



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Araçatuba

ANDREY PIANTE CHOTOLLI

**AVALIAÇÃO DO USO DE COPRODUTOS DE FRUTAS NA
ALIMENTAÇÃO DE TILÁPIAS-DO-NILO (*Oreochromis
niloticus*)**

Araçatuba

2023

ANDREY PIANTE CHOTOLLI

**AVALIAÇÃO DO USO DE COPRODUTOS DE FRUTAS NA
ALIMENTAÇÃO DE TILÁPIAS-DO-NILO (*Oreochromis
niloticus*)**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Orientadora: Prof^a. Associada Elisa Helena Giglio Ponsano

Araçatuba

2023

C551a	Chotolli, Andrey Piante Avaliação do uso de coprodutos de frutas na alimentação de Tilápias-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>). / Andrey Piante Chotolli. -- Araçatuba, 2023 102 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Medicina Veterinária, Araçatuba Orientadora: Elisa Helena Giglio Ponsano 1. Peroxidação lipídica. 2. Composição centesimal. 3. Estado oxidativo. 4. Antioxidantes. 5. Compostos fenólicos. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária, Araçatuba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araçatuba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

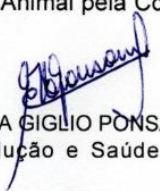
Título:

AVALIAÇÃO DO USO DE COPRODUTOS DE FRUTAS NA ALIMENTAÇÃO DE TILÁPIAS-DO-
NILO (*Oreochromis niloticus*)

AUTOR: ANDREY PIANTE CHOTOLLI

ORIENTADORA: ELISA HELENA GIGLIO PONSANO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de , área: Medicina Veterinária
Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. ELISA HELENA GIGLIO PONSANO (Participação Presencial)
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de
Araçatuba/UNESP

Prof. Dr. IVAN DANIEL DOS SANTOS MARTINS VIEGAS (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Vida / Universidade de Coimbra

Profa. Dra. ANA MARIA BRIDI (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia / Centro de Ciências Agrárias / UEL

Araçatuba, 21 de julho de 2023.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araçatuba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:

AVALIAÇÃO DO USO DE COPRODUTOS DE FRUTAS NA ALIMENTAÇÃO DE TILÁPIAS-DO-
NILO (*Oreochromis niloticus*)

AUTOR: ANDREY PIANTE CHOTOLLI

ORIENTADORA: ELISA HELENA GIGLIO PONSANO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de , área: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. ELISA HELENA GIGLIO PONSANO (Participação Presencial)
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP

Prof. Dr. IVAN DANIEL DOS SANTOS MARTINS VIEGAS (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Vida / Universidade de Coimbra

Profa. Dra. ANA MARIA BRIDI (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia / Centro de Ciências Agrárias / UEL

Araçatuba, 21 de julho de 2023.

Assinado por : IVAN DANIEL DOS SANTOS

MARTINS VIEGAS

Num. de Identificação: B111937115

Data: 2023.07.21 16:44:46 +0100



CHAVE MÓVEL





UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araçatuba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:

AVALIAÇÃO DO USO DE COPRODUTOS DE FRUTAS NA ALIMENTAÇÃO DE TILÁPIAS-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*)

AUTOR: ANDREY PIANTE CHOTOLLI

ORIENTADORA: ELISA HELENA GIGLIO PONSANO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de , área: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. ELISA HELENA GIGLIO PONSANO (Participação Presencial)
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP

Prof. Dr. IVAN DANIEL DOS SANTOS MARTINS VIEGAS (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Vida / Universidade de Coimbra

Profa. Dra. ANA MARIA BRIDI (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia / Centro de Ciências Agrárias / UEL

Araçatuba, 21 de julho de 2023.



Documento assinado digitalmente
ANA MARIA BRIDI
Data: 21/07/2023 14:44:38-0300
Verifique em <https://validar.itb.gov.br>

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me guiado até aqui;

Aos meus pais, Clenir e Terezinha, que nunca mediram esforços em suas vidas para realizar os sonhos dos filhos;

Ao meu irmão, Wesley, meu espelho e maior incentivador desse projeto chamado doutorado;

À minha noiva, Caroline, minha maior incentivadora de vida, meu ombro amigo, minha companheira para as horas mais fáceis e mais difíceis. Obrigado por não ter soltado a minha mão, e à nossa Mily, por ter proporcionado os nossos momentos de diversão e calma, e a toda a família que me auxiliou;

À minha cunhada, Vanessa, pelas conversas de incentivo e força;

Ao amigo Victor Fonseca pela idealização desse projeto e por ter me permitido fazer parte dele, por toda a orientação necessária e por nossos momentos de descontração;

Ao amigo Rubén Bermejo-Poza, por todas as nossas horas de conversas, diversão e, principalmente, transmissão de conhecimentos, e à sua família, por terem me recebido calorosamente em Madrid;

Aos meus amigos de equipe da FMVA, Isabella, Caíque, Isadora, Brayan, Mariana, Letícia, Ronnie, Gabrielly, Pedro, Filipe e André, que me acompanharam e ajudaram durante todo o projeto nesses últimos anos. Sem a ajuda fundamental de vocês, isso também não existiria;

À minha psicóloga, Rebeca Bottaro, por ter mantido a minha saúde mental em dia para superar todos esses desafios;

Aos meus amigos Letícia, Arine e Luis, por desde o início da minha graduação estarem comigo e, mesmo longe, me darem forças para concluir essa fase;

À Daniela e à Maria Fernanda que estiveram comigo durante esse tempo em Araçatuba, me propiciando boas risadas e descontrações, e a toda equipe do Laboratório de Alimentos;

À Universidade de Coimbra e seus pesquisadores Ivan Viegas, Mariana Palma, Pedro Duarte e todos do laboratório, por terem me permitido viver o sonho de estudar na Europa e fazer parte, de alguma forma, dessa universidade histórica, e por me fazerem sentir-me em casa durante todo o período que estive lá. E à dona Fátima, por ter me recebido tão bem;

À Gabriela e ao Thiago, por terem falado as palavras necessárias no momento que eu mais precisava e por todos os momentos de diversão e estudos, seja pelas músicas do Thiago ou pelos vídeos da Gabi;

À Lilian Bittencourt e à equipe do EnglishYourself por terem me dado a oportunidade de fazer parte desse time e me proporcionado a realização do meu sonho;

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e à Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba por terem me dado a oportunidade de estar aqui, e aos seus funcionários, Laércio, Carlos Renato e Thiago, por toda a força nos momentos que precisamos;

Ao professor Manoel, ao colega Rodrigo e a toda a equipe pelos conhecimentos transmitidos e parceria;

À Universidade Complutense de Madrid, pela parceria e receptividade;

À toda minha família, meus padrinhos, tios e tias, primos e primas que, de alguma forma, trilharam esse caminho junto comigo;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado e capacitação no exterior;

À minha orientadora, Elisa Helena Giglio Ponsano, por tudo! Por todas as orientações, por todas as nossas horas de conversa, por todo o conhecimento transmitido, por toda a força, por ter me guiado e, principalmente, por ser o meu suporte durante esses anos. Termino essa etapa da minha vida com uma parceria pra vida toda. Obrigado!

*Vamos viver nossos sonhos, temos tão
pouco tempo.*

(Charlie Brown Jr.)

CHOTOLLI, A. P. **Avaliação do uso de coprodutos de frutas na alimentação de Tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2023. 102 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2023.

RESUMO

Os objetivos neste estudo foram caracterizar coprodutos agroindustriais de maçã, acerola e uva e avaliar os efeitos de sua inclusão na dieta de tilápias sobre os parâmetros bioquímicos séricos e o estado oxidativo dos peixes e a qualidade da carne. Nos farelos das frutas foram medidos os compostos fenólicos, os carotenoides e suas atividades antioxidantes. O experimento com as tilápias foi realizado em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram: C – ração controle, sem farelo de frutas, e três rações contendo farelos de acerola (FA) ou maçã (FM) ou uva (FU) na proporção de 5%. Os peixes foram criados em sistema fechado de recirculação de água, com aeração forçada e alimentação na proporção de 6% da biomassa de cada caixa, dividida em duas vezes ao dia, por 45 dias. A manutenção da qualidade da água foi realizada por meio de sifonagens e trocas parciais de água, acompanhadas do controle dos parâmetros físico-químicos (valores médios: temperatura $23,89 \pm 0,71$ °C; pH $7,17 \pm 0,04$; nitrito $1,68 \pm 0,8$ ppm; amônia $2,46 \pm 0,29$ ppm; oxigênio dissolvido $9,78 \pm 0,58$ ppm). Os peixes foram pesados e medidos para a obtenção dos dados de desempenho produtivo (ganho de peso, fator de condição corporal e eficiência alimentar) e o sangue foi coletado para as análises bioquímicas e do estado oxidativo. Após o abate, os fígados foram removidos e pesados para a determinação do índice hepatossomático e os filés foram removidos para as análises de composição centesimal e peroxidação lipídica. Os resultados foram analisados estatisticamente por análise de variância e teste de Tukey, adotando-se o nível de significância de 5%. O farelo de uva apresentou a maior concentração de compostos fenólicos totais ($857 \pm 2,6$ µg/100 mg), carotenoides ($5,76 \pm 0,58$ mg/kg) e a maior atividade antioxidante ($136 \pm 4,98$ µ Trolox/g), seguido dos farelos de acerola e maçã. A inclusão dos farelos de frutas nas dietas das tilápias promoveu maior deposição de lipídios nos filés (FA (%): $3,17 \pm 0,86$; FM (%): $3,14 \pm 0,56$; FU (%): $2,83 \pm 0,12$) e o farelo de uva promoveu maior deposição de proteínas ($16,55 \pm 0,31$ %). Todos os farelos de frutas retardaram o estabelecimento da peroxidação lipídica durante o tempo de armazenamento sob congelamento. Os peixes alimentados com o farelo de acerola obtiveram o maior ganho de peso ($656,167 \pm 189,825$ g) e as dietas contendo os farelos de frutas mantiveram ou melhoraram os parâmetros bioquímicos indicadores do estado de saúde e melhoraram os indicadores do estado oxidativo dos animais. Os resultados confirmam a sugestão de uso de coprodutos da industrialização de frutas na alimentação de peixes como forma de melhorar a qualidade físico-química da carne e melhorar a condição fisiológica dos animais.

Palavras-chave: Peroxidação lipídica. Composição centesimal. Estado oxidativo. Antioxidantes. Compostos fenólicos.

CHOTOLLI, A. P. **Evaluation of the use of fruit coproducts in the feeding of Nile-Tilapia (*Oreochromis niloticus*)**. 2023. 102 p. Thesis (Doctorate) - Faculty of Veterinary Medicine, São Paulo State University, Araçatuba, 2023.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to characterize apple, acerola and grape agroindustrial coproducts and to evaluate the effects of including these residues in the tilapia diet on the quality and lipid peroxidation of the meat and on serum biochemical parameters and oxidative status of the fish. The meals were characterized on their phenolic compounds, carotenoids and their respective antioxidant activities. The experiment was conducted in an entirely randomized design with four treatments and six replicates. The treatments were: C - control feed, without fruit meal, and three feeds containing acerola (ACM) or apple (APM) or grape (GRM) meal. The fish were raised in a closed water recirculation system, with forced aeration and feeding at the rate of 6% of biomass per box, divided twice a day, for 45 days. The maintenance of the water quality was done by siphoning and partial water changes, aiming to control the physical-chemical parameters (mean values: temperature $23,89 \pm 0,71$ °C; pH $7,17 \pm 0,04$; nitrite $1,68 \pm 0,8$ ppm; ammonia $2,46 \pm 0,29$ ppm; dissolved oxygen $9,78 \pm 0,58$ ppm). The fish were weighed and measured to obtain performance data (weight gain, body condition factor and feed efficiency) and the blood was collected for the biochemical and oxidative status analyses. After slaughter, the livers were removed and weighted for the determination of the hepatosomatic index and the fillets were removed for the proximate composition and lipid peroxidation analyses. The results were statistically analyzed, through normality and homogeneity tests, variance analysis, and Tukey's test, with a 5% significance level. The grape meal presented the highest concentration of total phenolic compounds ($857 \pm 2,6$ µg/100 mg), and carotenoids ($5,76 \pm 0,58$ mg/kg) and the highest antioxidant activity ($136 \pm 4,98$ µ Trolox/g), followed by acerola and apple meal. The inclusion of the fruits meals in the tilapia diets provided higher deposition of lipids in the fillets (ACM (%): $3,17 \pm 0,86$; APM (%): $3,14 \pm 0,56$; GRM (%): $2,83 \pm 0,12$) and grape meal also provided higher protein content ($16,55 \pm 0,31$ %). All the fruits meals slowed up the onset of the lipid peroxidation during the storage time under freezing conditions. Fish fed acerola meal had the best weight gain ($656,167 \pm 189,825$ g) and the diets containing the fruit meals maintained or improved the biochemical parameters indicating the health status and improved the oxidative status indicators of the animals. The data obtained confirm the suggestion of using fruit residues in fish feed to improve the physicochemical quality of the meat and improve the physiological condition of the animals.

Keywords: Lipid peroxidation. Centesimal composition. Oxidative state. Antioxidants. Phenolic compounds.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 – COPRODUTOS DA INDUSTRIALIZAÇÃO DE ACEROLA, MAÇÃ E UVA NA ALIMENTAÇÃO DE TILÁPIAS-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*) E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE DA CARNE.

- Figura 1 - Determinação de compostos fenólicos totais e dos carotenoides nos coprodutos de frutas..... 33
- Figura 2 - Curva padrão da captura dos radicais ABTS e DPPH para a determinação da capacidade antioxidante dos coprodutos de frutas.....34
- Figura 3 - Galpão de criação dos peixes.....35
- Figura 4 - Peletizadora utilizada no preparo das rações experimentais e aspecto dos pellets obtidos.....37

CAPÍTULO 2 – PARÂMETROS BIOQUÍMICOS E ESTADO OXIDATIVO DE TILÁPIAS (*Oreochromis niloticus*) ALIMENTADAS COM COPRODUTOS DE FRUTAS.

- Figura 1 - Galpão de criação dos peixes..... 56
- Figura 2 - Ração peletizada utilizada durante o período de experimento..... 58

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 – COPRODUTOS DA INDUSTRIALIZAÇÃO DE ACEROLA, MAÇÃ E UVA NA ALIMENTAÇÃO DE TILÁPIAS-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*) E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE DA CARNE.

Tabela 1 - Composição das rações experimentais..... 36

Tabela 2 - Compostos bioativos e atividade antioxidante dos farelos de frutas adicionados às dietas experimentais..... 39

Tabela 3 - Composição centesimal dos filés de tilápias alimentadas com as rações experimentais.....40

CAPÍTULO 2 – PARÂMETROS BIOQUÍMICOS E ESTADO OXIDATIVO DE TILÁPIAS (*Oreochromis niloticus*) ALIMENTADAS COM COPRODUTOS DE FRUTAS.

Tabela 1 - Composição da ração fornecida aos peixes..... 57

Tabela 2 - Parâmetros de desempenho de tilápias alimentadas com as dietas experimentais..... 61

Tabela 3 - Parâmetros bioquímicos do sangue de tilápias alimentadas com as dietas experimentais..... 62

LISTA DE GRÁFICOS

CAPÍTULO 1 – COPRODUTOS DA INDUSTRIALIZAÇÃO DE ACEROLA, MAÇÃ E UVA NA ALIMENTAÇÃO DE TILÁPIAS-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*) E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE DA CARNE.

Gráfico 1 - Medida da peroxidação lipídica (mg de malonaldeído/kg) em filés de tilápias alimentadas com as rações experimentais em diferentes tempos de armazenamento sob congelamento a -20 °C..... 41

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	19
1.1	Revisão de literatura.....	20
1.1.1	A tilapicultura no Brasil e no mundo.....	20
1.1.2	Fruticultura e geração de coprodutos no Brasil.....	21
1.1.3	Utilização de frutas e seus coprodutos na nutrição animal.....	23
1.1.4	A importância de compostos bioativos na saúde e no estado oxidativo.....	25
1.2	Objetivo.....	27
2	CAPÍTULO 1 – COPRODUTOS DA INDUSTRIALIZAÇÃO DE ACEROLA, MAÇÃ E UVA NA ALIMENTAÇÃO DE TILÁPIAS-DO-NILO (<i>Oreochromis niloticus</i>) E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE DA CARNE.....	28
2.1	Resumo.....	28
2.2	Abstract.....	29
2.3	Introdução.....	30
2.4	Material e métodos.....	32
2.4.1	Determinação de compostos bioativos e atividade antioxidante nos coprodutos de frutas.....	32
2.4.2	Desenho experimental, dietas experimentais e manejo da criação.....	34
2.4.3	Insensibilização e abate dos peixes e coleta de amostras para análises.....	37
2.4.4	Determinação da composição centesimal dos filés.....	38
2.4.5	Determinação da peroxidação lipídica da carne.....	38
2.4.6	Análises estatísticas.....	38
2.5	Resultados.....	38
2.5.1	Compostos bioativos e atividade antioxidante nos coprodutos de frutas.....	38
2.5.2	Composição centesimal dos filés.....	39

2.5.3	Peroxidação lipídica nos filés de tilápias.....	40
2.6	Discussão.....	41
2.7	Conclusão.....	43
2.8	Referências.....	44
3	CAPÍTULO 2 – PARÂMETROS BIOQUÍMICOS E ESTADO OXIDATIVO DE TILÁPIAS (<i>Oreochromis niloticus</i>) ALIMENTADAS COM COPRODUTOS DE FRUTAS.....	52
3.1	Resumo.....	52
3.2	Abstract.....	53
3.3	Introdução.....	54
3.4	Material e métodos.....	55
3.4.1	Desenho experimental, dietas experimentais e manejo da criação.....	55
3.4.2	Determinação do desempenho zootécnico e do índice hepatossomático.....	59
3.4.3	Parâmetros de saúde.....	59
3.4.4	Estado Oxidativo do sangue.....	60
3.4.5	Análises estatísticas.....	60
3.5	Resultados.....	60
3.5.1	Desempenho zootécnico e índice hepatossomático.....	60
3.5.2	Parâmetros bioquímicos e oxidativos do sangue.....	61
3.6	Discussão.....	62
3.6.1	Desempenho zootécnico.....	62
3.6.2	Parâmetros bioquímicos.....	63
3.6.3	Estado oxidativo.....	65
3.7	Conclusão.....	66
3.8	Referências.....	67
	APÊNDICE A – REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL.....	75
	ANEXO A – NORMAS DE PUBLICAÇÃO DA REVISTA.....	86
	ANEXO B – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA.....	102

1 INTRODUÇÃO GERAL

19

Segundo a Organização das Nações Unidas, a população mundial alcançará a marca de 8,5 bilhões de habitantes em 2030 e, em 2050, chegará a 9,7 bilhões, atingindo a estabilidade somente em 2100, onde as projeções são de 11 bilhões de habitantes (ONU, 2019). A *Food and Agriculture Organization* (FAO) expressa uma preocupação com a produção de alimentos que garanta a alimentação da crescente população mundial, recomendando o uso eficiente das fontes disponíveis para a alimentação animal, particularmente, aquelas que não competem com alimentos humanos (WADHWA e BAKSHI, 2013).

Resíduos da industrialização de alimentos podem ser excelentes fontes de fibras dietéticas e nutrientes para animais e a sua utilização pode se encaixar nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pela Organização das Nações Unidas como metas para 2030 (ONU, 2015), diminuindo o descarte irregular no ambiente e a competição com fontes alimentícias humanas. Como exemplo, citam-se os resíduos provenientes da industrialização de frutas, que são ricos em matéria orgânica como fibras, proteínas, carboidratos, ácidos graxos e nucleicos e em compostos bioativos tais como os compostos fenólicos e os carotenoides, que podem atuar no controle de enfermidades associadas a radicais livres (ACHILONU *et al.*, 2018).

Considerando o enorme potencial do Brasil para o crescimento da aquicultura em função da abundância de recursos hídricos, de grandes reservatórios naturais e artificiais de água doce, do clima favorável e da disponibilidade de grãos (OSTRENSKY *et al.*, 2008), o aproveitamento de resíduos de frutas representa uma oportunidade para essa atividade. O uso desses resíduos para a elaboração de rações para peixes de cultivo pode diminuir os custos de produção e agregar valor aos produtos, levando componentes nutricionais e benefícios fisiológicos para os animais (CRUZ *et al.*, 2013; INFANTE *et al.*, 2013; KASAPIDOU *et al.*, 2015).

1.1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1.1 A tilapicultura no Brasil e no mundo

Em 2020, foram produzidas, aproximadamente, 157 milhões de toneladas de carne de peixes em todo o mundo, o que representou 89% da produção de animais em meio aquático (FAO, 2022). A tilápia é o segundo peixe mais cultivado no mundo, atrás apenas da carpa comum (*Cyprinus carpio*) (KORKMAZ *et al.*, 2023). Contribuem para isso fatores como sua fácil adaptação a vários climas e temperaturas, além de sua versatilidade nutricional (PRABU *et al.*, 2019). A tilápia possui a habilidade de modificar seu intestino em tamanho, peso e microbiota, de acordo com a dieta fornecida (mais ou menos fibrosa), o que lhe permite aproveitar melhor os nutrientes (CARVALHO *et al.*, 2023; XIA *et al.*, 2020).

A produção mundial de tilápias em 2022 foi de, aproximadamente, 6,5 milhões de toneladas e o Brasil foi o quarto maior produtor mundial de Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), atrás de China, Indonésia e Egito, respectivamente (ABP, 2023). De 2021 para 2022, houve um aumento foi de 2,3% na aquicultura brasileira, passando de 841.005 para 860.000 toneladas de pescado produzido. A tilápia representou cerca de 64% da produção aquícola nacional em 2022, quando foram produzidas 550.060 toneladas, representando um aumento de 3% sobre o ano anterior e gerando cerca de R\$ 8 bilhões em receita (ABP, 2023).

A região Sul é a maior produtora de tilápias no Brasil, com 43,5% da produção nacional, totalizando 239 mil toneladas, seguida pelas regiões Sudeste (27,1% da produção nacional) e Nordeste (18,2% da produção) e, do total produzido, cerca de 8,3 mil toneladas foram exportadas pelo Brasil em 2022 (ABP, 2023).

