

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Milene Neves Ferreira Braga

**SAÚDE, CRESCIMENTO E RENDIMENTO DE FILÉ DE TILÁPIA DO NILO  
(*Oreochromis niloticus*), ALIMENTADA COM RAÇÕES CONTENDO FOSFATIDILCO-  
LINA**

Marechal Cândido Rondon

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Milene Neves Ferreira Braga

**SAÚDE, CRESCIMENTO E RENDIMENTO DE FILÉ DE TILÁPIA DO NILO  
(*Oreochromis niloticus*), ALIMENTADA COM RAÇÕES CONTENDO FOSFATIDILCO-  
LINA**

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTORA EM ZOOTECNIA, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – área de concentração em Produção e Nutrição Animal.

Orientador: Dr. Robie Allan Bombardelli

Marechal Cândido Rondon

2022

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Neves Ferreira Braga, Milene  
SAÚDE, CRESCIMENTO E RENDIMENTO DE FILÉ DE TILÁPIA DO NILO  
(Oreochromis niloticus), ALIMENTADA COM RAÇÕES CONTENDO  
FOSFATIDILCOLINA / Milene Neves Ferreira Braga; orientador  
Robie Allan Bombardelli. -- Marechal Cândido Rondon, 2022.  
72 p.

Tese (Doutorado Campus de Marechal Cândido Rondon) --  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências  
Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2022.

1. Tilápias. 2. Aditivos. 3. Fosfatidilcolina. I.  
Bombardelli, Robie Allan, orient. II. Título.

A DEUS, JESUS e ESPÍRITO SANTO, e à MÃE de JESUS;

À minha Família, por todo o apoio, pela compreensão, o auxílio, o estímulo e o companheirismo;

Ao meu Orientador, Robie Allan Bombardelli, pelo auxílio e a orientação;

Aos Professores e colegas do PPZ e ao assistente do PPZ;

Aos colegas do InPAA.

**Dedico**

Aos peixes,

**Ofereço.**

## AGRADECIMENTOS

Acima de tudo a Deus, que é o grande provedor de tudo que necessitamos nesta vida, pela proteção, pelas orações atendidas, pelas pessoas que coloca em nosso caminho e pela oportunidade constante de aprender;

À minha Família, a qual amo incondicionalmente – começando pela minha, Mãe Fátima Maria Coltro, meu Marido, Alcyr Ferreira Braga, e meus filhos, Yasmin Neves Santos e Enzo Alcyr Neves Ferreira Braga, pelo amor recíproco e pela compreensão e estímulo.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da UNIOESTE, pelos ensinamentos;

Ao Professor Orientador Dr. Robie Allan Bombardelli, pelas oportunidades, orientações e amizade;

À Professora Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Dra. Maximiliane Alavarse Zambom;

Ao assistente do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Paulo Henrique Morsch, por sempre ajudar quando precisei;

Aos colegas do Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental (InPAA) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná pela ajuda;

Aos meus amigos de graduação em Zootecnia, em especial Giselle Dayana;

Aos meus colegas de trabalho, em especial a Eliane Carina Klucinec;

À UNIOESTE.

Braga, F. N. Milene. Doutorado em Zootecnia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, março de 2022. SAÚDE, CRESCIMENTO E RENDIMENTO DE FILÉ DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*), ALIMENTADA COM RAÇÕES CONTENDO FOSFATIDILCOLINA. Orientador: Robie Allan Bombardelli.

## **BIOGRAFIA**

MILENE NEVES FERREIRA BRAGA, filha de Luiz Gonzaga Neves e Fátima Maria Coltro, nasceu em Assis Chateaubriand – Paraná, em 18 de agosto de 1979.

No ano de 1999, ingressou no Curso de Graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, no *campus* de Marechal Cândido Rondon-PR, cumprindo as exigências para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia em dezembro de 2004.

No ano de 2007 foi aprovada no concurso do Estado do Paraná e atua desde então como Professora no Curso de Técnico Agrícola no Colégio Agrícola Estadual Adroaldo Augusto Colombo.

