. 6, n. 1, p. 5-11, 2010.

ALI, Muhammad; NICIEZA, A.; WOOTTON, Robert J. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. **Fish and fisheries**, v. 4, n. 2, p. 147-190, 2003.

ALINEJAD-MOFRAD, Samaneh et al. Improvement of glucose and lipid profile status with *Aloe vera* in pre-diabetic subjects: a randomized controlled-trial. **Journal of diabetes & metabolic disorders**, v. 14, n. 1, p. 1-7, 2015.

ALISHAHI, Mojtaba et al. Effects of *Aloe Vera* crude extract on growth performance and some hemato-immunological indices of *Oncorhynchus mykiss* in farm scale. **Iranian Journal of Veterinary Medicine**, v. 11, n. 4, p. 383-394, 2017.

ASSIS, Yhago Patrycky Antunes Souza et al. Feed restriction as a feeding management strategy in *Colossoma macropomum* juveniles under recirculating aquaculture system (RAS). **Aquaculture**, v. 529, p. 735689, 2020.

BJØRNEVIK, Marit et al. The effect of alternate-day feeding on growth and feed conversion in Atlantic cod *Gadus morhua*. **Aquaculture Nutrition**, v. 27, n. 4, p. 1206-1211, 2021.

BLIGH, E. Graham; DYER, W. Justin. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian journal of biochemistry and physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BOLIVAR, Remedios B.; JIMENEZ, Eddie Boy T.; BROWN, Christopher L. Alternate-day feeding strategy for Nile tilapia grow out in the Philippines: marginal cost-revenue analyses. **North American Journal of Aquaculture**, v. 68, n. 2, p. 192-197, 2006.

CHOUDHARY, Monika; KOCHHAR, Anita; SANGHA, Jaswinder. Hypoglycemic and hypolipidemic effect of *Aloe vera* L. in non-insulin dependent diabetics. **Journal of food science and technology**, v. 51, n. 1, p. 90-96, 2014.

CIJI, Alexander; AKHTAR, Mohammad S. Stress management in aquaculture: a review of dietary interventions. **Reviews in Aquaculture**, v. 13, n. 4, p. 2190-2247, 2021.

DE ASSIS, Rudney Weiber Silva; URBINATI, Elisabeth Criscuolo. Physiological activity of *Aloe vera* in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) inoculated with *Aeromonas hydrophila*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 46, n. 4, p. 1421-1430, 2020.

ESLAMLOO, Khalil et al. Effect of starvation on some immunological and biochemical parameters in tinfoil barb (*Barbonymus schwanenfeldii*). **Journal of Applied Animal Research**, v. 45, n. 1, p. 173-178, 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). The State of World Fisheries and Aquaculture, Towards Blue Transformation. Rome: FAO; 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cc0461en>

FAVERO, Gisele Cristina et al. A fasting period during grow-out make juvenile pacu (*Piaractus mesopotamicus*) leaner but does not impair growth. **Aquaculture**, v. 524, p. 735242, 2020.

FAZELAN, Zohreh et al. Effects of dietary ginger (*Zingiber officinale*) administration on growth performance and stress, immunological, and antioxidant responses of common carp (*Cyprinus carpio*) reared under high stocking density. **Aquaculture**, v. 518, p. 734833, 2020.

FURNÉ, Miriam et al. The metabolic effects of prolonged starvation and refeeding in sturgeon and rainbow trout. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 182, n. 1, p. 63-76, 2012.

GABRIEL, Ndakalimwe Naftal et al. Dietary *Aloe vera* improves plasma lipid profile, antioxidant, and hepatoprotective enzyme activities in GIFT-tilapia (*Oreochromis niloticus*) after *Streptococcus iniae* challenge. **Fish physiology and biochemistry**, v. 41, n. 5, p. 1321-1332, 2015a.

GABRIEL, Ndakalimwe Naftal et al. Dietary *Aloe vera* supplementation on growth performance, some haemato-biochemical parameters and disease resistance against *Streptococcus iniae* in tilapia (GIFT). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 44, n. 2, p. 504-514, 2015b

GODAVARTHY, Padmavathi; KUMARI, Y. Sunila; BIKSHAPATHY, E. Starvation induced cholesterologenesis in hepatic and extra hepatic tissues of climbing Perch, *Anabas testudineus* (Bloch). **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 19, n. 4, p. 489-494, 2012.

HAGHIGHI, Masoud et al. Study of effects *Aloe vera* extract supplemented feed on hematological and immunological indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research**, v. 2, n. 6, p. 2143-2154, 2014.

HAMMAN, Josias H. Composition and applications of *Aloe vera* leaf gel. **Molecules**, v. 13, n. 8, p. 1599-1616, 2008.

HASSAAN, Mohamed S. et al. Nutritional mitigation of winter thermal stress in Nile tilapia by propolis-extract: Associated indicators of nutritional status, physiological responses and transcriptional response of delta-9-desaturase gene. **Aquaculture**, v. 511, p. 734256, 2019.

HEMING, Thomas A.; PALECZNY, Edward J. Compositional changes in skin mucus and blood serum during starvation of trout. **Aquaculture**, v. 66, n. 3-4, p. 265-273, 1987.

HERRERA, Marcelino; MANCERA, Juan Miguel; COSTAS, Benjamín. The use of dietary additives in fish stress mitigation: comparative endocrine and physiological responses. **Frontiers in endocrinology**, v. 10, p. 447, 2019.

HVAS, Malthe; STIEN, Lars Helge; OPPEDAL, Frode. The metabolic rate response to feed withdrawal in Atlantic salmon post-smolts. **Aquaculture**, v. 529, p. 735690, 2020.