O expressivo aumento da produção aquícola no Brasil se dá pela mudança do sistema produtivo, que há décadas era amplamente praticado em açudes ou viveiros escavados e, atualmente, acontece em sistemas de tanques-rede implantados, principalmente, em reservatórios de usinas hidrelétricas, que permitem o aumento da produção e da produtividade (AYROZA *et al.*, 2011; PEDROZA FILHO *et al.*, 2020). O clima favorável, a disponibilidade de suprimentos e a abundância de recursos hídricos, que chegam a 5,5 milhões de

hectares de reservatórios naturais e artificiais, também favorecem o desenvolvimento da criação no atual sistema (BORGHETTI *et al.*, 2003; OSTRENSKY *et al.*, 2008).

Em função do aumento rápido da criação intensiva de tilápias nos últimos anos, novos alimentos estão sendo testados de forma a sustentar o rápido ritmo de crescimento e, ao mesmo tempo, minimizar o estresse a que os peixes estão sujeitos nos sistemas de criação (PEZZATO *et al.*, 2010). No entanto, esses alimentos têm que ser testados, de modo que não tenham efeitos antinutricionais e/ou tóxicos aos animais (ACHILONU *et al.*, 2018).

1.1.2 Fruticultura e geração de coprodutos no Brasil

A produção de frutas no Brasil ocupa uma área de plantio de aproximadamente dois milhões de hectares, criando renda e emprego para cerca de cinco milhões de habitantes (BORGES *et al.*, 2022). O Brasil se apresenta como terceiro maior produtor de frutas do mundo, atrás de China e Índia, com uma produção de, aproximadamente, 41 milhões de toneladas, tendo exportado cerca de 1 milhão de toneladas em 2022 (CONAB, 2023).

Por possuir diversidade e volume de produção, uma parte do total de frutas produzidas é industrializada, gerando resíduos sólidos que, quando descartados incorretamente, podem provocar impactos negativos ao ambiente (ALMEIDA *et al.*, 2014). Esses resíduos são considerados coprodutos, pois encontram utilização na alimentação animal, substituindo parcialmente os principais componentes da dieta, como o milho e a soja (SOUSA *et al.*, 2011).

Essa prática pressupõe a exploração dos benefícios das substâncias nutritivas presentes nesses coprodutos, contribuindo, também, para a redução da quantidade descartada no ambiente, além de auxiliar na diminuição dos custos de produção, em que a nutrição pode equivaler a até 70%, gerando maior renda ao produtor (CRUZ *et al.*, 2013; GIORDANI JUNIOR *et al.*, 2014). Além desses benefícios, o uso dos resíduos de industrialização de frutas na alimentação animal agrega valor aos produtos alimentícios, aumentando a sustentabilidade da produção (KASAPIDOU *et al.*, 2015).

A acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) se caracteriza por apresentar teores de vitamina C superiores aos da laranja (HORTIFRUTI BRASIL, 2022), contendo, também, compostos fenólicos e carotenoides (PEREIRA *et al.*, 2013).

Esses componentes apresentam atividade antioxidante e sua presença na dieta de humanos e animais é benéfica para a saúde (ALMEIDA *et al.*, 2011; BATISTA *et al.*, 2018).

O Brasil ocupa posição de evidência no cenário mundial de produção de acerola, cujo cultivo ocorre em quase todo o território nacional. O Brasil tem plantados cerca de 3,25 milhões de pés de acerola, e o coproduto de seu processamento industrial contém a porção desprezada após o esmagamento dos frutos para a obtenção da polpa, resultando, essencialmente, em sementes e cascas (IBGE, 2017). Esse resíduo pode ser seco e moído, e utilizado na alimentação animal (PEREIRA *et al.*, 2013).

O farelo do resíduo de acerola contém, em média, 13,39% de proteína bruta, 76,47% de fibra bruta, 74,15% de fibra em detergente neutro (FDN), 59,2% de fibra em detergente ácido (FDA), 40,1% de celulose, 15% de hemicelulose e 20,1% de lignina, e fornece cerca de 4757 kcal/kg de energia bruta (LOUSADA JUNIOR *et al.*, 2006).

A maçã (*Malus domestica*) é um dos frutos mais produzidos e consumidos no mundo, onde a produção é de 86 milhões de toneladas. O Brasil produz cerca de 1,28 milhão de toneladas, com exportações que atingem níveis próximos de 100 mil toneladas (FAO, 2020; HORTIFRUTI BRASIL, 2022). Cerca de 30% da produção nacional de maçã são direcionados para a industrialização, onde o principal produto é o suco, obtido por prensagem (ABMP, 2019). Nesse processo, ocorre a geração do resíduo industrial, que pode representar até 25% da quantidade de maçã processada (SEBRAE MERCADOS, 2014).

Esse resíduo é composto de elevadas quantidades de fibras e carboidratos, e baixos teores de proteínas, aminoácidos essenciais, vitaminas e sais minerais (VENDRUSCOLO *et al.*, 2008). As fibras presentes no coproduto de maçã (solúveis e insolúveis) possuem inúmeras propriedades funcionais, tais como a contribuição para o aumento da saciedade e a prevenção de doenças cardiovasculares, câncer e diabetes, devido a sua capacidade hipoglicemiante (SUDHA *et al.*, 2007; OYENIHI *et al.*, 2022).

O Brasil produz, aproximadamente, 1,74 milhões de toneladas de uva (*Vitis vinifera*) por ano (IBGE, 2017), em uma área de 75 mil hectares. A produção de uvas destinadas ao processamento industrial representa 57% do total da produção (MELLO, 2011) e, em média, 20% da uva processada é transformada

em bagaço (LARRAURI *et al.*, 1996). Esse bagaço apresenta, na matéria seca, 14 a 17% de proteína bruta, 44 a 63% de FDN, 65% de carboidratos totais, 5 a 11% de extrato etéreo, e 20 a 23% de lignina, e possui por volta de 30% digestibilidade *in vitro* da matéria seca (BARROSO *et al.*, 2006).

1.1.3 Utilização de frutas e seus coprodutos na nutrição animal

O uso de frutas e dos coprodutos oriundos de sua industrialização vem sendo testado na alimentação de diferentes espécies animais. Em dietas de tambaquis, o uso da farinha de manga em diferentes concentrações (20, 30, 40 e 50%) com redução dos níveis de proteína (38, 33, 28 e 23%), promoveu melhor desempenho zootécnico para os animais que receberam 50% de farinha de manga e redução de 23% nos níveis proteicos da dieta (BEZERRA *et al.*, 2014).

Em dietas de tilápias vermelhas (*Oreochromis sp.*) a inclusão de coprodutos de jaca e coco ralado aumentou o ganho de peso dos peixes quando incluídos na proporção de 5% na dieta controle, e, com a inclusão de 5% de coprodutos de abacaxi, a taxa de sobrevivência dos peixes aumentou em relação ao grupo controle (SULAIMAN *et al.*, 2022).

Coprodutos de abacaxi foram incluídos na dieta de Tilápias-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) e resultaram em melhor ganho de peso quando incluídas em 30% na dieta controle (SUKRI *et al.*, 2022). A inclusão de coprodutos da casca da maçã, quando incluídos em 0,2% na dieta de tilápias promoveu redução dos níveis de colesterol e triacilglicerol no sangue e no fígado, além de diminuir os níveis de alaninoaminotransferase e aspartatoaminotransferase no sangue (QIANG *et al.*, 2019).

Coprodutos da semente de uva foram incluídos na dieta de tilápias e aumentaram o ganho de peso com inclusão de 0,2%, 0,4%, 0,6% e 0,8% da matéria seca, além de melhorarem os níveis de alaninoaminotransferase quando incluídos em 0,4% e diminuir os índices de colesterol e triglicerídeos quando incluídos em 0,4%, 0,6% e 0,8% (ZHAI *et al.*, 2014).

Em frangos de corte, o uso de farelo de uva em até 10% na dieta não influenciou o desempenho zootécnico, mas promoveu um aumento da resposta do sistema imunológico e reduziu o custo da dieta (EBRAHIMZADEH *et al.* 2018). Além desses resultados, a suplementação da dieta de frangos de corte

com farelo de uva melhorou o *status* antioxidante e a qualidade da carne (FARAHAT *et al.*, 2017). Sementes e cascas de maracujá também foram testadas na dieta de frangos de corte, causando aumento dos níveis de ácidos graxos insaturados ômega-3 e ômega-6 nos músculos das coxas, além de melhorar a conversão alimentar das aves (TOGASHI *et al.*, 2007; TOGASHI *et al.*, 2008).

Coprodutos da industrialização da acerola também foram testados nas dietas de frango de corte em substituição ao farelo de milho e de soja e, quando incluídos em 5%, houve um atraso na peroxidação lipídica da carne do peito, apresentando melhores resultados quando comparado com a inclusão de antioxidantes sintéticos e, quando incluídos em 7,5%, aumentou a quantidade de proteínas e cinzas na carne. Nos dois níveis de inclusão houve uma redução de cerca de 30% dos níveis de colesterol, diminuição de ácidos graxos saturados e aumento de ácidos graxos poli-insaturados na carne (OLIVEIRA *et al.*, 2023).

A inclusão de resíduo de polpas desidratadas de maçã, banana e mamão em substituição ao milho em até 75% na dieta de suínos na fase de creche conseguiu substituir o nível energético da ração, devido ao seu baixo nível proteico, além de ter obtido fácil aceitação dos animais por possuir sabor adocicado e aroma agradável, fornecidos pela presença dos açúcares das frutas (NETO *et al.*, 2004).

Para bovinos, resíduos do processamento industrial de maçã, substituindo até 50% da matéria seca (MS) do grão de milho, foram considerados uma boa alternativa para a suplementação energética, na busca por maior ingestão de matéria orgânica e pelo aporte intestinal de proteína de origem microbiana (RIBEIRO FILHO *et al.*, 2012). Quando o resíduo foi fornecido para vacas Jersey em lactação, a ingestão de resíduos de polpa de maçã em até 40% da MS total da dieta aumentou a produção total de leite/dia e os teores de proteína do leite (EDWARDS E PARKER, 1995).

O uso de resíduos industriais de abacaxi também levou a resultados satisfatórios para conversão alimentar e ganho de peso quando adicionados à dieta de ruminantes, confirmando a sugestão de sua utilização como fonte alternativa de volumoso (PAULA e FARIA JÚNIOR, 2019). A silagem da parcela não utilizada do abacaxizeiro (restos culturais) melhorou a taxa de proteína bruta e diminuiu o teor de fibras quando comparada à silagem de cana-de-açúcar,

melhorando a digestibilidade e promovendo melhor consumo da MS na dieta de ovinos (SANTOS *et al.*, 2014). Esses resultados se revestem de importância, uma vez que somente 22,5% de um abacaxizeiro é aproveitado na indústria, enquanto, aproximadamente 73% são desperdiçados, sendo descartados no ambiente (CARVALHO *et al.*, 1991; LALLO *et al.*, 2003).

Ovinos alimentados com resíduos agroindustriais de abacaxi, acerola, maracujá e cupuaçu, totalizando 75% da dieta, apresentaram bom consumo de MS, principalmente dos resíduos de maracujá, e maior conversão alimentar e ganho médio diário de peso, permitindo a recomendação de inclusão desses coprodutos nas dietas desses animais (PAZDIORA *et al.*, 2019).

Na dieta de cabras leiteiras, a substituição do milho pelo farelo de manga integral não provocou efeito sobre o consumo de MS e de proteína bruta, nem sobre a produção e a composição de leite, porém, promoveu redução de até 23,5% no custo total da alimentação e melhor relação custo/benefício, levando os pesquisadores a recomendarem a inclusão de 33% do farelo de manga em substituição ao milho por haver melhor fermentação dos carboidratos fibrosos (SILVA *et al.*, 2016).

1.1.4 A importância de compostos bioativos na saúde e no estado oxidativo

Os coprodutos resultantes da industrialização de frutas são ricos em compostos bioativos, como os carotenoides, que são pigmentos auxiliares no processo fotossintético (SUN *et al.*, 2022) e os compostos fenólicos, que são derivados do metabolismo secundário de plantas (MEREGALLI *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2022). Esses compostos apresentam propriedade nutracêuticas devido às suas atividades antioxidante, antimicrobiana, anticancerígena, anti-inflamatória, anti-obesidade e antidepressiva (KOOP *et al.*, 2022).

Existem aproximadamente 8.000 compostos fenólicos identificados, como os flavonoides, as antocianinas e os taninos (QUIDEAU *et al.*, 2011). Estes compostos estão associados a efeitos que beneficiam a saúde, agindo no controle de microrganismos causadores de doenças, apresentando ações anti-inflamatória, hipoglicemiante e antioxidante e, assim, auxiliando em enfermidades associadas a radicais livres, e aumentando a resposta imune das células (ACHILONU *et al.*, 2018; DIAS *et al.*, 2020; GESSNER *et al.*, 2017). Os

compostos fenólicos possuem capacidade de se infiltrar em áreas hidrofóbicas (como as bicamadas lipídicas celulares) e hidrofílicas (como o soro do sangue), modulando positivamente a atividade celular e reduzindo a formação de radicais livres que levam ao processo oxidativo (COLOMBINO *et al.*, 2020; FOTSCHKI *et al.*, 2019).

Os carotenoides são antioxidantes não-enzimáticos, que atuam na neutralização dos efeitos oxidativos no organismo (NAKANO e WIEGERTJES, 2020). Alguns carotenoides podem se converter em vitamina A no organismo animal (SUN *et al.*, 2022). Eles podem se depositar nos tecidos orgânicos do corpo, como sangue, pele, músculos e gordura (SOUZA e VILAS BOAS, 2002), além de atuar na interação da camada lipídica das células, afetando a modulação da membrana e formando uma barreira contra as moléculas do oxigênio reativo, aumentando a capacidade antioxidante e diminuindo o dano oxidativo e a peroxidação lipídica (SWAPNIL *et al.*, 2021).

No organismo, o processo oxidativo se inicia com a formação de radicais livres, compostos químicos com elétrons não pareados e, geralmente, instáveis e altamente reativos, que atuam como agentes oxidantes ou redutores, aceitando ou doando um elétron para outras moléculas e formando o oxigênio reativo (CHEESEMAN e SLATER, 1993; KIA *et al.*, 2020), que pode mudar as estruturas celulares destruindo lipídios, proteínas e o DNA, além de produzir compostos tóxicos no sangue e lesões de membrana (GRASSI *et al.*, 2018; PACHER *et al.*, 2007).

Nos alimentos, os radicais livres podem gerar reações oxidativas, resultando na destruição de nutrientes, alterações na textura e no sabor, e até na formação de compostos tóxicos. Essas reações ocorrem em proteínas e lipídios e resultam em perdas econômicas significativas (DOMINGUÉZ *et al.*, 2022), daí a importância da adição de antioxidantes aos produtos alimentícios ou à dieta dos animais de produção, já que esses compostos podem ser transferidos para os tecidos, como os músculos, que dão origem à carne (BEKHIT *et al.*, 2013). Os compostos antioxidantes atuam como doadores de hidrogênio, atraindo moléculas de oxigênio, eliminando os intermediários e evitando a formação de radicais livres (RHAMAN *et al.*, 2018; VIJI *et al.*, 2015).

Além das funções biológicas e fisiológicas que beneficiam a saúde

animal, a presença de compostos bioativos nas dietas também pode melhorar as propriedades sensoriais e a estabilidade oxidativa da carne (MUCHUWETI *et al.*, 2007), aumentando a qualidade dos alimentos pela redução da peroxidação lipídica nos tecidos e o tempo de prateleira (CASTRICA *et al.*, 2019). Os compostos bioativos presentes nos resíduos de frutas também estão associados a uma ação hepatoprotetora (SAHA *et al.*, 2019), além de influenciarem na diminuição do índice glicêmico no organismo por aumentarem a sensibilidade à insulina, diminuindo o nível de glicose sérica (DEHGHANI *et al.*, 2021; FERNANDES *et al.*, 2019).

1.2 Objetivo

O objetivo neste estudo foi avaliar os efeitos da inclusão dos resíduos industriais de frutas (acerola, maçã e uva) na dieta de Tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) sobre os parâmetros bioquímicos e o estado oxidativo dos animais e sobre a qualidade e a estabilidade lipídica da carne.

2 CAPÍTULO 1 - COPRODUTOS DA INDUSTRIALIZAÇÃO DE ACEROLA, MAÇÃ E UVA NA ALIMENTAÇÃO DE TILÁPIAS-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*) E SEUS EFEITOS SOBRE A QUALIDADE DA CARNE

2.1 Resumo: Os objetivos neste experimento foram caracterizar coprodutos da industrialização de maçã, acerola e uva quanto à presença de compostos bioativos e à atividade antioxidante e avaliar os efeitos de sua inclusão em dietas de Tilápias-do-Nilo sobre a composição centesimal e a peroxidação lipídica da carne. O experimento contou com um delineamento inteiramente casualizado composto de quatro tratamentos e seis repetições. Os tratamentos consistiram em quatro dietas experimentais: C – ração controle, sem farelo de frutas, e três rações contendo farelos de acerola (FA) ou maçã (FM) ou uva (FU) na proporção de 5%. A criação dos peixes foi realizada em sistema fechado de recirculação de água, com aeração forçada e alimentação na proporção de 6% da biomassa da caixa, dividida em duas vezes ao dia, por 45 dias. A qualidade da água foi mantida por sifonagens e trocas parciais e controlada pela determinação de parâmetros físico-químicos. Após o abate e a evisceração, os filés foram retirados para as análises de composição centesimal e peroxidação lipídica. O farelo de uva apresentou a maior concentração de compostos fenólicos totais e carotenoides e a maior atividade antioxidante, seguido dos farelos de acerola e maçã. A inclusão dos farelos de frutas nas dietas de tilápia promoveu maior deposição de lipídios nos filés e o farelo de uva também promoveu maior deposição de proteínas. Todos os farelos de frutas retardaram o estabelecimento da peroxidação lipídica durante o tempo de armazenamento sob congelamento. Os peixes alimentados com o farelo de acerola obtiveram o maior ganho de peso e as dietas contendo os farelos de frutas mantiveram ou melhoraram os parâmetros bioquímicos indicadores do estado de saúde e melhoraram os indicadores do estado oxidativo dos animais. Os resultados confirmam a sugestão de uso de coprodutos da industrialização de frutas na alimentação de peixes como forma de melhorar a qualidade físico-química da carne e melhorar a condição fisiológica dos animais.

Palavras-Chave: Atividade Antioxidante; Compostos Fenólicos; Carotenoides; Oxidação; Composição Centesimal; Malonaldeído.

COPRODUCTS FROM THE INDUSTRIALIZATION OF ACEROLA, APPLE AND GRAPE IN THE DIETS OF NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) AND THEIR EFFECTS ON MEAT QUALITY

2.2 Abstract: The objectives in this experiment were to quantify the bioactive compounds and their antioxidant activity in the coproducts obtained from the industrialization of apple, acerola and grape and evaluate the effects of their inclusions in the diets of Nile Tilapias on the proximate composition and the lipid peroxidation of the meat. The experiment was carried out in an entirely randomized design made up of four treatments and six replicates. The treatments comprised four experimental diets: C - control diet, without any fruit meal, and three diets containing either acerola (ACM) or apple (APM) or grape (GRM) meal at 5%. The fish were reared in a closed water recirculation system, with forced aeration and feeding at 6% of the box biomass, divided twice a day, for 45 days. The water quality was maintained by siphoning and partial changes and the physical-chemical parameters were monitored. After slaughter and evisceration, the fillets were removed for the analyses of proximal composition and lipid peroxidation. The grape meal had the highest concentration of total phenolic compounds and carotenoids and the highest antioxidant activity, followed by acerola and apple meals. The inclusion of the fruits meals in the tilapia diets provided higher deposition of lipids in the fillets and the grape meal also provided higher protein content. All the fruit meals slowed up the onset of the lipid peroxidation during the storage time under freezing conditions. The data obtained confirm the suggestion of using fruit residues in fish feed to improve the nutritional composition and the lipid stability of tilapia fillets.

Keywords: Antioxidant Activity; Phenolic Compounds; Carotenoids; Oxidation; Centesimal Composition; Malonaldehyde.

2.3 Introdução¹

¹ Normas da revista Aquaculture Reports (Anexo A)

A criação intensiva de peixes vem crescendo continuamente, requerendo alternativas para o aumento de produção e produtividade. Em face do aumento populacional esperado para os próximos anos (ONU, 2019), a busca por fontes de ingredientes de dietas animais que não compitam com a alimentação humana vem ganhando força nos meios produtivos, acadêmico e industrial.

A Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) é destaque na aquacultura mundial. Conhecida pela rusticidade e resistência a vários climas e temperaturas, sua produção cresceu exponencialmente na última década em todo o mundo (PRABU *et al.*, 2019). A carne da tilápia é uma das preferidas para o consumo, devido às características de sabor e aparência, à ausência de espinhas e à facilidade de preparo (CHIKOWI *et al.*, 2020).

Visando o aumento da produção de forma sustentável, a utilização de coprodutos resultantes da industrialização de frutas nas dietas animais surge como opção merecedora de estudo. O Brasil se apresenta como terceiro maior produtor de frutas do mundo, com uma produção de, aproximadamente, 41 milhões de toneladas, tendo exportado cerca de 1 milhão de toneladas em 2022 (CONAB, 2023). A fruticultura brasileira ocupa uma área de plantio de, aproximadamente, dois milhões de hectares e é espalhada por todo o território nacional (BORGES *et al.*, 2022).

O Brasil possui diversidade e grande volume de produção de frutas, onde uma parte do total produzido é industrializado, gerando resíduos sólidos que podem provocar impactos negativos ao ambiente quando descartados incorretamente (ALMEIDA *et al.*, 2014). Esses resíduos são considerados coprodutos, pois podem ser utilizados na alimentação animal, em substituição dos principais componentes da dieta (SOUSA *et al.*, 2011).

Este destino dos coprodutos de frutas possibilita a diminuição do descarte inadequado no ambiente e a diminuição do custo da dieta animal, além de auxiliar na saúde dos animais, por conterem compostos bioativos com propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas,

hipoglicemiantes e imunoestimulantes, tais como os compostos fenólicos e os carotenoides (DAJAS *et al.*, 2003; DIAS *et al.*, 2020; KASAPIDOU *et al.*, 2015). Essa prática se enquadra nos princípios da economia circular, na medida em que promove a redução da geração de resíduos e a retutilização de nutrientes de forma eficiente (JURGILEVICH *et al.*, 2016).

Ademais, o uso de ingredientes naturais em dietas animais vai ao encontro do interesse dos consumidores por alimentos mais saudáveis, que impulsiona o setor produtivo na busca por insumos de menor custo para uso em dietas animais (AGOSTINI *et al.*, 2017; CANEPELLE *et al.*, 2020). Compostos bioativos, tais como os compostos fenólicos e os carotenoides, são cada vez mais pesquisados por poderem ser relacionados a efeitos positivos à saúde (SILVA *et al.*, 2022).

Os compostos fenólicos são substâncias provenientes do metabolismo secundário de vegetais (QUIDEAU *et al.*, 2011) e, estruturalmente, são constituídos por um anel aromático ligado a um ou mais grupos hidroxila, ocorrendo na forma de moléculas simples ou de polímeros (BALASSUNDRAM *et al.*, 2006). Muitos compostos fenólicos apresentam atividade antioxidante devido à capacidade de sequestrar e estabilizar radicais livres envolvidos em processos oxidativos (COLOMBINO *et al.*, 2020).

Os carotenoides são pigmentos naturais sintetizados por organismos fotossintéticos como as plantas, algas e cianobactérias, e por alguns fungos e bactérias (UENOJO *et al.*, 2007). Estruturalmente, são polímeros de isopreno, podendo conter substituintes oxigenados ou apenas carbono e hidrogênio (SILVA *et al.*, 2010).

Nas plantas, os carotenoides são responsáveis por conferir as cores características de flores e frutas e têm como função auxiliar na absorção de luz durante a fotossíntese e proteger as células contra danos oxidativos (SILVA *et al.*, 2010; UENOJO *et al.*, 2007). No organismo animal, os carotenoides dietéticos têm a propriedade de modular a resposta imune e controlar doenças mediadas por radicais livres (SWAPNIL *et al.*, 2021). Os animais não sintetizam carotenoides, mas são capazes de absorver esses compostos da dieta, e depositá-los em diferentes tecidos, incluindo os músculos (MELÉNDEZ-MARTINEZ *et al.*, 2022). Em peixes, assim como outras espécies animais, os

carotenoides dietéticos atuam como precursores da vitamina A, melhoram o desempenho reprodutivo, agem como antioxidantes e modulam a resposta imune, sendo considerados importantes micronutrientes que devem ser incluídos na dieta (GARCÍA-CHAVARRÍA e FLORES, 2013).

Os radicais livres são compostos químicos com elétrons não pareados, instáveis e altamente reativos, originados do metabolismo aeróbio endógeno ou de fatores exógenos (CHEESEMÁN e SLATER, 1993; KIA *et al.*, 2020). Quando não combatidos, esses radicais iniciam o processo oxidativo, que pode afetar as estruturas celulares, destruindo lipídios, proteínas e o DNA (PACHER *et al.*, 2007; UMayAPARVATHI *et al.*, 2014), além de produzir compostos tóxicos no sangue e lesões de membrana (GRASSI *et al.*, 2018).

Dieta, temperatura, densidade populacional, qualidade da água e o estresse a que os peixes em cativeiro estão submetidos podem desencadear o estresse oxidativo (MUSHTAQ *et al.*, 2022), causando danos fisiológicos e histopatológicos, deficiências imunológicas e diminuição da qualidade da carne devido à peroxidação lipídica (RAEISI *et al.*, 2020; YU *et al.*, 2022). A inibição da peroxidação lipídica é muito visada pela indústria, pois esta reação provoca rancidez e diminuição da vida de prateleira dos alimentos (ALEXANDRE *et al.*, 2022; LEE *et al.*, 2021). A inclusão de ingredientes contendo compostos fenólicos e carotenoides em dietas de animais de produção representa uma alternativa de melhoria da qualidade da carne, devido à capacidade antioxidante que possuem (BARIDO *et al.*, 2021; SWAPNIL *et al.*, 2021).

O objetivo neste estudo foi avaliar os efeitos da inclusão dos coprodutos industriais de frutas (maçã, acerola e uva) na dieta de Tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) sobre a composição centesimal e a peroxidação lipídica da carne.

2.4 Material e métodos

2.4.1 Determinação de compostos bioativos e atividade antioxidante nos coprodutos de frutas.

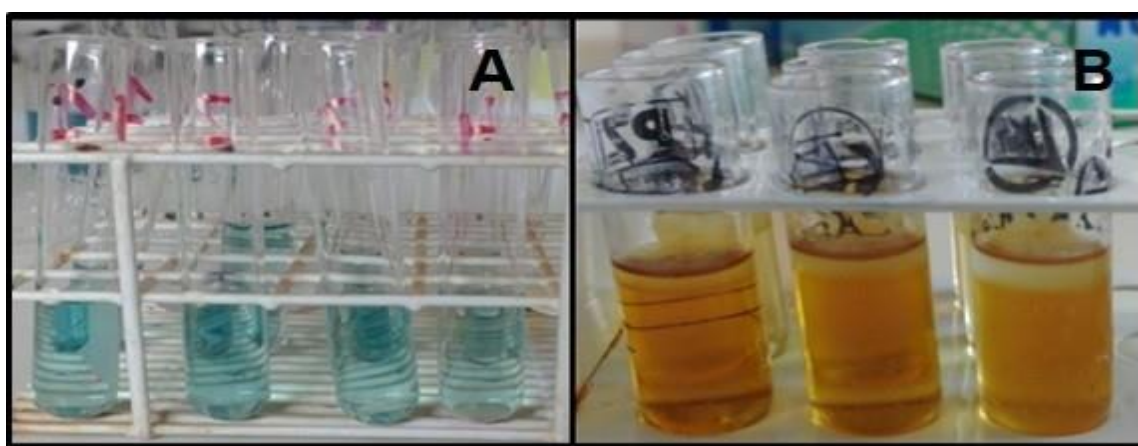
Os compostos fenólicos foram extraídos com metanol 50%, no escuro, durante 60 min. Após a centrifugação a 2863 g por 30 min, o sobrenadante foi filtrado e reservado. O resíduo foi extraído com acetona 70%, no escuro, durante 60 min e centrifugado nas mesmas condições. O sobrenadante cetônico foi

filtrado e juntado ao extrato alcoólico. A determinação de compostos fenólicos totais foi realizada pelo método de Folin-Ciocateu, utilizando curva padrão de ácido gálico, (adaptado de Larrauri *et al.*, 1997) (Figura 1).

Os carotenoides foram extraídos repetidamente por ciclos de adição de acetona, agitação em vórtex por 1 min e centrifugação a 3400 g por 10 min até o desaparecimento de cor no solvente. Os sobrenadantes foram juntados e as fases foram separadas pela adição de água e éter. A fase etérea contendo os carotenoides foi separada e seca. Os carotenóides foram ressuspensos em 2 mL de acetona e a absorbância foi lida a 475 nm contra um branco de acetona pura. Os carotenóides totais foram expressos em mg/0,1 g a partir da expressão $(Abs_{475} \times 2 \times 10)/2500$, onde 2500 é o coeficiente de extinção para carotenoides totais (adaptado de Grassi *et al.*, 2018) (Figura 1).

A atividade antioxidante dos extratos (Figura 2), foi determinada pelos métodos de ABTS e DPPH, fundamentados, respectivamente, na captura dos radicais orgânicos 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) e 2,2-difenil-1- picril-hidrazil, seguindo as metodologias de Rufino *et al.* (2007 a, b). Os resultados foram expressos em μM Trolox/g e em EC50 (mg/L), respectivamente.

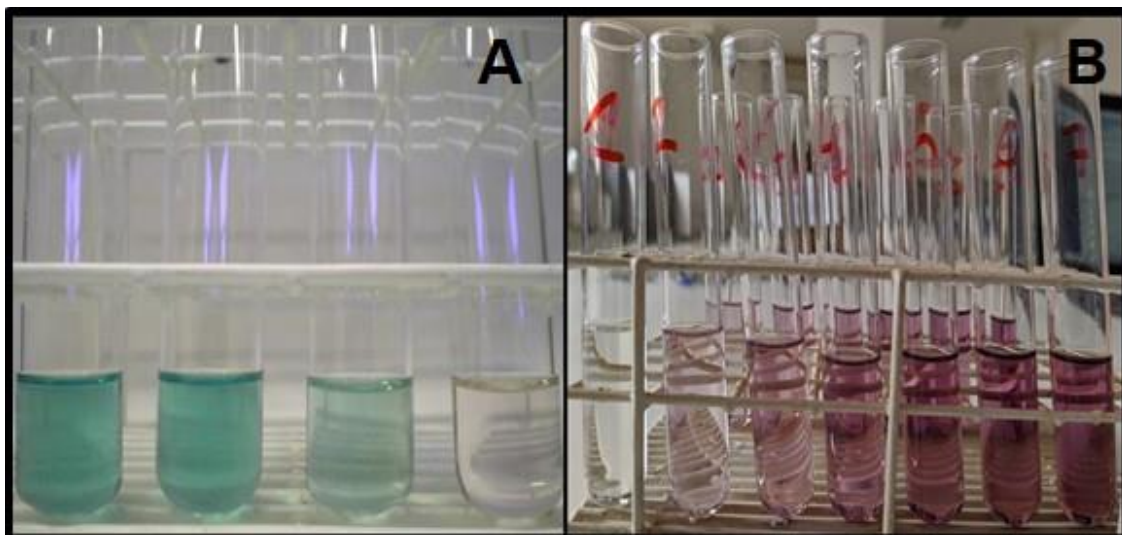
Figura 1: Determinação de compostos fenólicos totais e dos carotenoides dos coprodutos de frutas.



A = determinação de compostos fenólicos totais; B = determinação de carotenoides.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 2: Curva padrão da captura dos radicais ABTS e DPPH para a determinação da capacidade antioxidante dos coprodutos de frutas.



A = curva padrão do método do ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico); B = curva padrão do método do DPPH (2,2-difenil-1- picril-hidrazil).

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.4.2 Desenho experimental, dietas experimentais e manejo da criação.

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições, onde os tratamentos eram: dieta basal controle (C) e três dietas contendo farelos de acerola (FA), maçã (FM) ou uva (FU), incluídas na proporção de 5%.

Juvenis de tilápias provenientes de piscicultura comercial (JK Fish, Santa Mercedes, São Paulo, Brasil) foram distribuídas em 24 caixas de 1.000 L de água, interligadas por meio de um sistema fechado de recirculação de água, com aeração forçada produzida por soprador e distribuída por pedras porosas (Figura 3). Doze peixes foram distribuídos por caixa, perfazendo uma biomassa média inicial de $4.174,58 \pm 361,92$ g/caixa. As dietas experimentais foram fornecidas na proporção de 6% da biomassa total da caixa, divididas em duas vezes ao dia, por 45 dias. Toda ocorrência de mortalidade era registrada e a biomassa e a quantidade de ração fornecida eram corrigidas. O peso médio final atingido por caixa foi de $4.695,58 \pm 397,29$ g.

Figura 3: Galpão de criação dos peixes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As rações experimentais isonutritivas (Tabela 1) foram formuladas, de modo a atender aos requerimentos nutricionais da espécie, descritos nas Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápias (FURUYA *et al.*, 2010), com a utilização do *software* NUTRIMAX, versão 13.10. O farelo de acerola, em forma de pellets desidratados, foi obtido da empresa NIAGRO Nichirei Agrícola Ltda. (Petrolina, Pernambuco, Brasil) e continha a seguinte composição, em base seca: 9,46% de umidade, 7,38% de proteína, 1,31% de lipídios, 1,92% de cinzas, 61,83% de fibras e 18,1% de carboidratos. Os farelos de maçã, em forma de bagaço desidratado, e uva, na forma de pó, foram obtidos da empresa MAIS FRUTA Ind. e Com. Ltda. (Jarinu, São Paulo, Brasil) O farelo de maçã continha, em base seca: 5,46% de umidade, 12,25% de proteína, 11,11% de lipídios, 1,79% de cinzas, 69,30% de fibras e 0,09% de carboidratos e o farelo de uva continha, em base seca: 2,84% de umidade, 5,71% de proteína, 5,62% de lipídios, 2,26% de cinzas, 60,53% de fibras e 23,04% de carboidratos. Os demais ingredientes foram adquiridos do comércio local.

Para o preparo, os ingredientes foram pesados e misturados por 10 minutos em misturador em forma de “Y” e peletizados em peletizadora Chavantes com motor de 40 cavalos (Figura 4).

A qualidade da água foi controlada com sifonagem e troca parcial da água duas vezes por semana e acompanhamento dos parâmetros temperatura, pH, nitrito, amônia e oxigênio dissolvido, utilizando-se termômetro infravermelho e kits comerciais Labcon, duas vezes por semana (valores médios: temperatura $23,89 \pm 0,71$ °C; pH $7,17 \pm 0,04$; nitrito $1,68 \pm 0,8$ ppm; amônia $2,46 \pm 0,29$ ppm; oxigênio dissolvido $9,78 \pm 0,58$ ppm).

Os procedimentos adotados no experimento foram aprovados pelo Comitê de Ética Animal da UNESP (CEUA/FOA 0143-2021).

Tabela 1: Composição das rações experimentais

Ingredientes	C	FA	FM	FU
Milho grão	44,10%	39,00%	39,00%	39,00%
Farelo de soja	40,00%	42,00%	42,00%	42,00%
Farinha de carne e ossos	6,99%	5,58%	5,58%	5,58%
Farinha de vísceras	4,00%	3,00%	3,00%	3,00%
Farelo de arroz integral	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%
Óleo de soja	3,00%	3,60%	3,60%	3,60%
Lisina	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%
Metionina	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%
Treonina	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%
Triptofano	0,01%	0,10%	0,10%	0,10%
Premix mineral e vitamínico *	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
NaCl	0,16%	0,00%	0,00%	0,00%
Vitamina C	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
Farelo de acerola	0,00%	5,00%	0,00%	0,00%
Farelo de maçã	0,00%	0,00%	5,00%	0,00%
Farelo de uva	0,00%	0,00%	0,00%	5,00%
Nutrientes/energia - Valores calculados				
Energia digestível	3.100,65	3.100,88	3100,57	3100,01
Proteína bruta (%)	27,38	27,3093	27,11	27,167
Proteína digestível (%)	25,07	24,5179	24,77	24,728
Arginina (%)	2,28	2,1588	2,1588	2,1588
Lisina (%)	2,27	2,2015	2,2015	2,2015
Metionina (%)	0,52	0,4908	0,4908	0,4908
Treonina (%)	1,28	1,2112	1,2112	1,2112
Triptofano (%)	0,5	0,4957	0,4957	0,4957
Matéria Mineral (%)	6,63	5,8689	5,8689	5,8689
Calcio (%)	1,26	1,0472	1,0472	1,0472

Fosforo (%)	0,94	0,8365	0,8365	0,8365
Vitamina C (mg/kg)	608,4	608,4	608,4	608,4

C = dieta controle; FA = dieta com farelo de acerola; FM = dieta com farelo de maçã; FU = dieta com farelo de uva. * Composição por kg: Ferro 20000 mg/kg; Cobre 3500 mg/kg; Zinco 24000 mg/kg; Manganês 10000 mg/kg; Iodo 160 mg/kg; Selênio 100 mg/kg; Cobalto 80 mg/kg; Inositol 25 g/kg; Vitamina A 2400000 UI/kg; Vitamina D3 600000 UI/kg; Vitamina E 30000 UI/kg; Vitamina C 60 g/kg; Vitamina B1 4000 mg/kg; Vitamina B2 4000 mg/kg; Niacina 20 g/kg; Vitamina B6 3500 mg/kg; Vitamina B12 8000 mg/kg; Ácido fólico 1200 mg/kg; Biotina 200 mg/kg; Ácido pantotênico 10 g/kg; Vitamina K3 3000 mg/kg; Colina 100 g/kg.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4: Peletizadora utilizada no preparo das rações experimentais e aspecto dos pellets obtidos.



A = peletizadora Chavantes utilizada no preparo das rações; B = aspecto dos pellets das rações.

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.4.3 Insensibilização e abate dos peixes e coleta de amostras para análises

Quatro peixes de cada repetição de cada tratamento (24 peixes/tratamento) foram aleatoriamente selecionados, insensibilizados com óleo de cravo-da-índia (eugenol) na concentração de 40 mg/L e abatidos por

secção transversal da coluna vertebral. Cabeças, caudas e vísceras foram eliminadas e os filés foram removidos manualmente.

2.4.4 Determinação da composição centesimal dos filés

Para a determinação da composição centesimal, a carne foi triturada em processador de alimentos. A umidade foi determinada por desidratação em estufa com temperatura controlada de 105 °C até peso constante; as cinzas foram determinadas por incineração do resíduo seco obtido na determinação da umidade em forno mufla a 550 °C; as proteínas foram determinadas pelo método de micro-Kjeldhal, utilizando-se o fator 6,25 para conversão de nitrogênio em proteínas (AOAC, 2006). Os lipídios foram determinados utilizando a técnica de extração a frio descrita por Bligh e Dyer (1959) e a concentração de carboidratos foi obtida por diferença.

2.4.5 Determinação da peroxidação lipídica da carne

A peroxidação lipídica nos filés congelados a -20 °C por 10, 30 e 60 dias foi determinada pela quantificação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), seguindo uma adaptação da metodologia de Tarladgis *et al.* (1960).

2.4.6 Análises estatísticas

Os dados coletados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade e à análise de variância. As diferenças entre as médias foram analisadas pelo teste de Tukey ($p < 0.05$). As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico Jamovi versão 2.2.5.

2.5 Resultados

2.5.1 Compostos bioativos e atividade antioxidante nos coprodutos de frutas

O farelo de uva apresentou as maiores concentrações de compostos fenólicos totais e carotenoides, além dos melhores índices de atividade

antioxidante, confirmando a ação antioxidante desses compostos bioativos (Tabela 2). O teste da captura do DPPH, quando expresso em EC50, representa a concentração necessária do composto químico para reduzir a concentração do radical DPPH em 50%, portanto, quando menor este valor, maior a atividade antioxidante (JIMÉNEZ *et al.*, 2014).

Tabela 2: Compostos bioativos e atividade antioxidante dos farelos de frutas adicionados às dietas experimentais (médias $\pm$ desvio padrão)

Compostos bioativos	Dietas			P valor
	FA	FM	FU	
CFT ($\mu\text{g}/100 \text{ mg}$)	$772 \pm 7,2 \text{ b}$	$261 \pm 78,4 \text{ c}$	$857 \pm 2,6 \text{ a}$	<0,001
Carotenoides (mg/kg)	$2,87 \pm 0,55 \text{ b}$	$4,03 \pm 0,56 \text{ ab}$	$5,76 \pm 0,58 \text{ a}$	0,006
Atividade antioxidante				
ABTS (μM Trolox/ g)	$20,7 \pm 1,55 \text{ b}$	$3,4 \pm 1,31 \text{ c}$	$132,9 \pm 4,98 \text{ a}$	<0,001
DPPH (EC50 mg/L)	$670 \pm 4,03 \text{ b}$	$733 \pm 5,12 \text{ a}$	$463 \pm 4,03 \text{ b}$	<0,001

FA = farelo de acerola; FM = farelo de maçã; FU = farelo de uva; CFT = compostos fenólicos totais. ABTS = 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico); DPPH = 2,2-difenil-1-picrilhidrazil. Valores seguidos de letras diferentes diferem significativamente no Teste de Tukey. ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.5.2 Composição centesimal dos filés

A inclusão dos farelos de frutas nas dietas das tilápias promoveu maior deposição de lipídios nos filés e o farelo de uva promoveu maior deposição de proteínas (Tabela 3).