KIM, Ki Hong; HWANG, Yoon Jung; BAI, Sungchul C. Resistance to *Vibrio alginolyticus* in juvenile rockfish (*Sebastes schlegeli*) fed diets containing different doses of aloe. **Aquaculture**, v. 180, n. 1-2, p. 13-21, 1999.

LI, Hongyan et al. Effects of starvation on glucose and lipid metabolism in gibel carp (*Carassius auratus gibelio* var. CAS III). **Aquaculture**, v. 496, p. 166-175, 2018.

MARQUEZE, A. et al. Protein and lipid metabolism adjustments in silver catfish (*Rhamdia quelen*) during different periods of fasting and refeeding. **Brazilian Journal of Biology**, v. 78, p. 464-471, 2017.

MEHRABI, Zibandeh et al. Immunostimulatory effect of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis*) on non-specific immune response, immune gene expression, and experimental challenge with *Saprolegnia parasitica* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 503, p. 330-338, 2019.

NAVARRO, Isabel; GUTIERREZ, Joaquim. Fasting and starvation. In: **Biochemistry and molecular biology of fishes**. Elsevier, 1995. p. 393-434.

NEBO, Caroline et al. Depletion of stored nutrients during fasting in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 30, n. 2, p. 157-173, 2018.

PALERMO, Francesco A. et al. Dietary *Aloe vera* components' effects on cholesterol lowering and estrogenic responses in juvenile goldfish, *Carassius auratus*. **Fish physiology and biochemistry**, v. 39, n. 4, p. 851-861, 2013.

PEIXEBR (2021). Anuário PEIXE BR da Piscicultura 2021. Disponível em <https://www.peixebr.com.br/anuario-2021/>.

POTHURAJU, Ramesh et al. Hypoglycemic and hypolipidemic effects of *Aloe vera* extract preparations: a review. **Phytotherapy research**, v. 30, n. 2, p. 200-207, 2016.

RAJESWARI, R. et al. *Aloe vera*: the miracle plant its medicinal and traditional uses in India. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 1, n. 4, p. 118-124, 2012.

REGOST, Christelle et al. Fat deposition and flesh quality in seawater reared, triploid brown trout (*Salmo trutta*) as affected by dietary fat levels and starvation. **Aquaculture**, v. 193, n. 3-4, p. 325-345, 2001.

SÁNCHEZ-MACHADO, Dalia I. et al. *Aloe vera*: Ancient knowledge with new frontiers. **Trends in Food Science & Technology**, v. 61, p. 94-102, 2017.

SHABANA, M. S.; KARTHIKA, M.; RAMASUBRAMANIAN, V. Effect of dietary *Citrus sinensis* peel extract on growth performance, digestive enzyme activity, muscle biochemical composition, and metabolic enzyme status of the freshwater fish, *Catla catla*. **The Journal of Basic and Applied Zoology**, v. 80, n. 1, p. 1-9, 2019.

SHAHIN, Sara E. et al. Effect of Olive Leaves and Propolis Extracts on Growth Performance, Immunological Parameters and Economic Efficiency using Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Zagazig Veterinary Journal**, v. 47, n. 4, p. 447-458, 2019.

SHIRVAN, Sakineh et al. Physiological responses to feed restriction and starvation in juvenile *Siberian sturgeon* *Acipenser baerii* (Brandt, 1869): Effects on growth, body composition and blood plasma metabolites. **Aquaculture Research**, v. 51, n. 1, p. 282-291, 2020.

SOUZA, Valéria Leão et al. Effects of food restriction and refeeding on energy stores and growth of pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Characidae). **Journal of Aquaculture in the Tropics**, v. 15, n. 4, p. 371-379, 2000.

TURANO, Marc J.; BORSKI, Russell J.; DANIELS, Harry V. Effects of cyclic feeding on compensatory growth of hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*) foodfish and water quality in production ponds. **Aquaculture Research**, v. 39, n. 14, p. 1514-1523, 2008.

URBINATI, Elisabeth Criscuolo; TAKAHASHI, Leonardo Susumu. **Pacu (*Piaractus mesopotamicus*)**. In: Baldisseroto, B., de Carvalho Gomes, L. Espécies nativas para piscicultura no Brasil. 2ª edição revisada e ampliada. Editora UFSM, Santa Maria, cap. p. 205-244, 2013.

URBINATI, Elisabeth Criscuolo; SARMIENTO, Sherezada Jiménez; TAKAHASHI, Leonardo Susumu. Short-term cycles of feed deprivation and refeeding promote full compensatory growth in the Amazon fish matrinxã (*Brycon amazonicus*). **Aquaculture**, v. 433, p. 430-433, 2014.

VALLADÃO, Gustavo Moraes Ramos; GALLANI, Sílvia Umeda; PILARSKI, Fabiana. South American fish for continental aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, v. 10, n. 2, p. 351-369, 2018.

WANG, Wei et al. Application of immunostimulants in aquaculture: current knowledge and future perspectives. **Aquaculture Research**, [S.L.], v. 48, n. 1, p. 1-23, 2016.

WUERTZ, Sven; SCHROEDER, Arne; WANKA, Konrad M. Probiotics in fish nutrition—long-standing household remedy or native nutraceuticals? **Water**, v. 13, n. 10, p. 1348, 2021.

ZANUZZO, Fábio S. et al. *Aloe vera* enhances the innate immune response of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) after transport stress and combined heat killed *Aeromonas hydrophila* infection. **Fish & shellfish immunology**, v. 65, p. 198-205, 2017.

ZANUZZO, Fábio Sabbadin; BILLER-TAKAHASHI, Jaqueline Dalbello; URBINATI, Elisabeth Criscuolo. Effect of *Aloe vera* extract on the improvement of the respiratory activity of leukocytes of matrinxã during the transport stress. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 2299-2302, 2012.