Tabela 3: Composição centesimal dos filés de tilápias alimentadas com as rações experimentais (médias $\pm$ desvio padrão)

Composição	Dietas				P valor
	FA	FM	FU	C	
Umidade (%)	78,18 $\pm$ 0,93 bc	79,12 $\pm$ 1,21 a	78,78 $\pm$ 0,80 ab	77,90 $\pm$ 0,94 c	< 0,001
Proteína (%)	15,67 $\pm$ 0,99 ab	14,85 $\pm$ 0,63 b	16,55 $\pm$ 0,31 a	15,01 $\pm$ 1,4 b	< 0,001
Carboidratos (%)	1,76 $\pm$ 0,82 b	1,73 $\pm$ 0,80 b	0,57 $\pm$ 0,28 c	3,66 $\pm$ 1,24 a	< 0,001
Lipídios (%)	3,17 $\pm$ 0,86 a	3,14 $\pm$ 0,56 a	2,83 $\pm$ 0,12 a	2,21 $\pm$ 0,38 b	< 0,001
Cinzas (%)	1,23 $\pm$ 0,74 ab	1,17 $\pm$ 0,9 b	1,26 $\pm$ 0,06 a	1,28 $\pm$ 0,14 a	0,003

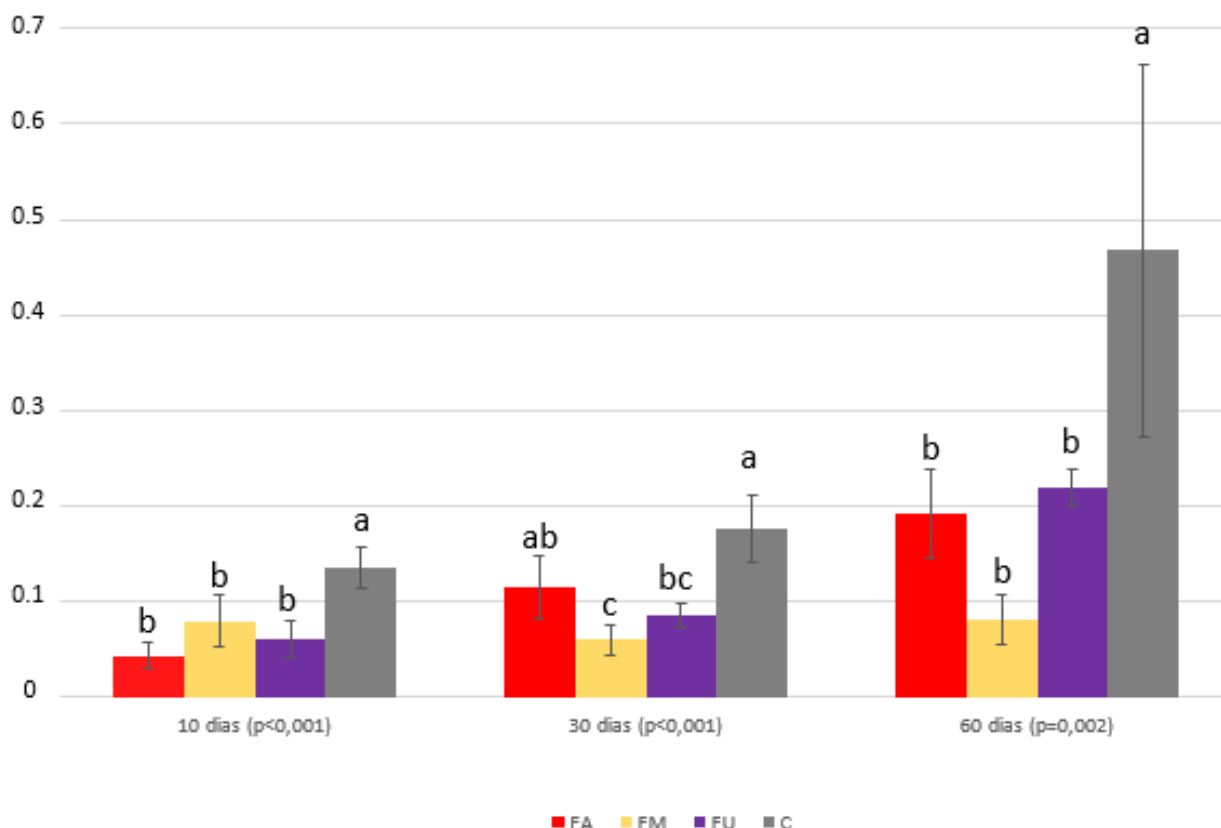
FA = Dieta com 5% de farelo de acerola; FM = Dieta com 5% de farelo de maçã; FU = Dieta com 5% de farelo de uva; C = Dieta controle; Valores seguidos de letras diferentes diferem significativamente no Teste de Tukey. ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.5.3 Peroxidação lipídica nos filés de tilápias

Os compostos antioxidantes presentes nas dietas contendo farelos de frutas foram capazes de diminuir a peroxidação lipídica e reduzir a concentração de TBARS nos filés de tilápias congelados em todos os tempos analisados. Aos 60 dias de armazenamento sob congelamento, a concentração de TBARS no grupo controle foi maior que o dobro das concentrações encontradas nos grupos que receberam as dietas contendo farelos de frutas (Gráfico 1).

Gráfico 1: Medida da peroxidação lipídica (mg de malonaldeído/kg) em filés de tilápias alimentadas com as rações experimentais em diferentes tempos de armazenamento sob congelamento a -20 °C (médias $\pm$ desvio padrão)



FA = Dieta com 5% de farelo de acerola; FM = Dieta com 5% de farelo de maçã; FU = Dieta com 5% de farelo de uva; C = Dieta controle. Barras com letras diferentes indicam diferença significativa no Teste de Tukey. ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.6 Discussão

Os sistemas de ligações duplas conjugadas nos anéis benzênicos dos compostos fenólicos e nas cadeias poliênicas dos carotenoides são ricos em elétrons e átomos de hidrogênio que podem ser absorvidos pelos radicais livres existentes no meio, interrompendo a sequência das reações oxidativas e garantindo a estes compostos bioativos sua alta atividade antioxidante (BALASUNDRAM *et al.*, 2006; JIAO *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2022; VIJI *et al.*, 2015). A presença dos compostos bioativos dos farelos de frutas nas rações das tilápias resultou em filés de melhor qualidade devido à

minimização dos efeitos deletérios do processo no metabolismo dos peixes.

Alguns compostos fenólicos são capazes de exercer efeitos positivos no metabolismo animal, agindo como promotores de crescimento pela modulação do metabolismo em favor do crescimento do tecido muscular e aumentando a biodisponibilidade de nutrientes. Por exemplo, ácido ascórbico e tocoferol, vitaminas com potencial antioxidante, são preservadas e disponibilizadas para o metabolismo animal, enquanto os compostos fenólicos combatem os radicais livres (SERRA *et al.*, 2021).

A maior deposição de lipídios pode ser benéfica para o consumidor, visto que os lipídios presentes na carnes de peixe são conhecidos por sua boa qualidade, principalmente por conter ácidos graxos poliinsaturados, como o ômega-3 e o ômega-6, que são benéficos para a saúde humana (IZAR *et al.*, 2021). A maior deposição de proteínas encontrada nos filés dos peixes alimentados com o farelo de uva pode estar relacionada à presença da quercetina, um composto fenólico presente em grande quantidade nessa fruta (MARTINEZ *et al.*, 2021), capaz de aumentar a capacidade funcional da proteína miofibrilar e a deposição proteica na carne (XU *et al.*, 2021).

O controle do estresse oxidativo promovido pelos compostos fenólicos e carotenoides dietéticos também pode ser identificado pela menor quantidade de carboidratos encontrada nos filés dos peixes alimentados com os coprodutos de frutas, denotando menor necessidade de acúmulo de glicogênio como reserva de energia para atuar em situações estressantes (GONZALES e BETTS, 2018; LUAN *et al.*, 2019).

Os teores de umidade e sais minerais estiveram de acordo com dados encontrados na literatura, que variam entre 64% a 90% (DIAS *et al.*, 2019; SPITZ *et al.*, 2010) e 1% a 2% (VIANA *et al.*, 2013), respectivamente.

A atividade antioxidante dos compostos fenólicos e dos carotenoides presentes nos farelos de frutas utilizados na alimentação das tilápias foi comprovada pelos valores de TBARS encontrados nos filés, desde o início até o final do período de conservação estudado.

Essa atividade foi bastante evidente aos 60 dias de armazenamento sob congelamento, visto que, nesta condição, são formados cristais de gelo que

causam a ruptura tecidual e celular, facilitando o contato entre os lipídios poli-insaturados e os agentes desencadeantes da peroxidação lipídica, resultado na produção do malonaldeído, um dos produtos da reação (LI *et al.*, 2022).

O farelo de maçã, em especial, apresentou os melhores resultados ao longo do tempo de manutenção sob congelamento, possivelmente devido à presença de ácido clorogênico, um composto fenólico de excelente capacidade antioxidante (FENG *et al.*, 2021).

A estabilidade lipídica proporcionada pelos compostos bioativos tem grande importância prática, uma vez que a carne da tilápia é uma das mais consumidas mundialmente, devido a suas características de sabor, aparência e fácil preparo (CHIKOWI *et al.*, 2020) e o prolongamento de sua vida de prateleira é de interesse para todos os tipos de consumidores.

Além disso, devido à capacidade de deposição dos carotenoides na carne, a transferência desses compostos para a dieta humana não deve ser subestimada, pois no organismo eles apresentam as mesmas ações antioxidantes, trazendo benefícios para a saúde (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2022).

Esses resultados nos levam a recomendar a inclusão dos farelos de frutas na alimentação de tilápias cultivadas, como forma de melhorar a qualidade nutricional da carne e prolongar sua vida de prateleira. Hashem *et al.* (2020) também recomendam o consumo dietético massivo de resíduos agro- industriais pelos animais de produção, em função dos efeitos benéficos proporcionados no desempenho e na qualidade dos produtos, tal como a carne.

2.7 Conclusão

Os farelos de acerola, maçã e uva apresentaram altas concentrações de compostos fenólicos e carotenoides e alta atividade antioxidante *in vitro*. Quando incluídos nas dietas de tilápias, eles melhoraram a qualidade da carne aumentando concentração de lipídios e proteínas (farelo de uva) e retardaram a peroxidação lipídica durante o armazenamento sob congelamento, exercendo sua atividade antioxidante até no produto final.

2.8 Referências

Agostini, F.; Michelon, F. M.; Gomes, V. A. A.; Bertolazzi, S.; Schwambachi, M. S., 2017. Otimização de um método por CLAE-UV para análise de compostos fenólicos em *Myrcia oblongata* DC., *Passiflora caerulea* L. e *Equisetum giganteum* L. **Scientia Chromatographica**, 9(3), 180-193.

Alexandre, A. C. S.; Albergaria, F. C.; Silva, L. M. S. F.; Fernandes, L. A. C.; Gomes, M. E. S.; Pimenta, C. J., 2022. Effect of natural and synthetic antioxidants on oxidation and storage stability of mechanically separated tilapia meat. **LWT-Food Science and Technology**, 154.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112679>

Almeida, J. S.; Santos Neto, L. D.; Paiva, K. S. L.; Zaiden, R. T.; Silveira Neto, O. J.; Bueno, C. P., 2014. Utilização de subprodutos de frutas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, 11, 3430-3443.

AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**. Ed. 18. Gaithersburg (MD): AOAC International. 2006.

Balasundram, N.; Sundram, K.; Samman, S., 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, 99, 191-203.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>

Barido, F. H.; Aera, J.; Pak, J. I.; Kim, Y. J.; Lee, S. K., 2021. The effect of pre-treated black garlic extracts on the antioxidative status and quality characteristics of Korean Ginseng Chicken Soup (Samgyetang). **Food Science of Animal Resources**, 41(6), 1036-1048.
<https://doi.org/10.5851/kosfa.2021.e54>

Bligh, E. G.; Dyer, W. J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**. 37(8).
<https://doi.org/10.1139/o59-099>

Borges, A. L.; Matos, A. P.; Barbosa, D. H. S. G.; Coelho, E. F.; Sasaki, F. F. C.; Oliveira, J. R. P.; Fancelli, M.; Fonseca, N.; Ritzinger, R., 2022. **Boas práticas agrícolas para produção orgânica de acerola**. Cruz das Almas,

Embrapa Mandioca e Fruticultura. 108 p. (Documentos, 253).

Canepelle, E.; Writzl, T. C.; Steffler, A. D.; Redin, M.; Weber, F. H.; Scherer, G. C. R. S., 2020. Influência dos métodos de secagem e preparo das amostras no processo de desidratação e reidratação do abacaxi pérola (*Ananas comosus* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, 14(2), 3267-3283.
<https://doi.org/10.3895/rbta.v14n2.10591>

Cheeseman, K. H.; Slater, T. F., 1993. An introduction to free radical biochemistry. **British Medical Bulletin**, 49(3), 481-93.
<https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.bmb.a072625>

Chikowi, C. T. M.; Ochieng, D. O.; Jumbe, C. B. L., 2020. Consumer choices and demand for Tilapia in urban Malawi: What are the complementarities and trade-offs? **Aquaculture**, 530(15).
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735755>

Colombino, E.; Zdunczyk, Z.; Jankowski, J.; Cocolin, L. S.; Schiavone, A.; Biasato, I.; Botella, D. P.; Kaslinska, E.; Kosmala, M.; Ognik, K.; Capucchio, M. T.; Juskiewics, J., 2020. Effect of feeding dried fruit pomaces as additional fibre-phenolic compound on meat quality, blood chemistry and redox status of broilers. **Animals**, 10(11), 1968-1983. <https://doi.org/10.3390/ani10111968>

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), 2023. **Boletim Hortigranjeiro**, 9(1). Disponível em:
https://www.conab.gov.br/40mazonian40/k2/item/download/46155_75fdc0987ae8bda1c19a7895add1ac79

Corona, A. V. L.; Espinosa, I. V.; Sanchez, F. A. G.; Lopez, A. L. S.; Amezcuita, L. E. G.; Varela, R. G., 2022. Antioxidant, anti-inflammatory and cytotoxic activity of phenolic compound family extracted from Raspberries (*Rubus idaeus*): A general review. **Antioxidants**, 11(6).
<https://doi.org/10.3390/antiox11061192>

Dajas, F.; Rivera-Megret, F.; Blasina, F.; Arredondo, F.; Abin-Carriquiry, J. A.; Costa, G.; Echeverry, C.; Lafon, L.; Heizen, H.; Ferreira, M.; Morquio A., 2003. Neuroprotection by flavonoids. **Brazilian Journal of Medical and Biological**

Research, 36(12), 1613-1620. <https://doi.org/10.1590/S0100-879X2003001200002>

Dias, A. J. S.; Façanha, N. P. B.; Silva, E. M. H.; Carmo, E. T. S.; Barros, C. S.; Silva, G. A., 2019. Yield and characterization of the centesimal composition of 41amazonian estuarine fish. **Journal of Agricultural Science and Technology**, 9, 175-183. <https://doi.org/10.17265/2161-6264/2019.03.005>

Dias, R.; Oliveira, H.; Fernandes, I.; Simal-Gandra, J.; Perez, R. G., 2020. Recent advances in extracting phenolic compounds from food and their use in disease prevention and as cosmetics. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 61(7), 1130-1151. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1754162>

Feng, S.; Yi, J.; Li, X.; Wu, X.; Zhao, Y.; Ma, Y.; Bi, J., 2021. Systematic review of phenolic compounds in apple fruits: compositions, distribution, absorprion, metabolism, and processing stability. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 69, 7-27. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c05481>

Furuya, W. M.; Pezzato, L. E.; Barros, M. M.; Boscolo, W. R.; Cyrino, J. E. E.; Furuya, V. R. B.; Feiden, A., 2010. **Tabelas brasileiras para nutrição de tilápias**, 100 p.

García-Chavarría, M.; Flores, M. L., 2013. The use of carotenoid in aquaculture. **Research Journal of Fisheries and Hydrobiology**, 8(2), 38-49.

Gonzales, J.; Betts, J., 2019. Dietary sugars, exercise and hepatic carbohydrate metabolism. **Proceedings of the Nutrition Society**, 78(2), 246-256. <https://doi.org/10.1017/S0029665118002604>

Grassi, T. L. M.; Oliveira, D. L.; Paiva, N. M.; Diniz, J. C. P.; Bosco, A. M.; Pereira, A. A. F.; Menezes, A. R. P.; Valadares, T. C.; Pastor, R. C. P.; Ciarlini,

P. C.; Gonçalves, G. S.; Villaroel, M.; Ponsano, E. H. G., 2018. Microbial biomass as an antioxidante for tilapia feed. **Aquaculture research**, 49(8), 2881-2890. <https://doi.org/10.1111/are.13753>

Hashem, N. M.; Bulnes, A. G.; Gandara, J. S., 2020. Polyphenols in Farm Animals: Source of Reproductive Gain or Waste? **Antioxidants**, 9(10), 1023.

<https://doi.org/10.3390/antiox9101023>

Izar, M. C. D. O.; Lottenberg, A. M.; Giraldez, V.Z.R; Santos, R. D.; Machado, R.M.; Bertolami, A.; Assad, M.H.V.; Saraiva, J.F.K.; Flaudi, A.A.; Moreira, A.S.B, Geloneze, B.; Magnoni, C.D.; Scherr, C.; Amaral, C.K.; Araújo, D.B.; Cintra, D.E.; Nakandakare, E.R.; Fonseca, F.A.H.; Mota, I.C.P.; Santos, J.E.; Kato, J.T.; Beda, L.M.M.; Vieira, L.P.; Bertolami, M.C.; Rogero, M.M.; Lavrador, M.S.F.; Nakasato, M.; Damasceno, N.R.T.; Alves, R.J.; Soares, L.R.; Costa, R.P.ç; Machado, V.A., 2021. Posicionamento sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular – 2021. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 116(1). <https://doi.org/10.36660/abc.20201340>

Jiao, Y.; Kilmartin, P. A.; Fan, M.; Quek, S. Y., 2018. Assessment of phenolic contributors to antioxidant activity of new kiwifruit cultivars using cyclic voltammetry combined with HPPLC. **Food Chemistry**, 268(1), 77-85. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.046>

Jiménez, Y. C.; García-Moreno, V. M.; Igartuburu, J. M.; Barroso, C. G., 2014. Simplification of the DPPH assay for estimating the antioxidant activity of wine and wine by-products. **Food Chemistry**, 165, 198-204. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.106>

Kasapidou, E.; Sossidou, E.; Mitliang, P., 2015. Fruit and vegetable co-products as functional feed ingredients in farm animal nutrition for improved product quality. **Agriculture**, 5, 1020-1034. <https://doi.org/10.3390/agriculture5041020>

Kia, F. J.; Wibowo, J. P.; Elachouri, M.; Masumi, R.; Jouneghani, A. S.; Abolhassanzadeh, Z.; Lorigooini, Z., 2020. Battle between plants as antioxidants with free radicals in human body. **Journal of Herbmed Pharmacology**, 9(3), 191-199. <https://doi.org/10.34172/jhp.2020.25>

Larrauri, J. A.; Rupérez, P.; Saura-Calixto, F., 1997. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of the Agricultural and Food Chemistry**, 45, 1390-1393. <https://doi.org/10.1021/jf960282f>

Lee, B.; Park, C. H.; Kim, J. Y.; Hyeonbin, O.; Kim, D.; Cho, D. K.; Kim, Y. S.;

Choi, Y. M., 2021. Effects of *Astragalus membranaceus*, *Adenophora triphylla*, and *Ulmus pumila* extracts on quality characteristics and storage stability of sous-vide cooked chicken breasts. **Food Science of Animal Resources**, 41(4), 664-673. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2021.e24>

Li, T.; Kuang, S.; Xiao, T.; Hu, L.; Nie, P.; Ramaswamy, H. S.; Yu, Y., 2022. The effect of pressure-shift freezing versus air freezing and liquid immersion on the quality of frozen fish during storage. **Foods**, 11(13). <https://doi.org/10.3390/foods11131842>

Luan, G.; Zhang, S.; Sang, M.; Lu, X., 2019. Progress and perspective on cyanobacterial glycogen metabolism engineering. **Biotechnology Advances**, 37(5), 771-786. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2019.04.005>

Martinez, D. J. G.; Hernandez, M. A.; Ayala, M. P.; Santos, C., 2021. The high content of quercetin and catechin in airen grape juice supports its application in functional food production. **Foods**, 10(7). <https://doi.org/10.3390/foods10071532>

Meléndez-Martínes, A. J.; Mandic, A. I.; Bantis, F.; Böhm, V.; Borge, G. I.; Brncic, M.; Bysted, A.; Cano, M. P.; Dias, M. G.; Elgersma, A.; Fikselová, M.; García-Alonso, J.; Giuffrida, D.; Gonçalves, V. S. S.; Hornero-Méndez, D.; Kljak, K.; Lavelli, V.; Manganaris, G. A.; Mapelli-Brahm, P.; Marounek, M.; Alonso, B. O.; Castón, M. J. P.; Pintea, A.; Sheehan, J. J.; Saponjac, V. T.; Frey, M. V.; Meulebroek, L. V.; O'Brien, N., 2022. A comprehensive review on carotenoids in foods and feeds: status quo, applications, patents, and research needs. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 62(8), 1999-2049. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1867959>

Mushtaq, M.; Fatima, M.; Shah, S. Z. H.; Kahn, N.; Naveed, S.; Khan, M. 2022. Effects of sodium selenite, selenium methionine, and selenium yeast on growth performance, carcass composition, blood biochemistry, and antioxidant status of intensively reared *Hypophthalmichthys molitrix*. **Aquaculture Reports**, 24. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101182>

NUTRIMAX, 2022. Versão 13.10 [Software de computador]. Disponível em: <http://nutrimax.app.br>

Organização das Nações Unidas (ONU). Growing at a slower pace, world population is expected to reach 9.7 billion in 2050 and could peak at nearly 11 billion around 2100. New York, 2019. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html> . Acesso em: 14/02/2023.

Pacher, P.; Beckman, J. S.; Liaudet, L., 2007. Nitric oxide and peroxynitrite in health and disease. **Physiological Reviews**, 87(1), 315-424.
<https://doi.org/10.1152/physrev.00029.2006>.

Prabu, E.; Rajagopalsamy, C. B. T.; Ahilan, B.; Jeevagan, I. J. M. A.; Renuhadevi, M., 2019. Excellent candidate species for world aquaculture: a review. **Annual Research & Review in Biology**, 31(3), 1-14.
<https://doi.org/10.9734/arrb/2019/v31i330052>

Quideau, S.; Deffieux, D.; Casassus, C. D.; Pouysegu, L., 2011. Plant Polyphenols: Chemical Properties, Biological Activities, and Synthesis. **Angewandte Chemie International Edition**, 50(3), 586-621.
<https://doi.org/10.1002/anie.201000044>

Raeisi, S.; Ojagh, S. M.; Pourahouri, P.; Salaun, F.; Quek, S. Y., 2021. Shelf-life and quality of chicken nuggets fortified with encapsulated fish oil and garlic essential oil during refrigerated storage. **Journal of Food Science and Technology**, 58, 121-128. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04521-3>

Rufino, M. S. M.; Alves, R. E.; Brito, E. S.; Morais, S. M.; sampaio, C. G. S.; Pérez-Jiménez, J.; Saura-Calixto, F. D., 2007. **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS +**. Comunicado técnico 128. 4 p. (a).

Rufino, M. S. M.; Alves, R. E.; Brito, E. S.; Morais, S. M.; Sampaio, C. G. S.; Pérez-Jiménez, J.; Saura-Calixto, F. D., 2007. **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH**. Comunicado técnico 127. 4 p. (b).

Serra, V.; Salvatori, G.; Pastorelli, G., 2021. Dietary Polyphenol Supplementation in Food Producing Animals: Effects on the Quality of Derived

Products. **Animals**, 11(2). <https://doi.org/10.3390/ani11020401>

Silva, M. L. C.; Costa, R. S.; Santana, A. S.; Koblitz, M. G. B., 2010. Compostos fenólicos, carotenoides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, 31(3), 669-682.

Silva, A. S. L.; Silva, A. J.; Latif, A. L. O.; Júnior, A. F. S.; Benevides, C. M. J., 2022. Use of analytical methodologies for the determination of phenolic compounds in food in Brazil: advances and weaknesses. **Research, Society and Development**, 11(2). <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25193>

Sousa, M. S. G.; Vieira, L. M.; Silva, M. J. M.; Lima, A., 2011. Nutritional characterization and antioxidant compounds in pulp residues of tropical fruits. **Ciência e Agrotecnologia**, 35(3). <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000300017>

Spitz, J.; Mourocq, E.; Schoen, V.; Ridoux, V., 2010. Proximate composition and energy content of forage species from Bay of Biscay: high – or low – quality food?. **ICES Journal of Marine Science**, 67(5), 909-915. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsq008>

Swapnil, P.; Meena, M.; Singh, S. K.; Dhuldhaj, U. P.; Marwal, A., 2021. Vital roles of carotenoids in plants and humans to deteriorate stress with its structure, biosynthesis, metabolic engineering and functional aspects. **Current Plant Biology**, 26. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2021.100203>

Tarladgis, B. G.; Watts, B. M.; Younathan, M. T.; Junior, L. D., 1960. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. **Journal of the American Oil Chemists’ Society**. 37(1), 44-48. <https://doi.org/10.1007/BF02630824>

The jamovi Project, 2022. Version 2.2.5 [Software de computador]. Disponível em: <https://www.jamovi.org>

Uenojo, M.; Júnior, M. R. M.; Pastore, G. M., 2007. Carotenoides: Propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. **Química Nova**, 30(3), 616-622. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000300022>

Umayaparvathi, S.; Meenakshi, S.; Vimalraj, V.; Arumugam, M.; Balasubramanian, T., 2014. Isolation and structural elucidation of antioxidante peptides from Oyster (*Saccostrea cucullate*) protein hydrolysate. **Protein & Peptide Letters**, 21(10), 1073-1083.

<https://doi.org/10.2174/0929866521666140417121616>

Viana, Z. C. V.; Silva, E.; Fernandes, G. B.; Santos, V. L. C. S., 2013. Centesimal composition in fish muscle in the Coast of the State of Bahia/Brazil. **Journal of Medical and Biological Sciences**, 12(2), 157-162.

<https://doi.org/10.9771/cmbio.v12i2.6955>

Viji, P.; Binsi, P. K.; Visnuvinayagam, S.; Bindu, J.; Rabishankar, C. N.; Gopal, T. K. S., 2015. Efficacy of mint (*Mentha arvensis*) leaf and citrus (*Citrus aurantium*) peel extracts as natural preservatives for shelf-life extension of chil stored Indian mackerel. **Journal of Food Science and Technology**, 52(10), 6278-6289. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1788-1>

Xu, Q. D.; Yu, Z. L.; Zeng, W. C., 2021. Structural and functional modifications of myofibrillar protein by natural phenolic compounds and their application in pork meatball. **Food Research International**, 148.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110593>

Yu, Q.; Xia, C.; Han, F.; Xu, C.; Rombenso, A.; Qin, J. G.; Chen, L.; Li, E., 2022. Effect of different dietary selenium sources on growth performance, antioxidant capacity, gut microbiota, and molecular responses in pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Nutrition**, 2022.

<https://doi.org/10.1155/2022/5738008>

Zhang, Y.; Li, Y.; Ren, X.; Zhang, X.; Wu, Z.; Liu, L., 2023. The positive correlation of antioxidant activity and prebiotic effect about oat phenolic compounds. **Food Chemistry**, 402.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134231>

3 CAPÍTULO 2 - PARÂMETROS BIOQUÍMICOS E ESTADO OXIDATIVO DE TILÁPIAS (*Oreochromis niloticus*) ALIMENTADAS COM COPRODUTOS DE FRUTAS

3.1 Resumo: Os coprodutos da industrialização de frutas possuem em sua composição proteínas, carboidratos, ácidos graxos e nucleicos e compostos fitoquímicos com atividade biológica no controle de microrganismos causadores de doenças e no controle de enfermidades associadas a radicais livres, assim, podem ser incluídos na dieta animal melhorando a saúde e o desempenho, adicionando valor ao produto, diminuindo os custos de produção e o descarte incorreto no ambiente. O objetivo deste experimento foi avaliar os efeitos da inclusão de resíduos industriais de maçã, acerola e uva na dieta de tilápias sobre os parâmetros bioquímicos e o estado oxidativo dos peixes. O experimento contou com delineamento inteiramente casualizado composto de quatro tratamentos e seis repetições. Os tratamentos consistiram em quatro dietas experimentais: C – ração controle, sem farelo de frutas, e três rações contendo farelos de acerola (FA) ou maçã (FM) ou uva (FU) na proporção de 5%. Os compostos fenólicos dos farelos e suas respectivas atividades antioxidantes foram mensurados. Os peixes foram criados em sistema fechado de recirculação de água, recebendo aeração forçada e alimentação na proporção de 6% da biomassa por caixa, dividida em duas vezes ao dia, durante 45 dias. A manutenção da qualidade da água foi realizada por meio de sifonagens e trocas parciais de água, de modo a manter os parâmetros físico-químicos controlados (pH, nitrito, amônia e oxigênio dissolvido) e a temperatura média foi mantida em 24 °C. Os peixes foram anestesiados com eugenol, pesados e medidos para a obtenção dos dados de desempenho (ganho de peso, fator de condição corporal e eficiência alimentar) e o sangue foi coletado para as análises bioquímicas e do estado oxidativo. Após o abate, os fígados foram removidos e pesados para o cálculo do índice hepatossomático. Os resultados foram analisados por análise de variância e teste de Tukey, adotando-se a significância de 5%. O farelo de uva apresentou a maior concentração de compostos fenólicos totais e a maior atividade antioxidante, seguido dos farelos de acerola e maçã. Os peixes alimentados com o farelo de acerola obtiveram o melhor ganho de peso e as dietas contendo os farelos de frutas mantiveram ou melhoraram os parâmetros bioquímicos indicadores do estado de saúde e melhoraram os indicadores do estado oxidativo dos animais. Os dados obtidos reforçam a sugestão de uso de coprodutos oriundos da industrialização de frutas na alimentação de peixes como forma de reduzir resíduos provenientes de operações industriais e melhorar a condição fisiológica dos animais.

Palavras-chave: Acerola; Maçã; Uva; Atividade antioxidante; Eficiência Alimentar; Compostos Fenólicos Totais.

BIOCHEMICAL PARAMETERS AND OXIDATIVE STATUS OF TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) FED WITH FRUITS COPRODUCTS

3.2 Abstract: Coproducts from fruits industrialization retain nutritional components such as proteins, carbohydrates, fatty and nucleic acids and phytochemicals which may play a role in the control of pathogenic microorganisms and diseases associated with free radicals, so, may be used in animal feeding improving health, performance, adding value to the products, decreasing production costs and environmental pollution. The purpose of this study was to evaluate the effects of including apple, acerola and grape industrial residues in the diets of tilapias on the biochemical parameters and the oxidative status of the fish. The experiment was carried out in a completely randomized design composed of four diets and six replicates, as follows: C - control diet, with no fruit meal, and three diets containing 5% of either acerola (FA), apple (FM) or grape (FU) meal. The phenolic compounds in the meals and their respective antioxidant activities were measured. Fish were raised in a closed system of tanks (1,000 L), with water recirculation and forced aeration, for 45 days. Feeding was established at 6% of the biomass, provided twice a day. Residues accumulated at the bottom of the tanks were removed by siphoning twice a week and water was partially changed with the same frequency. The physicochemical parameters of the water (pH, nitrite, ammonia and dissolved oxygen) were controlled twice a week and the average temperature was maintained at 24 °C. The fish were anesthetized with eugenol, weighed and measured to obtain the performance data (weight gain, body condition factor and feed efficiency). Blood samples were collected from tail vein for the biochemical and oxidative analyses. Then, fish were slaughtered by gills sectioning and livers were removed and weighed to calculate the hepatosomatic index. The data were analyzed by ANOVA and Tukey's test using 5% as the significance level. Grape meal had the highest concentration of total phenolic compounds and the highest antioxidant activity, followed by acerola and apple meals. Fish fed acerola meal had the best weight gain and fruit meal diets either maintained or improved the animals' health status. Fish oxidative status was also improved due to fruit meals. These results reinforce the suggestion of using coproducts from fruit industrialization in fish feed to reduce waste from industrial operations and improve the physiological condition of the animals.

Keywords: Acerola; Apple; Grape; Antioxidant activity; Feed efficiency; Total phenolic compounds.

3.3 Introdução²

Conhecida pela sua alta resistência e rusticidade, a tilápia é o segundo peixe mais cultivado no mundo e sua produção quadriplicou em relação à última década (PRABU *et al.*, 2019). Visando o progresso da atividade, o setor produtivo busca mudanças e soluções que impactem positivamente a produção sustentável e atendam aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pela Organização das Nações Unidas como metas para 2030 (ONU, 2015). Dentre as ações que podem contribuir para isso, está a utilização de resíduos agroindustriais na alimentação de animais, diminuindo o descarte e a competição com os alimentos para humanos.

Como exemplo, citam-se os resíduos provenientes da industrialização de frutas, ricos em matéria orgânica como proteínas, carboidratos, ácidos graxos e nucleicos e em compostos bioativos como compostos fenólicos e carotenoides, que possuem funções no controle de microrganismos causadores de doenças e de enfermidades associadas a radicais livres (ACHILONU *et al.*, 2018). Além de trazer componentes nutricionais e benefícios fisiológicos para os animais, o uso de resíduos de frutas na dieta pode diminuir os custos de produção e os gastos com descarte, aumentando a geração de renda e agregando valor aos produtos (CRUZ *et al.*, 2013; INFANTE *et al.*, 2013; KASAPIDOU *et al.*, 2015).

As reações oxidativas em alimentos podem resultar na destruição de nutrientes, provocar alterações no sabor, no odor e na textura da carne, e até gerar compostos tóxicos. Essas reações ocorrem em proteínas e lipídios e provocam rejeição do alimento pelo consumidor, resultando em níveis substanciais de perdas econômicas (DOMINGUÉZ *et al.*, 2022).

Uma forma de minimizar essas ocorrências tanto para os animais quanto para seus produtos é adicionar antioxidantes nas rações animais. Os antioxidantes são incorporados às membranas celulares, sequestrando as formas ativas de espécies reativas de oxigênio envolvidas nas etapas de iniciação e propagação da oxidação, mantendo, assim, a qualidade da carne e

² Normas da revista Aquaculture Reports (Anexo A)

a saúde animal, e auxiliando no crescimento e na resistência ao estresse (BEKHIT *et al.*, 2013; DESCALZO e SANCHO, 2008; GRASSI *et al.*, 2018).

Embora o uso de antioxidantes sintéticos em alimentos seja aprovado pelas agências reguladoras de saúde e esteja em constante avaliação, existe uma preocupação dos consumidores em relação a seus efeitos sobre a saúde, o que impulsionou a comunidade científica a estudar a ação de antioxidantes naturais (ESTÉVEZ, 2021).

No entanto, os efeitos do uso de resíduos na criação de animais requer a avaliação de diversos aspectos, incluindo aqueles relativos à saúde e ao bem-estar dos animais. Por exemplo, as características bioquímicas do sangue dos peixes podem ser monitoradas para a detecção de alterações fisiológicas e patológicas causadas por fatores como manejo, doenças e estresse (SATHEESHKUMAR *et al.*, 2011), auxiliando no diagnóstico e no tratamento de enfermidades (HRUBEC *et al.*, 2000).

Considerando que a oxidação lipídica causada pelos radicais ativos do oxigênio gerados no metabolismo leva à produção de compostos tóxicos no sangue dos peixes e a lesões de membrana (GRASSI *et al.*, 2018), é possível que os compostos bioativos presentes nesses resíduos sejam benéficos para os animais em termos de saúde e estado oxidativo.

Com base nessa hipótese, o objetivo deste experimento foi avaliar os efeitos da inclusão dos resíduos agroindustriais de frutas (maçã, acerola e uva) na dieta de Tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) sobre os parâmetros bioquímicos e o estado oxidativo dos animais.

3.4 Material e métodos

3.4.1 Desenho experimental, dietas experimentais e manejo da criação

Foi adotado um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições, em que tilápias provenientes de piscicultura comercial (JK Fish, Santa Mercedes, São Paulo, Brasil) com peso médio de $355,17 \pm 13,49$ g foram distribuídas em 24 caixas de 1.000 L de água, interligadas por meio de um sistema fechado de recirculação de água, contando com aeração forçada produzida por soprador e

distribuída por pedras porosas (Figura 1). A biomassa média inicial por caixa, em média com 12 peixes, foi de $4.174,58 \pm 361,92$ g. As dietas experimentais foram fornecidas na proporção de 6% da biomassa total da caixa, dividida em duas vezes ao dia, por 45 dias (corrigida a cada ocorrência de mortalidade).

Figura 1: Galpão de criação dos peixes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os procedimentos adotados na criação, na insensibilização e no abate dos peixes foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Unesp (CEUA/FOA 0143-2021).

Os tratamentos incluíram uma dieta basal controle (C) e três dietas experimentais de farelos de acerola (FA), maçã (FM) e uva (FU). As rações experimentais isonutritivas foram formuladas e peletizadas visando atender aos requerimentos nutricionais das tilápias, os quais são reportados nas Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápias (FURUYA *et al.*, 2010) utilizando o

software NUTRIMAX, versão 13.10 (Tabela 1) (Figura 2). O farelo de acerola foi obtido da empresa NIAGRO Nichirei Agrícola Ltda. (Petrolina, Pernambuco, Brasil) e os farelos de maçã e uva foram obtidos da empresa MAIS FRUTA Ind. e Com. Ltda. (Jarinu, São Paulo, Brasil) Os farelos de acerola, maçã e uva apresentavam, respectivamente, $772 \pm 7,2$; $261 \pm 78,4$; $857 \pm 2,6$ $\mu\text{g}/100$ mg de compostos fenólicos totais, determinados pelo método de Larrauri *et al.* (1997), e $20,7 \pm 1,55$; $3,4 \pm 1,31$; $132,9 \pm 4,98$ μ Trolox/g de atividade antioxidante determinados pelo método de captura do cátion ABTS, determinado pelo método de Rufino *et al.* (2007).

O esquema de manutenção da qualidade da água das caixas incluiu limpeza por sifonagem duas a três vezes por semana, troca parcial da água uma vez por semana e monitoramento dos parâmetros temperatura, pH, nitrito, amônia e oxigênio dissolvido, utilizando-se termômetro infravermelho e kits comerciais Labcon, duas vezes por semana (valores médios: temperatura $23,89 \pm 0,71$ °C; pH $7,17 \pm 0,04$; nitrito $1,68 \pm 0,8$ ppm; amônia $2,46 \pm 0,29$ ppm; oxigênio dissolvido $9,78 \pm 0,58$ ppm).

Tabela 1: Composição da ração fornecida aos peixes

Ingredientes	C	FA	FM	FU
Milho grão	44,10%	39,00%	39,00%	39,00%
Farelo de soja	40,00%	42,00%	42,00%	42,00%
Farinha de carne e ossos	6,99%	5,58%	5,58%	5,58%
Farinha de vísceras	4,00%	3,00%	3,00%	3,00%
Farelo de arroz integral	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%
Óleo de soja	3,00%	3,60%	3,60%	3,60%
Lisina	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%
Metionina	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%
Treonina	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%
Triptofano	0,01%	0,10%	0,10%	0,10%
Premix mineral e vitamínico *	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
NaCl	0,16%	0,00%	0,00%	0,00%
Vitamina C	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
Farelo de acerola	0,00%	5,00%	0,00%	0,00%
Farelo de maçã	0,00%	0,00%	5,00%	0,00%
Farelo de uva	0,00%	0,00%	0,00%	5,00%
Nutrientes/energia - Valores calculados				
Energia digestível	3.100,65	3.100,88	3100,57	3100,01
Proteína bruta (%)	27,38	27,3093	27,11	27,167
Proteína digestível (%)	25,07	24,5179	24,77	24,728
Arginina (%)	2,28	2,1588	2,1588	2,1588

Lisina (%)	2,27	2,2015	2,2015	2,2015
Metionina (%)	0,52	0,4908	0,4908	0,4908
Treonina (%)	1,28	1,2112	1,2112	1,2112
Triptofano (%)	0,5	0,4957	0,4957	0,4957
Matéria Mineral (%)	6,63	5,8689	5,8689	5,8689
Calcio (%)	1,26	1,0472	1,0472	1,0472
Fosforo (%)	0,94	0,8365	0,8365	0,8365
Vitamina C (mg/kg)	608,4	608,4	608,4	608,4

C = dieta controle; FA = dieta com farelo de acerola; FM = dieta com farelo de maçã; FU = dieta com farelo de uva. * Composição por kg: Ferro 20000 mg/kg; Cobre 3500 mg/kg; Zinco 24000 mg/kg; Manganês 10000 mg/kg; Iodo 160 mg/kg;

Selênio 100 mg/kg; Cobalto 80 mg/kg; Inositol 25 g/kg; Vitamina A 2400000 UI/kg; Vitamina D3 600000 UI/kg; Vitamina E 30000 UI/kg; Vitamina C 60 g/kg; Vitamina B1 4000 mg/kg; Vitamina B2 4000 mg/kg; Niacina 20 g/kg; Vitamina B6 3500 mg/kg; Vitamina B12 8000 mg/kg; Ácido fólico 1200 mg/kg; Biotina 200 mg/kg; Ácido pantotênico 10 g/kg; Vitamina K3 3000 mg/kg; Colina 100 g/kg.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 2: Ração peletizada utilizada durante o período de experimento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4.2 Determinação do desempenho zootécnico e índice hepatossomático

Os animais foram pesados e medidos no início e no final do experimento. O consumo de ração foi calculado com base na quantidade de ração fornecida. Os parâmetros ganho de peso (GP) fator de condição corporal (FC), índice hepatossomático (IH) e índice de eficiência alimentar (EA), foram calculados utilizando-se as seguintes equações:

$$(Eq. 1) GP = \text{Biomassa final (g)} - \text{Biomassa inicial (g)}$$

$$(Eq. 2) IH = (\text{peso do fígado (g)} / \text{peso total (g)}) \times 100$$

$$(Eq. 3) EA = \text{ganho médio diário de peso (g)} / \text{consumo médio diário de ração (g)}$$

O fator de condição corporal (FC) foi calculado a partir do modelo $W=aL^b$ (W = peso (g); L = comprimento (cm); a = coeficiente determinado pela adaptação do modelo às observações de comprimento ao peso; b = parâmetro de crescimento alométrico) e para seu cálculo foi utilizado o Programa Prático de Modelagem (PPM).

3.4.3 Parâmetros de saúde

Ao final do experimento, 5 (cinco) peixes de cada caixa foram anestesiados com óleo de cravo-da-índia (eugenol) na concentração de 40 mg/L para coleta de sangue da veia caudal.

A análise bioquímica do sangue foi realizada em duplicata em analisador bioquímico automatizado (BS-200 Chemistry Analyzer, Mindray Bio-Medical Electronics Co, Shenzhen, China) previamente calibrado com calibrador comercial e controles de níveis I e II (Bio Systems, Barcelona, Spain). Foram utilizados reativos comerciais (BioSystems, Barcelona, Spain) para a determinação dos seguintes parâmetros: ureia (método enzimático UV); creatinina (método cinético com picrato alcalino); albumina (método do verde de bromocresol); proteína total plasmática (método do biureto); colesterol (método enzimático oxidase/peroxidase); ácido úrico (método enzimático uricase/peroxidase); fosfatase alcalina (método dietanolamina); alanino aminotransferase (ALT) (método de conversão de grupos amina em piruvato); aspartato aminotransferase (AST) (método de conversão de grupos amina em oxalacetato). A globulina foi determinada pela diferença entre os valores de proteínas

totais e albumina. As provas bioquímicas foram processadas a 37°C e conforme as orientações dos fabricantes.

3.4.4 Estado Oxidativo do sangue

A capacidade antioxidante total (TAS) do sangue foi medida pelo método colorimétrico de inibição de formação de cátion de ABTS (2,2'-Azino ácido dietilbezotiazolinossulfônico) (EREL, 2004). A capacidade oxidante total (TOS) do sangue foi mensurado pelo método colorimétrico utilizando laranja de Xylenol (EREL, 2005). A peroxidação lipídica foi mensurada pela quantidade de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) utilizando reagente comercial (TBARS, ZeptoMetrix Corporation, Buffalo, NY, USA) e leitora automática de microplacas (Readwell Touch, Robonik PVT LTD, Thane, India) com comprimento de onda de 545 nm (HUNTER *et al.*, 2005).

3.4.5 Análises estatísticas

Os dados coletados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade e a análises de variância. As diferenças entre as médias foram analisadas pelo teste de Tukey ($p < 0.05$). As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico Jamovi versão 2.2.5.

3.5 Resultados

3.5.1 Desempenho zootécnico e índice hepatossomático

Os peixes alimentados com a dieta contendo farelo de acerola apresentaram o maior ganho de peso comparado aos outros tratamentos. Não houve diferença estatística para ganho de peso, eficiência alimentar, fator de condição corporal e índice hepatossomático entre os peixes que receberam a dieta controle e os peixes que receberam as dietas com inclusão de resíduos de frutas, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros de desempenho de tilápias alimentadas com as dietas experimentais (médias $\pm$ desvio padrão)

Parâmetros	Dietas				P valor
	C	FA	FM	FU	
Ganho de peso (g)	531 $\pm$ 48,8 b	591 $\pm$ 38 a	491 $\pm$ 21,9 bc	471 $\pm$ 32,8 c	0,002
Eficiência alimentar	0,0951 $\pm$ 0,0547	0,0948 $\pm$ 0,0283	0,0609 $\pm$ 0,0391	0,1075 $\pm$ 0,0464	0,31
Fator de condição corporal	2,370 $\pm$ 0,616	2,706 $\pm$ 0,155	2,666 $\pm$ 0,291	2,768 $\pm$ 0,172	0,198
Índice hepatossomático	1,179 $\pm$ 0,403	1,156 $\pm$ 0,344	1,181 $\pm$ 0,369	1,275 $\pm$ 0,424	0,8796

C = dieta controle; FA = dieta com farelo de acerola; FM = dieta com farelo de maçã; FU = dieta com farelo de uva. Valores seguidos de letras diferentes diferem significativamente no Teste de Tukey. ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.5.2 Parâmetros bioquímicos e oxidativos do sangue

Os parâmetros bioquímicos e oxidativos do sangue estão expressos na Tabela 3. Houve diferença estatística significativa entre os grupos para os parâmetros de glicose, globulina, fosfatase alcalina, ácido úrico, creatinina e ureia. Os resultados estiveram dentro dos limites de referência para tilápias (HRUBEC *et al.*, 2000; CHEN *et al.*, 2003; MAUEL *et al.*, 2007). O grupo alimentado com a dieta C obteve o maior índice de TBARS, o menor valor de TAS e o maior valor de TOS, indicando a pior atividade antioxidante.

Tabela 3: - Parâmetros bioquímicos do sangue de tilápias alimentadas com as dietas experimentais (médias $\pm$ desvio padrão)

Parâmetros	Dietas				Limites de referência	P valor
	C	FA	FM	FU		
Proteínas totais (g/dL)	3,71 $\pm$ 0,71	3,59 $\pm$ 0,53	3,31 $\pm$ 1,16	3,64 $\pm$ 0,62	3,3 - 5,0 g/dL	0,538
Albumina (g/dL)	1,46 $\pm$ 0,39	1,31 $\pm$ 0,31	1,16 $\pm$ 0,47	1,31 $\pm$ 0,33	1,1 - 1,7 g/dL	0,166
Globulina (g/dL)	2,25 $\pm$ 0,41 a	2,27 $\pm$ 0,32 a	1,82 $\pm$ 0,54 b	2,24 $\pm$ 0,30 a	1,3 - 3,1 g/dL	0,012
Relação albumina/globulina	0,66 $\pm$ 0,13	0,58 $\pm$ 0,13	0,61 $\pm$ 0,18	0,55 $\pm$ 0,10	0,4 - 0,8	0,084
Alanino aminotransferase (ALT) (U/L)	84,1 $\pm$ 19,2	81,2 $\pm$ 22,4	81,9 $\pm$ 13,8	75,2 $\pm$ 12,9	28,3 - 121 U/L	0,253
Aspartato aminotransferase (AST) (U/L)	81,7 $\pm$ 22,0	74,7 $\pm$ 25,3	75,7 $\pm$ 19,4	67,0 $\pm$ 12,9	16 - 120 U/L	0,052
Fosfatase alcalina (U/L)	59,2 $\pm$ 28,0 a	41,9 $\pm$ 14,3 b	53,1 $\pm$ 19,1 ab	39,5 $\pm$ 11,9 b	16 - 38 U/L	0,005
Glicose (mg/dL)	65,1 $\pm$ 25,4 b	59,6 $\pm$ 19,0 b	68,0 $\pm$ 17,7 ab	87,3 $\pm$ 35,0 a	52 - 156 mg/dL	<0,001
Colesterol (mg/dL)	152 $\pm$ 31,1	138 $\pm$ 23,9	137 $\pm$ 45,9	155 $\pm$ 40,0	88 - 228 mg/dL	0,206
Ácido úrico (mg/dL)	4,04 $\pm$ 1,85 a	2,30 $\pm$ 1,04 b	3,23 $\pm$ 1,49 ab	2,25 $\pm$ 0,88 b	*	<0,001
Creatinina (mg/dL)	0,187 $\pm$ 0,03 a	0,221 $\pm$ 0,11 a	0,154 $\pm$ 0,04 b	0,181 $\pm$ 0,06 a	0 - 0,8 mg/dL	0,029
Ureia (mg/dL)	1,85 $\pm$ 0,52 c	2,73 $\pm$ 0,58 b	2,29 $\pm$ 0,88 bc	3,55 $\pm$ 1,09 a	1,0 - 4,0 mg/dL	<0,001
TBARS (ng de MDA/mL)	8,51 $\pm$ 5,12 a	3,96 $\pm$ 2,31 b	5,14 $\pm$ 3,86 b	3,14 $\pm$ 1,83 b	*	<0,001
TAS (mmol/L)	0,464 $\pm$ 0,04 b	0,576 $\pm$ 0,10 a	0,558 $\pm$ 0,06 a	0,594 $\pm$ 0,06 a	*	<0,001
TOS (mmol/L)	0,06 $\pm$ 0,003 a	0,05 $\pm$ 0,006 b	0,05 $\pm$ 0,002 b	0,05 $\pm$ 0,004 b	*	<0,001

C = dieta controle; FA = Dieta com farelo de acerola; FM = Dieta com farelo de maçã; FU = Dieta com farelo de uva; TBARS = Substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico; MDA = malonaldeído; TAS = *Total antioxidant status* (Capacidade antioxidante total). Os valores seguidos de letras diferentes diferem significativamente no Teste de Tukey ($p < 0,05$). * Não foram encontrados valores de referência.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.6 Discussão

3.6.1 Desempenho zootécnico

A nutrição é um dos fatores mais importantes associados à saúde animal e o bem estar (ROQUES *et al.*, 2018), assim, qualquer mudança na dieta animal deve ser mensurada e analisada. Entretanto, outros fatores, como a qualidade da água, densidade populacional e o meio ambiente podem afetar o bem estar animal (TONI *et al.*, 2018) e a qualidade da carne (DASKALOVA, 2019).

O fator de condição corporal é um bom indicador quantitativo do grau de bem-estar de peixes, utilizado em biologia pesqueira para avaliar as condições de alimentação, densidade populacional, clima e outras condições ambientais em que os peixes vivem (GOMIERO e BRAGA, 2006). Para peixes, índices entre 2,5 e 3,5 indicam um crescimento isométrico, caracterizado pela proporcionalidade entre peso e comprimento durante o crescimento (FROESE, 2006). Portanto, o fator de crescimento alométrico dos animais alimentados com os farelos de frutas foi considerado normal, enquanto que os animais do grupo C apresentaram alometria negativa ($FC < 2,5$).

A EA permite avaliar se uma ração atende ou não às exigências nutricionais específicas do animal e para comparar as suas demandas relativas de manutenção e produção (NETO *et al.*, 2021). Assim, quanto maior a EA, maior a eficiência no uso da ração pelo animal (DAVIS *et al.*, 2021). Dessa forma, pode-se dizer que as dietas foram igualmente eficientes para a produção de tilápias em cativeiro, mostrando um resultado altamente promissor para o uso dos farelos de frutas.

Já o IH pode contribuir como um indicador fisiológico da utilização dos alimentos fornecidos para os peixes, evidenciando o crescimento hepático resultante das demandas metabólicas do animal. A elevação desse índice sugere a deposição lipídica no fígado por fatores metabólicos, como o aumento da gliconeogênese ou por fatores estressantes (SANCHES *et al.*, 2014). Os resultados de IH indicam que a inclusão dos farelos de frutas não influenciou o crescimento hepático.

3.6.2 Parâmetros bioquímicos

As proteínas totais do sangue são representadas pela albumina e globulina. A albumina representa de 35% a 50% das proteínas totais, e atua no metabolismo muscular e no sistema imunológico (MADURO *et al.*, 2020). A inclusão dos farelos de frutas nas dietas das tilápias não afetou significativamente a concentração de proteínas totais do sangue e os níveis de albumina, sugerindo a manutenção da condição de saúde dos peixes. As globulinas compreendem proteínas que agem no sistema imune, enzimas e proteínas transportadoras (MELO *et al.*, 2009). Baixas concentrações de globulinas no sangue, como encontrado para o grupo FM, podem indicar baixa necessidade de atividade do sistema imunológico no período, como

resultado de menor estresse (CHERNYAVSKIKH *et al.*, 2019).

A fosfatase alcalina é indicativa de lesão hepatobiliar (RODRIGUES *et al.*, 2018), e os valores aumentados encontrados nos animais do grupo C são compatíveis com a presença de cálculos encontrados em maior frequência na vesícula biliar dos animais desse grupo no momento do abate. Esse achado confirma a ação hepatoprotetora dos compostos fenólicos das rações contendo farelos de frutas (SAHA *et al.*, 2019). No entanto, o aumento de fosfatase alcalina no grupo C não foi acompanhado do aumento nas concentrações das enzimas aspartato aminotransferase (AST) e alanino aminotransferase (ALT), que atuam na regulação da função hepática, aparecendo em concentrações elevadas no caso de lesão nos hepatócitos (MONTANHA e PIMPÃO, 2012). A normalidade das atividades de AST e ALT no sangue dos peixes também indica a capacidade dos peixes em metabolizar as proteínas presentes na dieta (HONORATO *et al.*, 2015).

Alguns compostos fenólicos, tal como a quercetina, estão associados à diminuição do índice glicêmico no organismo por aumentarem a sensibilidade à insulina, diminuindo o nível de glicose sérica (DEHGHANI *et al.*, 2021; FERNANDES *et al.*, 2019). Apesar de ter apresentado a maior quantidade de compostos fenólicos totais e de ser reconhecidamente rica em quercetina (MARTÍNEZ *et al.*, 2021), a uva utilizada na forma de farelo na ração FU não foi capaz de reduzir a glicemia dos peixes.

O nível de colesterol no sangue se correlaciona com as altas taxas metabólicas de lipídios, que ocorre, principalmente, em condições de estresse (DAIM *et al.*, 2020). Os níveis de colesterol encontrados dentro dos valores de referência, indicam a manutenção da homeostase dos animais. Além disso, também existe uma correlação positiva entre o colesterol sanguíneo e a taxa de eficiência alimentar (NETO *et al.*, 2021), confirmando a adequação nutricional das dietas experimentais. Altas concentrações séricas de ácido úrico podem indicar mau funcionamento de rins e fígado, gerando hiperuricemia e falhas no metabolismo animal (ZHANG *et al.*, 2019). Os valores elevados de ácido úrico no sangue dos animais do grupo C, junto ao aumento da fosfatase alcalina, reforçam a ocorrência de acometimento hepático nos peixes deste grupo, bem como o papel protetor dos compostos fenólicos das dietas contendo farelos de frutas para o fígado dos peixes (SAHA *et al.*, 2019).

A creatinina é um metabólito excretado pelos rins encontrado no tecido muscular, podendo indicar mau funcionamento deste órgão quando em concentrações elevadas (HONG *et al.*, 2019), o que não foi detectado em nenhum dos tratamentos.

Já a ureia é um importante indicador do estado metabólico em peixes, pois está associada ao aproveitamento de proteína da dieta (HASSASSINE e HASAWI, 2021). Em peixes, sua excreção ocorre pela urina ou pelas brânquias (RANDALL e WRIGHT, 1987), por isso, valores aumentados podem indicar epiteliopatia branquial e/ou doenças renais (RODRIGUES *et al.*, 2018). Os maiores valores desse parâmetro foram encontrados nos animais do grupo C, reforçando os efeitos benéficos dos compostos fenólicos sobre a saúde animal (LAGANÀ *et al.*, 2019).

3.6.3 Estado oxidativo

O estresse oxidativo celular ocorre quando as forças oxidativas se sobressaem aos sistemas antioxidantes (VELISEK *et al.*, 2011), formando o oxigênio reativo que, quando não combatido, provoca a peroxidação lipídica, a formação de proteínas carbonilas, danos musculares e danos no DNA (CAZENAVE *et al.*, 2006; ZHANG *et al.*, 2008). Uma das formas de auxiliar o sistema intrínseco de defesa no combate ao estresse oxidativo é a inclusão de compostos antioxidantes (sintéticos ou naturais) na dieta, para atuar no organismo de modo a evitar a propagação das moléculas de oxigênio reativo e a formação do malonaldeído (RABAIOLI *et al.*, 2022).

A inclusão de moléculas bioativas na dieta, como os compostos fenólicos, pode reduzir o risco de doenças e inflamações (KOOP *et al.*, 2022). Esses compostos conseguem se infiltrar em áreas hidrofóbicas (como as bicamadas lipídicas celulares) e hidrofílicas (como o soro do sangue), provocando uma modulação celular positiva (COLOMBINO *et al.*, 2020), aumentando o potencial redox, atuando como doadores de hidrogênio e também atraindo moléculas de oxigênio, assim evitando a formação de radicais livres e aumentando as propriedades antioxidantes intrínsecas (VIJI *et al.*, 2015).

TAS e TOS mensuram o estresse oxidativo celular, e o TBARS mensura o malonaldeído presente na amostra. Por meio dos resultados obtidos, pode-se dizer que a maior concentração de TBARS e TOS, e o menor valor de TAS nos peixes alimentados com a dieta C, indicam a pior atividade antioxidante para esse grupo, comprovando a atuação antioxidante dos compostos fenólicos presentes nos farelos de frutas.

3.7 Conclusão

Essa pesquisa demonstrou que os farelos de acerola, maçã e uva, incluídos na proporção de 5% em dietas de tilápias não afetaram os parâmetros produtivos (exceto o ganho de peso, que foi maior para os animais alimentados com o farelo de acerola), mantiveram ou melhoraram a condição fisiológica e favoreceram o estado oxidativo dos animais, provando os efeitos positivos dos compostos fenólicos presentes nos farelos de frutas para a saúde dos peixes.

3.8 Referências

- Achilonu, M.; Shale, K.; Arthur, G.; Naidoo, K., 2018. Phytochemical Benefits of Agroresidues as Alternative Nutritive Dietary Resource for Pig and Poultry Farming. **Journal of Chemistry**, 18, 1-15. <https://doi.org/10.1155/2018/1035071>
- Bekhit, A. E. D. A.; Hopkins, D. L.; Fahri, F. T.; Ponnampalam, E. N., 2013. Oxidative processes in muscle systems and fresh meat: Sources, markers, and remedies. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 12(5), 565-597. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12027>
- Cazenave, M. D. A.; Bistoni, S. F.; Pesce, D. A., 2006. Differential detoxification and antioxidant response in diverse organs of *Corydoras paleatus* experimentally exposed to microcystin-RR. **Aquatic Toxicology**, 76, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2005.08.011>
- Chen, C. Y.; Gregory, A. W.; Rodman, G. G.; Bowser, P. R.; Timmons, M. B., 2003. Blood chemistry of healthy, nephrocalcinosis-affected and ozone-treated tilapia in a recirculation system, with application of discriminant analysis. **Aquaculture**, 218, 89-102. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00499-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00499-4)
- Chernyavskikh, S. D.; Borodaeva, Z. A.; Borisovskiy, I. P.; Ostapenko, S. I.; Galtseva, O. A., 2019. Blood protein spectrum in representatives of the fish superclass. **EurAsian Journal of BioSciences**, 13, 979-981.
- Colombino, E.; Zdunczyk, Z.; Jankowski, J.; Cocolin, L. S.; Schiavone, A.; Biasato, I.; Botella, D. P.; Kaslinska, E.; Kosmala, M.; Ognik, K.; Capucchio, M. T.; Juskiewics, J., 2020. Effect of feeding dried fruit pomaces as additional fibre-phenolic compound on meat quality, blood chemistry and redox status of broilers. **Animals**, 10(11), 1968-1983. <https://doi.org/10.3390/ani10111968>
- Cruz, S. S.; Morais, A. B. F.; Ribeiro, S. B.; Oliveira, M. G.; Costa, M. S.; Feitosa, C. T. L., 2013. Resíduos de frutas na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica Nutritime**, 10(6), 2909 – 2931.
- Daim, M. M. A.; Dawood, M. A. O.; Elbadawy, M.; Aleya, L.; Alkahtani, S., 2020. *Spirulina platensis* reduced oxidative damage induced by chlorpyrifos toxicity in Nile

Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Animals**, 10(3), 473-484.

<https://doi.org/10.3390/ani10030473>

Daskalova, A., 2019. Farmed fish welfare: stress, post-mortem muscle metabolism, and stress-related meat quality changes. **International Aquatic Research**, 11, 113-124. <https://doi.org/10.1007/s40071-019-0230-0>

Davis, R. P.; Boyd, C. E.; Davis, A., 2021. Resource sharing and sparing, understanding the role of production intensity and farm practices in resource use in shrimp aquaculture. **Ocean & Coastal Management**, 207, 1-7.

<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105595>

Dehghani, F.; Morvaridzadeh, M.; Pizarro, A. B.; Rouzitalab, T.; Khorshidi, M.; Izadi, A.; Shidfar, F.; Omid, A.; Heshmati, J., 2021. Effect of extra virgin olive oil consumption on glycemic control: A systematic review and meta-analysis. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, 31(7), 1953-1961.

<https://doi.org/10.1016/j.numecd.2021.02.017>

Descalzo, A. M.; Sancho, A. M., 2008. A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina.

Meat Science, 79, 423-436. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.12.006>

Dominguez, R.; Pateiro, M.; Muneke, P. E. S.; Zhang, W.; Oliveira, P. G.; Carpena, M.; Prieto, M. A.; Bohrer, B.; Lorenzo, J. M., 2022. Protein oxidation in muscle foods: a comprehensive review. **Antioxidants**, 11(60), 1-24.

<https://doi.org/10.3390/antiox11010060>

Erel, O., 2004. A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable ABTS radical cation. **Clinical Biochemistry**, 37, 277-285.

<https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2003.11.015>

Erel, O., 2005. A new automated colorimetric method for measuring total oxidant status. **Clinical Biochemistry**, 38, 1103-1111.

<https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2005.08.008>

Estévez, M., 2021. Critical overview of the use of plant antioxidants in the meat industry: Opportunities innovative applications and future perspectives. **Meat Science**, 181, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108610>

Fernandes, R. C.; Anami, J. M.; Steffens, C. A., 2019. Maçã: compostos fenólicos e saúde. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde da UNIARP**, 9(2), 29-33. <https://doi.org/10.33362/ries.v8i2.2062>

Froese, R., 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. **Journal of Applied Ichthyology**, 22(4), 241-253. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>

Furuya, W. M.; Pezzato, L. E.; Barros, M. M.; Boscolo, W. R.; Cyrino, J. E. E.; Furuya, V. R. B.; Feiden, A., 2010. **Tabelas brasileiras para nutrição de tilápias**, 100 p.

Garcia-Neto, M.; Perri, S. H. V. **PPM: Programa prático para modelagem**. Disponível em: <https://sites.google.com/site/programapraticodemodelagem/>

Gomiero, L.M.; Braga, F.M.S., 2006. Relação peso-comprimento e fator de condição de *Brycon opalinus* (Pisces, Characiformes) no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Santa Virgínia, Mata Atlântica, Estado de São Paulo, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, 28(2), 135-141. <https://doi.org/10.4025/actascibiols.v28i2.1034>

Grassi, T. L. M.; Oliveira, D. L.; Paiva, N. M.; Diniz, J. C. P.; Bosco, A. M.; Pereira, A. A. F.; Menezes, A. R. P.; Valadares, T. C.; Pastor, R. C. P.; Ciarlini, P. C.; Gonçalves, G. S.; Villaroel, M.; Ponsano, E. H. G., 2018. Microbial biomass as an antioxidant for tilapia feed. **Aquaculture research**, 49(8), 2881-2890. <https://doi.org/10.1111/are.13753>

Hassassine, R.; Al-Hasawi, Z., 2021. Acanthocephalan worms mitigate the harmful impacts of heavy metal pollution on their fish hosts. **Fishes**, 6(4), 49-64. <https://doi.org/10.3390/fishes6040049>

Hong, J.; Chen, X.; Liu, S.; Fu, Z.; Han, M.; Wang, Y.; Gu, Z.; Ma, Z., 2019. Impact of fish density on water quality and physiological response of golden pompano

(*Trachinotus ovatus*) flingerlings during transportation. **Aquaculture**, 507, 260-235.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.040>

Honorato, C. A.; Ushizima, T. T.; Santamaria, F. M.; Quintana, C. I. F.; Marcondes, V. M.; Nascimento, C. A., 2015. Desempenho produtivo e econômico de surubins (*Pseudoplatystoma* sp.) alimentados com níveis de proteína e estocados em tanque-rede. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 67(5), 1408-1414.
<https://doi.org/10.1590/1678-4162-7238>

Hrubec, T. C.; Cardinale, J. L.; Smith, S. A., 2000. Hematology and plasma chemistry reference intervals for cultured tilapia (*Oreochromis hybrid*). **Veterinary Clinical Pathology**, 29, 7-12. <https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.2000.tb00389.x>

Hunter, M. I. S.; Nlemadim, B. B.; Davidson, D. L. W., 1985. Lipid peroxidation products and antioxidant proteins in plasma and cerebrospinal fluid from multiple sclerosis patients. **Neurochemical Research**, 10(12), 1645-1652.
<https://doi.org/10.1007/BF00988606>

Infante, J.; Selani, M. M.; Toledo, N. M. V.; Silveira-Diniz, M. F.; Alencar, S. M.; Spoto, M. H., 2013. Atividade antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food & Nutrition/Alimentos e Nutrição**, 24(1), 87-91.

Kasapidou, E.; Sossidou, E.; Mitliang, P., 2015. Fruit and vegetable co-products as functional feed ingredients in farm animal nutrition for improved product quality. **Agriculture**, 5, 1020-1034. <https://doi.org/10.3390/agriculture5041020>

Koop, B. L.; Silva, M. N.; Silva, F. D.; Lima, K. T. S.; Soares, L. S.; Andrade, C. J.; Valencia, G. Q.; Monteiro, A. R., 2022. Flavonoids, anthocyanins, betalains, curcumin, and carotenoids: Sources, classification and enhanced stabilization by

encapsulation and adsorption. **Food Research International**, 153, 1-18.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110929>

Laganà, P.; Anastasi, G.; Marano, F.; Piccione, S.; Singla, R. K.; Dubey, A. K.; Delia, S.; Coniglio, M. A.; Facciola, A.; DiPietro, A.; Haddad, M. A.; Al-Hiary, M.; Caruso, G., 2019. Phenolic substances in foods: health effects as anti-inflammatory and antimicrobial agents. **Journal of AOAC International**, 102(5), 1378-1387.

<https://doi.org/10.1093/jaoac/102.5.1378>

Larrauri, J. A.; Rupérez, P.; Saura-Calixto, F., 1997. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels.

Journal of the Agricultural and Food Chemistry, 45, 1390-1393.

<https://doi.org/10.1021/jf960282f>

Maduro, A. H. P.; Silva, V. M. F.; Oliveira, R. P. M.; Barbosa, P. S., 2020. Perfil metabólico de filhotes de peixe-boi da Amazônia (*Trichechus inunguis*) em cativeiro, alimentados com diferentes sucedâneos do leite materno. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 72(5), 1830-1838. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11415>

Martínez, D. J. G.; Hernández, M. A.; Ayala, M. P.; Santos, C., 2021. The high content of quercetin and catechin in airen grape juice supports its application in functional food production. **Foods**, 10(7), 1532-1548.

<https://doi.org/10.3390/foods10071532>

Mauel, M. J.; Miller, D. L.; Merrill, A. L., 2007. Hematologic and plasma biochemical values of healthy hybrid tilapia (*Oreochromis aureus* x *Oreochromis nilotica*) maintained in a recirculation system. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, 38(3), 420-424. <https://doi.org/10.1638/06-025.1>

Melo, D. C.; Oliveira, D. A. A.; Melo, M. M.; Júnior, D. V.; Teixeira, E. A.; Guimarães, S. R., 2009. Perfil proteico de tilápia nilótica chitralada (*Oreochromis niloticus*), submetida ao estresse crônico por hipóxia. Zootecnia e Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 61(5), 1183-1190. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352009000500022>

Montanha, F. P.; Pimpão, C. T., 2012. Toxicological effects of pyrethroids (Cypermethrin and Deltamethrin) in fish – Review. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, 9(18), 1-58.

Neto, A. F.; Martins, C. E. N.; Schwegler, E.; Barcellos, J. O. J.; Barth, A. L., 2021. Blood metabolites and fecal starch as indicators of feed efficiency of beef cattle in the feedlot. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 73(6), 1260-1268. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12360>

NUTRIMAX, 2022. Versão 13.10 [Software de computador]. Disponível em: <http://nutrimax.app.br>

Organização das Nações Unidas (ONU), 2015. Relatório Sobre os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. Nova Iorque. Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals> . Acesso em 10 de março de 2022.

Prabu, E.; Rajagopalsamy, C. B. T.; Ahilan, B.; Jeevagan, I. J. M. A.; Renuhadevi, M., 2019. Excellent candidate species for world aquaculture: a review. **Annual Research & Review in Biology**, 31(3), 1-14. <https://doi.org/10.9734/arrb/2019/v31i330052>

Rabaioli, A.; Battisti, E. K.; Peixoto, N. C.; Uczay, J.; Brasil, C. C. B.; Hermes, L. B.; Lazzari, R., 2022. The glazing process associated with natural antioxidants improves the conservation of Nile tilapia fillets. **Research, Society and Development**, 11(1), 1-8. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.24136>

Randall, D.J.; Wright, P.A., 1987. Ammonia distribution and excretion in fish. *Fish Physiology and Biochemistry*, 3, 107–120. <https://doi.org/10.1007/BF02180412>

Rodrigues, G. M.; Nascimento, F. G. O.; Bizare, A.; Oliveira, W. J.; Guimarães, E. C.; Mundim, A. V., 2018. Perfil bioquímico sérico de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques rede durante as estações do verão e inverno. **Acta Scientiae Veterinariae**, 46(1529), 1-8. <https://doi.org/10.22456/1679-9216.81814>

Roques, S.; Deborde, C.; Richard, N.; Skiba-Cassy, S.; Moing, A.; Fauconneau, B., 2018. Metabolomics and fish nutrition: a review in the context of sustainable feed

development. **Reviews in Aquaculture**, 12 (1), 261-282.

<https://doi.org/10.1111/raq.12316>

Rufino, M. S. M.; Alves, R. E.; Brito, E. S.; Morais, S. M.; sampaio, C. G. S.; Pérez-Jiménez, J.; Saura-Calixto, F. D., 2007. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS +. **Comunicado técnico 128**. 4 p. (a).

Saha, P.; Talukdar, A. D.; Nath, R.; Sarker, S. D.; Nahar, L.; Sahu, J.; Choudhury, M. D., 2019. Role of natural phenolics in hepatoprotection: A mechanistic review and analysis of regulatory network of associated genes. **Frontiers in Pharmacology**, 10(509), 1-15. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00509>

Sanches, E. G.; Silva, F. C.; Leite, J. R.; Silva, P. K. A.; Kerber, C. E.; Santos, P. A., 2014. A incorporação de óleo de peixe na dieta pode melhorar o desempenho da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus*? **Boletim do Instituto de Pesca**, 40(2), 147-155.

Satheeshkumar, P.; Senthilkumar, D.; Ananthan, G.; Soundarapandian, P.; Kahn, A. B., 2011. Measurement of hematological and biochemical studies on wild marine carnivorous fishes from Vellar estuary, southeast coast of India. **Comparative Clinical Pathology**, 20(2), 127-134. <https://doi.org/10.1007/s00580-010-0966-9>

The jamovi Project, 2022. Version 2.2.5 [Software de computador]. Disponível em <https://www.jamovi.org>

Toni, M.; Manciocco, A.; Angiulli, E.; Alleva, E.; Cioni, C.; Malavasi, S., 2018. Review: Assessing fish welfare in research and aquaculture, with a focus on European directives. **Animal**, 13 (1), 161-170. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000940>

Velisek, J.; Stara, A.; Li, Z. H.; Silovska, S.; Turek, J., 2011. Comparision of the effects of four anaesthetics on blood biochemical profiles and oxidative stress

biomarkers in rainbow trout. **Aquaculture**, 310, 369-375.

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.11.010>

Viji, P.; Binsi, P. K.; Visnuvinayagam, S.; Bindu, J.; Rabishankar, C. N.; Gopal, T. K. S., 2015. Efficacy of mint (*Mentha arvensis*) leaf and citrus (*Citrus aurantium*) peel extracts as natural preservatives for shelf-life extension of chil stored Indian mackerel. **Journal of Food Science and Technology**, 52(10), 6278-6289.

<https://doi.org/10.1007/s13197-015-1788-1>

Zhang, X.; Yang, F.; Zhang, X.; Xu, Y.; Liao, T.; Song, S.; Wang, H., 2008. Induction of hepatic enzymes and oxidative stress in Chinese rare minnow (*Gobiocypris rarus*) exposed to waterborne hexabromocyclododecane (HBCDD). **Aquatic Toxicology**, 86, 4-11. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2007.07.002>

Zhang, Y.; Li, Q.; Wang, F.; Xing, C., 2019. A zebrafish (*Danio rerio*) model for high-throughput screening food and drug with uric acid-lowering activity. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, 508(2), 494-498.

<https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2018.11.050>

APÊNDICE A – REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

ABP - Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixe BR 2023**, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario/>
Acesso em: 15/03/2023.

ABMP - Associação Brasileira de Produtores de Maçã. **Anuário Brasileiro da Maçã 2019**. Fraiburgo, 2019. Disponível em <http://www.abpm.org.br/anuarios-da-maca>.
Acesso em: 10/02/2023.

ACHILONU, M.; SHALE, K.; ARTHUR, G.; NAIDOO, K. Phytochemical Benefits of Agroresidues as Alternative Nutritive Dietary Resource for Pig and Poultry Farming. **Journal of Chemistry**, v. 18, p. 1-15, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/1035071>

ALMEIDA, J. S.; SANTOS NETO, L. D.; PAIVA, K. S. L.; ZAIDEN, R. T.; SILVEIRA NETO, O. J.; BUENO, C. P. Utilização de subprodutos de frutas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 11, p. 3430-3443, 2014.

ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.051>

AYROZA, D. M. M. R.; CARMO, F. J.; AYROZA, L. M. S. **Panorama da piscicultura no Brasil: destaque para o potencial do Estado de São Paulo**. Casa da Agricultura, Campinas, v. 14, n. 3, p. 9-10, 2011.

BARROSO, D. D.; ARAÚJO, G. G. L.; SILVA, D. S.; MEDINA, F. T. Resíduo desidratado de vitivinícolas associado a diferentes fontes energéticas na alimentação de ovinos: consumo e digestibilidade aparente. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 767-773, 2006.
<https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000400025>

BATISTA, P. F.; LIMA, M. A. C.; ALVES, R. E.; FAÇANHA, R. V., 2018. Bioactive compounds and antioxidante activity in tropical fruits grown in the lower-middle São

Francisco Valley. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 4, p. 616-623. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180070>

BEKHIT, A. E. D. A.; HOPKINS, D. L.; FAHRI, F. T.; PONNAMPALAM, E. N. Oxidative processes in muscle systems and fresh meat: Sources, markers, and remedies. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 12, n. 5, p. 565-597, 2013. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12027>

BEZERRA, S. K.; SOUZA, R. C.; MELO, J. F. B.; CAMPECHE, D. F. B. Crescimento de tambaqui alimentado com diferentes níveis de farinha de manga e proteína na ração. **Archivos de Zootecnia**, v. 63, n. 244, p. 587-598, 2014.

BORGES, A. L.; MATOS, A. P.; BARBOSA, D. H. S. G.; COELHO, E. F.; SASAKI, F. F. C.; OLIVEIRA, J. R. P.; FANCELLI, M.; FONSECA, N.; RITZINGER, R. **Boas práticas agrícolas para produção orgânica de acerola**. Cruz das Almas, Embrapa Mandioca e Fruticultura. 108 p. (Documentos, 253), 2022.

BORGHETTI, N. R. B.; OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R. **Aquicultura: uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no mundo**. Curitiba, Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos Ambientais, 128 p, 2003.

CARVALHO, P. L. P. F.; XAVIER, W. S.; GUIMARÃES, M. G.; RODRIGUES, E. J. D.; FURUYA, W. M.; YAMAMOTO, F. Y.; PEZZATO, L. E.; GATLIN, D. M.; BARROS, M. M. Dietary improves growth and intestinal morphology of juvenile GIFT tilapia (*Oreochromis niloticus*) but has limited effects on innate immunity and antioxidant capacity. **Aquaculture**, v. 563, n. 1, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738976>

CARVALHO, V. D.; PAULA, M. B.; ABREU, C. M. P.; CHAGAS, S. J. R. Efeito da época de colheita da planta na composição química das folhas do abacaxizeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 10, p. 1655-1661, 1991.

CASTRICA, M.; REBUCCI, R.; GIROMINI, C.; TRETOLA, M.; CATTANEO, D.; BALDI, A. Total phenolic content and antioxidant capacity of agri-food waste and by-products. **Italian Journal of Animal Science**, v. 18, n. 1, p. 336-41, 2019. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1529544>

CHEESEMAN, K. H.; SLATER, T. F. An introduction to free radical biochemistry. **British Medical Bulletin**, v. 49, n. 3, p. 481-93. 1993. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.bmb.a072625>

COLOMBINO, E.; ZDUNCZYK, Z.; JANKOWSKI, J.; COCOLIN, L. S.; SCHIAVONE, A.; BIASATO, I.; BOTELLA, D. P.; KASLINSKA, E.; KOSMALA, M.; OGNIK, K.; CAPUCCHIO, M. T.; JUSKIEWICS, J. Effect of feeding dried fruit pomaces as additional fibre-phenolic compound on meat quality, blood chemistry and redox status of broilers. **Animals**, v. 10, n. 11, p. 1968-1983, 2020. <https://doi.org/10.3390/ani10111968>

Companhia Nacional de Abastecimento, CONAB. **Boletim Hortigranjeiro**, v. 9, n. 1, 2023. Disponível em: https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/46155_75fdc0987ae8bda1c19a7895add1ac79. Acesso em: 10/04/2023.

CRUZ, S. S.; MORAIS, A. B. F.; RIBEIRO, S. B.; OLIVEIRA, M. G.; COSTA, M. S.; FEITOSA, C. T. L. Resíduos de frutas na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 10, n. 6, p. 2909 – 2931, 2013.

DEHGHANI, F.; MORVARIDZADEH, M.; PIZARRO, A. B.; ROUZITALAB, T.; KHORSHIDI, M.; IZADI, A.; SHIDFAR, F.; OMIDI, A.; HESHMATI, J. Effect of extra virgin olive oil consumption on glycemic control: A systematic review and meta-analysis. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, v. 31, n. 7, p. 1953-1961, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2021.02.017>

DIAS, R.; OLIVEIRA H.; FERNANDES, I.; SIMAL-GANDRA, J.; PEREZ-GREGORIO, R. Recent advances in extracting phenolic compounds from food and their use in disease prevention and as cosmetics. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 61, n. 7, p. 1130-1151, 2020. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1754162>

DOMINGUÉZ, R.; PATEIRO, M.; MUNEKATA, P. E. S.; ZHANG, W.; OLIVEIRA, P. G.; CARPENA, M.; PRIETO, M. A.; BOHRER, B.; LORENZO, J. M. Protein oxidation in muscle foods: a comprehensive review. **Antioxidants**, v. 11, n. 60, p. 1-24, 2022. <https://doi.org/10.3390/antiox11010060>

EBRAHIMZADEH, S. K.; NAVIDSHAD, B.; FARHOOMAND, P.;

AGHJEHGHESHLAGH, F. M. Effects of grape pomace and vitamin E on performance, antioxidant status, immune response, gut morphology and histopathological responses in broiler chickens. **South African Journal of Animal Science**, v. 48, n. 2, p. 324-336, 2018. <https://doi.org/10520/EJC-e54de778a>

EDWARDS, J.; PARKER, W. Apple pomace as a suplemente to pasture for dairy cows in late lactation. **Proceedings of the New Zealand Society of animal Production**, v. 55, p. 67-69, 1995.

FARAHAT, M. H.; ABDALLAH, F. M.; ALI, H. A.; SANTANA, A. H. Effect of dietary supplementation of grape seed extract on the growth performance, lipid profile, antioxidant status and immune response of broiler chickens. **Animals**, v. 11, n. 5, p. 771-777, 2016. <https://doi.org/10.1017/S1751731116002251>

FERNANDES, R. C; ANAMI, J. M; STEFFENS, C. A. Maçã: compostos fenólicos e saúde. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde da UNIARP**, v. 9, n. 2, p. 29-33, 2019. <https://doi.org/10.33362/ries.v8i2.2062>

Food and Agriculture Organization (FAO). **Crops and livestock products**. Rome, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 11/02/2023.

Food and Agriculture Organization (FAO). **The state of the world fisheries and aquaculture**. Rome, 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/3/I9540EN/i9540en.pdf> . Acesso em: 09/02/2023.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Uma produção pesqueira e aquícola sem precedentes contribui decisivamente para a segurança alimentar global**. Rome, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/es/c/1585153/>. Acesso em: 14/04/2023.

FOTSCHKI, B.; JUSKIEWICZ, J.; JURGONSKI, A.; KOSMALA, M.; ZDUNCZYK, Z.; MARKOWSKI, J. Grinding levels of raspberry pomace affect intestinal microbial activity, lipid and glucose metabolism in Wistar rats. **Food Research International**, v. 120, p. 399-406, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.014>

GESSNER, K. D.; RINGSEIS, R.; EDER, K. Potential of plant polyphenols to combat oxidative stress and inflammatory processes in farm animals. **Journal of Animal**

Physiology and Animal Nutrition, v. 101, n. 4, p. 605-28, 2017. <https://doi.org/10.1111/jpn.12579>.

GIORDANI JUNIOR, R.; CAVALI, J.; PORTO, M. O.; FERREIRA, E.; STACHIW, R. Resíduos agroindustriais e alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 93-104, 2014.

GRASSI, T. L. M.; OLIVEIRA, D. L.; PAIVA, N. M.; DINIZ, J. C. P.; BOSCO, A. M.; PEREIRA, A. A. F.; MENEZES, A. R. P.; VALADARES, T. C.; PASTOR, R. C. P.; CIARLINI, P. C.; GONÇALVES, G. S.; VILLAROEL, M.; PONSANO, E. H. G. Microbial biomass as an antioxidant for tilapia feed. **Aquaculture research**, v. 49, n. 8, p. 2881-2890, 2018. <https://doi.org/10.1111/are.13753>

HORTIFRUTI BRASIL. **Anuário Brasileiro Horti & Fruti 2021-2022**: retrospectiva 2021 e perspectiva 2022. Piracicaba: CEPEA USP/ESALQ, 2022. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/anuario-hf-brasil-retrospectiva-2021-perspectiva-2022.aspx>. Acesso em: 14/02/2023.

INFANTE, J.; SELANI, M. M.; TOLEDO, N. M. V.; SILVEIRA-DINIZ, M. F.; ALENCAR, S. M.; SPOTO, M. H. Atividade antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food & Nutrition/Alimentos e Nutrição**, v. 24, n. 1, p. 87-91, 2013.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76215. Acesso em: 13/02/2023.

JURGILEVICH, A.; BIRGE, T.; KENTALA-LEHTONEN, J.; KORHONEN-KURKI, K.; PIETIKÄINEN, J.; SAIKKU, L.; SCHÖSLER, H. Transition towards Circular Economy in the Food System. **Sustainability**, v. 8, p. 69. <https://doi.org/10.3390/su8010069>

KASAPIDOU, E.; EVANGELIA, S. E.; MITLIANG, P. Fruit and vegetable co-products as functional feed ingredients in farm animal nutrition for improved product quality. **Agriculture**, v. 5, p. 1020-1034, 2015. <https://doi.org/10.3390/agriculture5041020>

KIA, F. J.; WIBOWO, J. P.; ELACHOURI, M.; MASUMI, R.; JOUNEGHANI, A. S.; ABOLHASSANZADEH, Z.; LORIGOOINI, Z. Battle between plants as antioxidants with

free radicals in human body. **Journal of Herbmmed Pharmacology**, v. 9, n. 3, p. 191-199, 2020. <https://doi.org/10.34172/jhp.2020.25>

KORKMAZ, N.; UGURER, O.; ÖRÜN, I. Toxic effects of the synthetic pyrethroid permethrin on the hematological parameters and antioxidant enzyme systems of the freshwater fish *Cyprinus carpio* L. **Ecotoxicology**, v. 32, p. 646-655, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10646-023-02675-2>

KOOP, B. L.; SILVA, M. N.; SILVA, F. D.; LIMA, K. T. S.; SOARES, L. S.; ANDRADE, C. J.; VALENCIA, G. Q.; MONTEIRO, A. R. Flavonoids, anthocyanins, betalains, curcumin, and carotenoids: Sources, classification and enhanced stabilization by encapsulation and adsorption. **Food Research International**, v. 153, p. 1-18, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110929>

LALLO, F. H.; PRADO, I. N.; NASCIMENTO, W. G.; ZEOULA, L. M.; MOREIRA, F. B.; WADA, F. Y. Substitution levels of corn silage by pineapple by-products on ruminal degradability in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 719-726, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000300024>

LARRAURI, J. A. ; RUPEREZ, P. ; CALIXTO, F. S. Antioxidant activity of wine pomace. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 47, p. 369-372, 1996. <https://doi.org/10.5344/ajev.1996.47.4.369>

LOUSADA JÚNIOR, J. E.; COSTA, J. M. C.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 1, p. 70-76, 2006.

MELLO, L. M. R., 2011. **Vitivinicultura brasileira: panorama 2010**. Bento Gonçalves, Embrapa Uva e Vinho, 2011. 4 p. (Comunicado Técnico, 111). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/50360/1/cot111.pdf>. Acesso em: 14/02/2023.

MEREGALLI, M. B.; PUTON, B. M. S.; CAMERA; F. D. M., AMARAL; A. U., ZENIA, J.; CANSIAN, R. L.; MIGNONI, M. L.; BACKES, G. T. Conventional and ultrasound-assisted methods for extraction of bioactive compounds from red araçá peel (*Psidium cattleianum* Sabine). **Arabian Journal of Chemistry**, v. 12, n. 6, p. 5800-5809, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.04.017>

MUCHUWETI, M.; KATIVU, E.; MUPURE, C. H.; CHIDEWE, C.; NDHLALA, A. R.; BENHURA, M. A. N. Phenolic composition and antioxidant properties of some spices. **American Journal of Food Technology**, v. 2, n. 5, p. 414-420, 2007. <https://doi.org/10.3923/ajft.2007.414.420>

NAKANO, T.; WIEGERTJES, G. Properties of Carotenoids in fish fitness: A review. **Marine Drugs**, v. 18, n. 11, 2020. <https://doi.org/10.3390/md18110568>

NETO, M. A. T.; PETELINCAR, I. M.; BERTO, J. A. M.; MOREIRA, J. A.; VITTI, D. M. S. S. Resíduo de polpas de frutas desidratadas na alimentação de leitões em fase de creche. Monogástricos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n. 33, v. 5, 2004. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000500018>

OLIVEIRA, J.; BARROS, T. L.; PIRES, H. A.; PEREIRA, R. C.; CASSIANO, R. P.; GARCIA-NETO, M.; PONSANO, E. H. G. Composition, fatty acids profile, oxidative stability, and acceptance of meat from boiler chickens fed acerola (*Malpighia emarginata*) meal-enriched diets. **Cogent Food & Agriculture**, v. 9, n. 1, 2023. <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2165012>

Organização das Nações Unidas (ONU). Growing at a slower pace, world population is expected to reach 9.7 billion in 2050 and could peak at nearly 11 billion around 2100. New York, 2019. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html> . Acesso em: 14/02/2023.

Organização das Nações Unidas (ONU). Relatório Sobre os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. Nova Iorque, 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals> . Acesso em: 14/02/2023.

OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R.; SOTO, D. **Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer.** Brasília, Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos Ambientais, 276 p, 2008.

OYENIHI, A. B.; BELAY, Z. A.; MDITSHWA, A.; CALEB, O. “An apple a day keeps the doctor away”: The potential of apple bioactive constituents for chronic disease prevention. **Journal of Food Science**, v. 87, n. 6, p. 2291-2309, 2022. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16155>

PACHER, P.; BECKMAN, J. S.; LIAUDET, L. Nitric oxide and peroxynitrite in health

and disease. **Physiological Reviews**, v. 87, n. 1, p. 315-424, 2007. <https://doi.org/10.1152/physrev.00029.2006>.

PAULA, K. S.; FARIA JÚNIOR, O. C. Utilização dos restos culturais e resíduos da industrialização de abacaxi na alimentação de ruminantes: Revisão. **PUBVET**, v. 13, n. 2, p. 1-7, 2019. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n2a271.1-7>

PAZDIORA, R. D.; PAZDIORA, B. R. C. N.; FERREIRA, E.; MUNIZ, I. M.; ANDRADE, E. R.; SIQUEIRA, J. V. S.; SCHERER, F.; VENTRUSO, O. J.; SOUZA, P. J. Digestibilidade, comportamento ingestivo e desempenho de ovinos alimentados com resíduos de agroindústrias processadoras de frutas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 6, p. 2093-2102, 2019. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10706>

PEDROZA FILHO, M. X.; FLORES, R. M. V.; ROCHA, H. S.; SILVA, H. J. T.; SONODA, D. Y.; CARVALHO, V. P.; OLIVEIRA, L.; RODRIGUES, F. L. M. **O mercado de peixes da piscicultura no Brasil: estudo do segmento de supermercados**. Palmas, Embrapa Pesca e Aquicultura, 2020.

PEREIRA, C. T. M.; SILVA, C. R. P.; LIMA, A.; PEREIRA, D. M.; COSTA, C. N.; CAVALCANTE NETO, A. A. Obtenção, caracterização físico-química e avaliação da capacidade antioxidante in vitro da farinha de resíduo de acerola (*Malpighia glabra* L.). **Acta tecnológica**, n. 8, v. 2, p. 50-56, 2013. <https://doi.org/10.35818/acta.v8i2.213>

PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; BOSCOLO, W. R.; CYRINO, J. E. P.; FURUYA, V. R. B.; FEIDEN, A. **Tabelas brasileiras para a nutrição de Tilápias**, 2010.

PRABU, E.; RAJAGOPALSAMY, C. B. T.; AHILAN, B.; JEEVAGAN, I. J. M. A.; RENUHADEVI, M. Excellent candidate species for world aquaculture: a review. **Annual Research & Review in Biology**, v. 31, n. 3, p. 1-14, 2019. <https://doi.org/10.9734/arrb/2019/v31i330052>

QIANG, J.; KHAMIS, O. A. M.; JIANG, H. J.; CAO, Z. M.; HE, H.; TAO, Y. F.; XU, P.; BAO, J. W. effects of dietary supplementation with apple peel powder on the growth, blood and liver parameters, and transcriptome of genetically improved farmed tilapia (GIFT, *Oreochromis niloticus*). **Plos One**, n. 12, 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224995>

QUIDEAU, S.; DEFFIEUX, D.; CASASSUS, C. D.; POUYSEGU, L. Plant Polyphenols: Chemical Properties, Biological Activities, and Synthesis. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 50, n. 3, p. 586-621, 2011. <https://doi.org/10.1002/anie.201000044>.

RHAMAN, M. S.; CHOI, Y. H.; CHOI, Y. S.; ALAM, M. B.; LEE, S. H.; YOO, J. C. A novel antioxidante peptide, purified from *Bacillus amyloliquefaciens*, showed strong antioxidant potential via Nrf-2 mediated heme oxygenase-1 expression. **Food Chemistry**, v. 239, p. 502-510, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.106>

RIBEIRO FILHO, H. M. N.; OLIVEIRA JUNIOR, L. C. S.; DIAS, K. M. Avaliação nutricional da polpa de maçã como suplementação energética para bovinos. **Ciência Rural**, v. 42, n. 9, p. 1627-1633, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000065>

SAHA, P.; TALUKDAR, A. D.; NATH, R.; SARKER, S. D.; NAHAR, L.; SAHU, J.; CHOUDHURY, M. D. Role of natural phenolics in hepatoprotection: A mechanistic review and analysis of regulatory network of associated genes. **Frontiers in Pharmacology**, v. 10, n. 509, p. 1-15, 2019. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00509>

SANTOS, S. C.; FERNANDES, J. J. R.; CARVALHO, E. R.; GOUVEA, V. N.; LIMA, M. M.; DIAS, M. J. Utilização da silagem de restos culturais do abacaxizeiro em substituição à silagem de cana-de-açúcar na alimentação de ovinos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 4, p. 400-408, 2014. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v15i422937>

SEBRAE MERCADOS, 2014. O cultivo e o mercado da maçã. **Sebrae Respostas, 2014**. Disponível em: <https://respostas.sebrae.com.br/cultivo-e-mercado-da-maca/>. Acesso em: 10/02/2023.

SILVA, A. S. L.; SILVA, A. J.; LATIF, A. L. O.; JÚNIOR, A. F. S.; BENEVIDES, C. M. J. Use of analytical methodologies for the determination of phenolic compounds in food in Brazil: advances and weaknesses. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, 2022. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25193>

SILVA, J. L.; GUIM A.; CARVALHO, F. F. R.; MATTOS, C. W.; MENEZES, D. R.; COELHO, M. C. S. C.; GARCIA, D. A.; NETO, J. D. P.; SOARES, L. F. P.

Replacement of corn with mango meal for dairy goats. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**; v. 29, p. 178-187, 2016.

<https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v29n3a03>

SOUSA, M. S. G.; VIEIRA, L. M.; SILVA, M. J. M.; LIMA, A. Nutritional characterization and antioxidant compounds in pulp residues of tropical fruits. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 3, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000300017>

SOUZA, W. A.; VILAS BOAS, O. M. G. C. Deficiência de vitamina A no Brasil: Um panorama. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 12, n. 3, 2002.

SUDHA, M. L.; BASKARAN, V.; LEELAVATHI, K. Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. **Food Chemistry**, v. 104, n. 2, p. 686-692, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.12.016>

SUKRI, S. A. M.; ANDU, Y.; HARITH, Z. T.; SARIJAN, S.; PAUZI, M. N. F.; WEI, L. S.; DAWOOD, M. A. O.; KARI, Z. A. Effect of feeding pineapple waste on growth performance, texture quality and flesh colour of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 29, n. 4, p. 2514-2519, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.12.027>

SULAIMAN, M. A.; YUSOFF, F. M.; KAMARUDIN, M. S.; AMIN, S. M. N.; KAWATA, Y. Fruit wastes improved the growth and health of hybrid red tilapia *Oreochromis sp.* and Malaysian mahseer, *Tor tambroides* (Bleeker 1854). **Aquaculture Reports**, v. 24, p. 101177, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101177>

SUN, T.; RAO, S.; LI, L. Plant carotenoids: recent advances and future perspectives. **Molecular Horticulture**, v. 2, n. 3, 2022. <https://doi.org/10.1186/s43897-022-00023-2>

SWAPNIL, P.; MEENA, M.; SINGH, S. K.; DHULDHAJ, U. P.; MARWAL, A. Vital roles of carotenoids in plants and humans to deteriorate stress with its structure, biosynthesis, metabolic engineering and functional aspects. **Current Plant Biology**, 26, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2021.100203>

TOGASHI, C. K.; FONSECA, J. B.; SOARES, R. T. R. N.; COSTA, A. N. D.;

SILVEIRA, K. F.; DETMANN, E. Subprodutos do maracujá em dietas para frangos de corte. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 30, n. 4, p. 395-400, 2008. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v30i4.948>

TOGASHI, C. K.; FONSECA, J. B.; SOARES, R. T. R. N.; GASPAR, A. Composição em ácidos graxos dos tecidos de frangos de corte alimentados com subprodutos de maracujá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 2063-2068, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000900016>

VENDRUSCOLO, F.; ALBUQUERQUE, P.; STREIT, F.; ESPOSITO, E.; NINOW, J. L. Apple pomace: a versatile substrate for biotechnological applications. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 28, n. 1, 2008. <https://doi.org/10.1080/07388550801913840>

VIJJI, P.; BINSI, P. K.; VISNUVINAYAGAM, S.; BINDU, J.; RABISHANKAR, C. N.; GOPAL, T. K. S. Efficacy of mint (*Mentha arvensis*) leaf and citrus (*Citrus aurantium*) peel extracts as natural preservatives for shelf-life extension of chill stored Indian mackerel. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 10, p. 6278-6289, 2015. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1788-1>

WADHWA, M.; BAKSHI, M. P. S. **Utilization of fruit and vegetable wastes as livestock feed and as substrates for generation of the other value-added products**. Rome, 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

XIA, Y.; WANG, M.; GAO, F.; LU, M.; CHEN, G. Effects of dietary probiotic supplementation on the growth, gut health and disease resistance of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Animal Nutrition**, v. 6, n. 1, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2019.07.002>

ZHAI, S. W.; LU, J. L.; CHEN, X. H. Effects of dietary grape seed proanthocyanidins on growth performance, some serum biochemical parameters and body composition of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. **Italian Journal of Animal Science**, v. 13, n. 3, 2014. <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3357>

ANEXO A – NORMAS DE PUBLICAÇÃO DA REVISTA

Aquaculture Reports is the new online only, author-pays, open access journal published by Elsevier.

Types of Papers

Regular articles represent original research results based on empirical data.

Reviews are in depth reviews of a particular topic or field. Only critical review papers will be considered. The format and length of review papers are more flexible than for a full paper.

Short Communications are short articles that report on brief but complete projects, significant observations, or are exceptional findings of continuing projects that warrant rapid publication. Short communications should not be used for preliminary results. Papers must contain sufficient data to establish that the research has achieved reliable and significant results.

Technical Papers should present new methods and procedures for either research methodology or culture-related techniques.

Policy analyses are studies of biological resource policies and other environmental and industrial policies, which influence the ways in which regional aquaculture is developed.

Case Reports are concise articles (max. 5000 words) that analyse the aquaculture industry in a country or region, or the practice around a species or culture system. A value chain approach focusing on the development of aquaculture is encouraged, including aspects of resource use, culture technology, processing, marketing and regulatory frameworks. Case reports could include production statistics and other relevant data on factors influencing the development of aquaculture, research on technical, socio-economic or environmental aspects, syntheses from technical reports that contribute to solutions of problems, and recommendations for future development.

Submission checklist

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

Manuscript:

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)

- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
 - Indicate clearly if color should be used for any figures in print
- Graphical Abstracts / Highlights files (where applicable)
Supplemental files (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- A competing interests statement is provided, even if the authors have no competing interests to declare
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

Before you begin:

Ethics in publishing

Please see our information on [Ethics in publishing](#).

Declaration of competing interest

Corresponding authors, on behalf of all the authors of a submission, must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential conflicts of interest include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding. All authors, including those without competing interests to declare, should provide the relevant information to the corresponding author (which, where relevant, may specify they have nothing to declare). Corresponding authors should then use [this tool](#) to create a shared statement and upload to the submission system at the Attach Files step. **Please do not convert the .docx template to another file type. Author signatures are not required.**

Declaration of generative AI in scientific writing

The below guidance only refers to the writing process, and not to the use of AI tools to analyse and draw insights from data as part of the research process.

Where authors use generative artificial intelligence (AI) and AI-assisted technologies in the writing process, authors should only use these technologies to improve readability and language. Applying the technology should be done with human oversight and control, and authors should carefully review and edit the result, as AI can generate authoritative-sounding output that can be incorrect, incomplete or biased. AI and AI-assisted technologies should not be listed as an author or co-author, or be cited as an author. Authorship implies responsibilities and tasks that

can only be attributed to and performed by humans, as outlined in Elsevier's [AI policy for authors](#).

Authors should disclose in their manuscript the use of AI and AI-assisted technologies in the writing process by following the instructions below. A statement will appear in the published work. Please note that authors are ultimately responsible and accountable for the contents of the work.

Disclosure instructions

Authors must disclose the use of generative AI and AI-assisted technologies in the writing process by adding a statement at the end of their manuscript in the core manuscript file, before the References list. The statement should be placed in a new section entitled 'Declaration of Generative AI and AI-assisted technologies in the writing process'.

Statement: During the preparation of this work the author(s) used [NAME TOOL / SERVICE] in order to [REASON]. After using this tool/service, the author(s) reviewed and edited the content as needed and take(s) full responsibility for the content of the publication.

This declaration does not apply to the use of basic tools for checking grammar, spelling, references etc. If there is nothing to disclose, there is no need to add a statement.

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract, a published lecture or academic thesis, see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify compliance, your article may be checked by [Crossref Similarity Check](#) and other originality or duplicate checking software.

Preprints

Please note that [preprints](#) can be shared anywhere at any time, in line with Elsevier's [sharing policy](#). Sharing your preprints e.g. on a preprint server will not count as prior publication (see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' for more information).

Use of inclusive language

Inclusive language acknowledges diversity, conveys respect to all people, is sensitive to differences, and promotes equal opportunities. Content should make no assumptions about the beliefs or commitments of any reader; contain nothing which might imply that one individual is superior to another on the grounds of age, gender, race, ethnicity, culture, sexual orientation, disability or health condition; and use inclusive language throughout. Authors should ensure that writing is free from bias,

stereotypes, slang, reference to dominant culture and/or cultural assumptions. We advise to seek gender neutrality by using plural nouns ("clinicians, patients/clients") as default/wherever possible to avoid using "he, she," or "he/she." We recommend avoiding the use of descriptors that refer to personal attributes such as age, gender, race, ethnicity, culture, sexual orientation, disability or health condition unless they are relevant and valid. When coding terminology is used, we recommend to avoid offensive or exclusionary terms such as "master", "slave", "blacklist" and "whitelist". We suggest using alternatives that are more appropriate and (self-) explanatory such as "primary", "secondary", "blocklist" and "allowlist". These guidelines are meant as a point of reference to help identify appropriate language but are by no means exhaustive or definitive.

Reporting sex- and gender-based analyses

Reporting guidance

For research involving or pertaining to humans, animals or eukaryotic cells, investigators should integrate sex and gender-based analyses (SGBA) into their research design according to funder/sponsor requirements and best practices within a field. Authors should address the sex and/or gender dimensions of their research in their article. In cases where they cannot, they should discuss this as a limitation to their research's generalizability. Importantly, authors should explicitly state what definitions of sex and/or gender they are applying to enhance the precision, rigor and reproducibility of their research and to avoid ambiguity or conflation of terms and the constructs to which they refer (see Definitions section below). Authors can refer to the [Sex and Gender Equity in Research \(SAGER\) guidelines](#) and the [SAGER guidelines checklist](#). These offer systematic approaches to the use and editorial review of sex and gender information in study design, data analysis, outcome reporting and research interpretation - however, please note there is no single, universally agreed-upon set of guidelines for defining sex and gender.

Definitions

Sex generally refers to a set of biological attributes that are associated with physical and physiological features (e.g., chromosomal genotype, hormonal levels, internal and external anatomy). A binary sex categorization (male/female) is usually designated at birth ("sex assigned at birth"), most often based solely on the visible external anatomy of a newborn. Gender generally refers to socially constructed roles, behaviors, and identities of women, men and gender-diverse people that occur in a historical and cultural context and may vary across societies and over time. Gender influences how people view themselves and each other, how they behave and interact and how power is distributed in society. Sex and gender are often incorrectly portrayed as binary (female/male or woman/man) and unchanging whereas these constructs actually exist along a spectrum and include additional sex categorizations and gender identities such as people who are intersex/have differences of sex development (DSD) or identify as non-binary. Moreover, the terms "sex" and "gender" can be ambiguous—thus it is important for authors to define the manner in which they are used. In addition to this definition guidance and the SAGER guidelines, the [resources on this page](#) offer further insight around sex and gender in research studies.

Author contributions

For transparency, we encourage authors to submit an author statement file outlining their individual contributions to the paper using the relevant CRediT roles: Conceptualization; Data curation; Formal analysis; Funding acquisition; Investigation; Methodology; Project administration; Resources; Software; Supervision; Validation; Visualization; Roles/Writing - original draft; Writing - review & editing. Authorship statements should be formatted with the names of authors first and CRediT role(s) following. [More details and an example](#).

Changes to authorship

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed.

Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

Article transfer service

This journal uses the Elsevier Article Transfer Service to find the best home for your manuscript. This means that if an editor feels your manuscript is more suitable for an alternative journal, you might be asked to consider transferring the manuscript to such a journal. The recommendation might be provided by a Journal Editor, a dedicated [Scientific Managing Editor](#), a tool assisted recommendation, or a combination. If you agree, your manuscript will be transferred, though you will have the opportunity to make changes to the manuscript before the submission is complete. Please note that your manuscript will be independently reviewed by the new journal. [More information](#).

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'License Agreement' (see [more information](#) on this). Permitted third party reuse of open access articles is determined by the author's choice of [user license](#).

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. [More information](#).

Elsevier supports responsible sharing

Find out how you can [share your research](#) published in Elsevier journals.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement, it is recommended to state this.

Open access

Please visit our [Open Access page](#) for more information.

Elsevier Researcher Academy

[Researcher Academy](#) is a free e-learning platform designed to support early and mid-career researchers throughout their research journey. The "Learn" environment at Researcher Academy offers several interactive modules, webinars, downloadable guides and resources to guide you through the process of writing for research and going through peer review. Feel free to use these free resources to improve your submission and navigate the publication process with ease.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the [English Language Editing service](#) available from Elsevier's Author Services.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

Submit your article

Please submit your article via <https://www.editorialmanager.com/aqrep/Default.aspx>.

Referees

Please submit, with the manuscript, the names, addresses and e-mail addresses of four potential referees. Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

Preparation

Queries

For questions about the editorial process (including the status of manuscripts under review) or for technical support on submissions, please visit our [Support Center](#).

Peer review

This journal operates a single anonymized review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. Editors are not involved in decisions about papers which they have written themselves or have been written by family members or colleagues or which relate to products or services in which the editor has an interest. Any such submission is subject to all of the journal's usual procedures, with peer review handled independently of the relevant editor and their research groups. [More information on types of peer review](#).

Use of word processing software

It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the [Guide to Publishing with Elsevier](#)). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient details to allow the work to be reproduced by an independent researcher. Methods that are already published should be summarized, and indicated by a reference. If quoting directly from a previously published method, use

quotation marks and also cite the source. Any modifications to existing methods should also be described.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal as they help increase the discoverability of your article via search engines. They consist of a short collection of bullet points that capture the novel results of your research as well as new methods that were used

during the study (if any). Please have a look at the examples here: [example Highlights](#).

Highlights should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 120 characters, including spaces, per bullet point).

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view [Example Graphical Abstracts](#) on our information site.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, it is recommended to include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y . In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by $\exp$. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- Submit each illustration as a separate file.
- Ensure that color images are accessible to all, including those with impaired color vision.

A detailed [guide on electronic artwork](#) is available.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format. Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. Further information on the preparation of electronic artwork.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full.

Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, Crossref and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is highly encouraged.

A DOI is guaranteed never to change, so you can use it as a permanent link to any electronic article. An example of a citation using DOI for an article not yet in an issue is: VanDecar J.C., Russo R.M., James D.E., Ambeh W.B., Franke M. (2003). Aseismic continuation of the Lesser Antilles slab beneath northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <https://doi.org/10.1029/2001JB000884>. Please note the format of such citations should be in the same style as all other references in the paper.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

Preprint references

Where a preprint has subsequently become available as a peer-reviewed publication, the formal publication should be used as the reference. If there are preprints that are central to your work or that cover crucial developments in the topic, but are not yet formally published, these may be referenced. Preprints should be clearly marked as such, for example by including the word preprint, or the name of the preprint server, as part of the reference. The preprint DOI should also be provided.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley. Using citation plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. More information on how to remove field codes from different reference management software.

Free Reference Style

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T., 2015. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. Mendeley Data, v1. <http://dx.doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. Single author: the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. Two authors: both authors' names and the year of publication;
3. Three or more authors: first author's name followed by "et al." and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically. For Notes containing more than one citation, references should be separated by a semi-colon.

Examples: "as demonstrated (Allan, 1996a, 1996b, 1999; Allan and Jones, 1995). Kramer et al. (2000) have recently shown"

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters "a", "b", "c", etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2000. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 1979. *The Elements of Style*, third ed. Macmillan, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 1999. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the [List of Title Word Abbreviations](#).

Video

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the file in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB per file, 1 GB in total. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including [ScienceDirect](#). Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our [video instruction pages](#). Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Supplementary material

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

Research data

This journal requires and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data

reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project.

Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. When sharing data in one of these ways, you are expected to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the [research data page](#).

Data linking

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described.

There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the [database linking page](#).

For [supported data repositories](#) a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect.

In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

Research Elements

This journal enables you to publish research objects related to your original research – such as data, methods, protocols, software and hardware – as an additional paper in a [Research Elements journal](#).

Research Elements is a suite of peer-reviewed, open access journals which make your research objects findable, accessible and reusable. Articles place research objects into context by providing detailed descriptions of objects and their application, and linking to the associated original research articles. Research Elements articles can be prepared by you, or by one of your collaborators.

During submission, you will be alerted to the opportunity to prepare and submit a manuscript to one of the Research Elements journals.

More information can be found on the [Research Elements page](#).

Data statement

To foster transparency, we require you to state the availability of your data in your submission if your data is unavailable to access or unsuitable to post. This may also be a requirement of your funding body or institution. You will have the opportunity to provide a data statement during the submission process. The statement will appear

with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the [Data Statement page](#).

After Acceptance

Online proof correction

To ensure a fast publication process of the article, we kindly ask authors to provide us with their proof corrections within two days. Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors. If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

The corresponding author will be notified and receive a link to the published version of the open access article on [ScienceDirect](#). This link is in the form of an article DOI link which can be shared via email and social networks. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication.

ANEXO B – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"



CAMPUS ARAÇATUBA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

CEUA - Comissão de Ética no Uso de Animais
CEUA - Ethics Committee on the Use of Animals

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto de Pesquisa intitulado **"Resíduos agroindustriais na alimentação de peixes – feitos sobre a saúde animal e a qualidade da carne"**, Processo FOA nº 0143-2021, sob responsabilidade de Elisa Helena Giglio Ponsano apresenta um protocolo experimental de acordo com os Princípios Éticos da Experimentação Animal e sua execução foi aprovada pela CEUA em 29 de Abril de 2021.

VALIDADE DESTE CERTIFICADO: 24 de Dezembro de 2021.

DATA DA SUBMISSÃO DO RELATÓRIO FINAL: até 24 de Janeiro de 2022.

CERTIFICATE

We certify that the study entitled **"Agro-industrial residues in fish feed – effects on animal health and meat quality"**, Protocol FOA nº 0143-2021, under the supervision of Elisa Helena Giglio Ponsano presents an experimental protocol in accordance with the Ethical Principles of Animal Experimentation and its implementation was approved by CEUA on April 29, 2021.

VALIDITY OF THIS CERTIFICATE: December 24, 2021.

DATE OF SUBMISSION OF THE FINAL REPORT: January 24, 2022.

Prof. Associado João Carlos Callera
Coordenador da CEUA
CEUA Coordinator

CEUA - Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Odontologia de Araçatuba
Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba
Rua José Bonifácio, 1193 – Vila Mendonça - CEP: 16015-050 – ARAÇATUBA – SP
Fone (18) 3636-3234 Email CEUA: ceua.foa@unesp.br