No ano de 2008 cursou o programa de Pós-Graduação, pela Faculdades Integradas do Vale do Ivaí, na área de Gestão Escolar, Supervisão e Orientação.

No período de 2009, cursou o Programa de Formação Pedagógica na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), obtendo habilitação em Licenciatura Plena em Pecuária.

Em março de 2011, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Nível Mestrado, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon-PR, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos, submetendo-se aos exames finais de defesa de dissertação em setembro de 2013.

Em março de 2018, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Nível Doutorado, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon-PR, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos, submetendo-se aos exames finais de defesa de tese em março de 2022.

## **MILENE NEVES FERREIRA BRAGA**

### **Saúde, crescimento e rendimento de filé de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), alimentada com rações contendo fosfatidilcolina**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de “Doutora em Zootecnia”, Area de Concentração em “Produção e Nutrição Animal”, Linha de Pesquisa “Aqüicultura”, APROVADA pela seguinte Banca Examinadora:

Orientador / Presidente - Prof. Dr. Robie Allan Bombardelli  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Toledo

Membro - Prof. Dr. Gilmar Baumgartner  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Toledo

Membro - Prof. Dr. Dirceu Baumgartner  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Toledo

Membro - Prof. Dr. Fábio Meurer  
Universidade Federal do Paraná (UFPR) – *Campus* Avançado de Jandaia do Sul

Membro - Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Leda Maria Saragiotto Colpini  
Universidade Federal do Paraná (UFPR) – *Campus* Avançado de Jandaia do Sul

Marechal Cândido Rondon, 11 de março de 2022.

---



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46  
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>  
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000  
Marechal Cândido Rondon - PR.



**PARANÁ**  
GOVERNO DO ESTADO

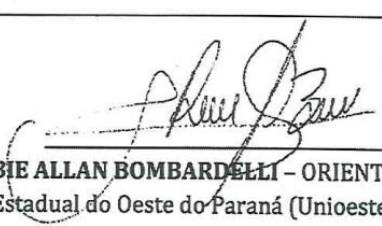
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE  
TESE DE DOUTORADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR  
VIDEOCONFERÊNCIA**

Eu, **Prof. Dr. ROBIE ALLAN BOMBARDELLI**, declaro como **ORIENTADOR** que presidi os trabalhos de defesa à distância, de forma síncrona e por videoconferência, da Banca Examinadora de Defesa de Tese da candidata **Milene Neves Ferreira Braga**, aluna de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, a apresentação e a arguição dos membros da Banca Examinadora, **formalizo como Orientador**, para fins de registro, por meio desta declaração, a decisão da Banca Examinadora de que a candidata foi considerada **APROVADA** na banca realizada em 11/03/2022, com o trabalho intitulado "**Saúde, crescimento e rendimento de filé de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), alimentada com rações contendo fosfatidilcolina**".

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

  
**Prof. Dr. ROBIE ALLAN BOMBARDELLI** - ORIENTADOR/PRESIDENTE  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) / Campus de Toledo

*Modelo 2 - Para orientador(a) da Banca Examinadora de Programa de Pós-graduação da UNIOESTE*





**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46  
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>  
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000  
Marechal Cândido Rondon - PR.



**PARANÁ**  
GOVERNO DO ESTADO

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DOUTORADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA**

Eu, **Prof. Dr. Gilmar Baumgartner**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese da candidata **Milene Neves Ferreira Braga**, aluna de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Interno**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada **APROVADA** na banca realizada em 11/03/2022, com o trabalho intitulado **“Saúde, crescimento e rendimento de filé de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), alimentada com rações contendo fosfatidilcolina”**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

**Prof. Dr. Gilmar Baumgartner**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) / *Campus de Toledo*



Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46  
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>  
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000  
Marechal Cândido Rondon - PR.



### PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

#### DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DOUTORADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof. Dr. Dirceu Baumgartner**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese da candidata **Milene Neves Ferreira Braga**, aluna de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Interno**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada APROVADA na banca realizada em 11/03/2022, com o trabalho intitulado **"Saúde, crescimento e rendimento de filé de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), alimentada com rações contendo fosfatidilcolina"**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

**Prof. Dr. Dirceu Baumgartner**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) / *Campus de Toledo*



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



**PARANÁ**

GOVERNO DO ESTADO

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DOUTORADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA**

Eu, **Prof. Dr. Fábio Meurer**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese da candidata **Milene Neves Ferreira Braga**, aluna de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada APROVADA na banca realizada em 11/03/2022, com o trabalho intitulado "**Saúde, crescimento e rendimento de filé de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), alimentada com rações contendo fosfatidilcolina**".

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

**Prof. Dr. Fábio Meurer**

Universidade Federal do Paraná (UFPR) / *Campus Avançado de Jandaia do Sul*



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46  
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>  
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000  
Marechal Cândido Rondon - PR.



### PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

#### DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DOUTORADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Leda Maria Saragiotto Colpini, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese da candidata **Milene Neves Ferreira Braga**, aluna de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada APROVADA na banca realizada em 11/03/2022, com o trabalho intitulado **“Saúde, crescimento e rendimento de filé de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), alimentada com rações contendo fosfatidilcolina”**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Nada a declarar.

**Prof.ª Dr.ª Leda Maria Saragiotto Colpini**

Universidade Federal do Paraná (UFPR) / *Campus* Avançado de Jandaia do Sul

## **SAÚDE, CRESCIMENTO E RENDIMENTO DE FILÉ DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*), ALIMENTADA COM RAÇÕES CONTENDO FOSFATIDILCOLINA**

**Resumo** - A intensificação dos sistemas de produção requer uma nutrição adequada para otimizar o desempenho produtivo e a saúde dos peixes; sendo assim, a fonte vegetal de fosfatidilcolina tem sido utilizada na alimentação dos peixes, demonstrando efeitos positivos. Neste contexto, o objetivo deste estudo, foi avaliar a saúde, o crescimento e rendimento de filé de tilápia em fase de crescimento e engorda, alimentados com doses crescentes de fonte vegetal de fosfatidilcolina (0, 200, 400, 600 mg e 800mg/kg de ração) e 84,87 mg/kg de cloreto de colina. Especificamente, a tese está subdividida em dois capítulos, iniciando o primeiro capítulo pela revisão de literatura, em que são abordados temas relacionados à tese. No segundo capítulo, avaliou-se a inclusão de doses crescentes de fonte vegetal de fosfatidilcolina (0, 200, 400, 600 mg e 800 mg/ kg de ração) e cloreto de colina 84,87 mg/kg em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em um sistema de tanque rede (4 m<sup>3</sup>) com aeração constante. Foram utilizados 8.400 juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), revertidos sexualmente ( $\cong$  18 g) durante um período de 117 dias, que compreende as fases de crescimento e engorda. Os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, composto por 6 tratamentos e 4 repetições, os tanques redes foram considerados como unidades experimentais e cada unidade experimental possuía 350 peixes. Após este período, foram avaliados os índices de desempenho zootécnico, parâmetros bioquímicos de plasma, indicadores de estresse oxidativo, composição centesimal de músculo, fígado, e vísceras, e o tecido hepático. A dieta com a fonte vegetal de fosfatidilcolina interferiu nos parâmetros de desempenho zootécnico – peso final, ganho de peso diário, ganho de biomassa e conversão alimentar aparente ( $P<0,05$ ), para os índices de peso final, ganho de peso diário e ganho de biomassa o melhor desempenho foi com a dose de 600 mg/kg, quando comparado com a inclusão de 400mg/kg de fonte vegetal de fosfatidilcolina, e a conversão alimentar aparente foi melhor ( $P<0,05$ ) no tratamento com 800 mg/kg, quando comparado com a inclusão de 600 mg/kg. Quanto aos parâmetros bioquímicos de plasma, a dieta interferiu nos níveis de triglicerídeos, que foram significativamente ( $P<0,05$ ) menores na dieta contendo 600 mg/kg, quando comparado aos níveis de 400mg/kg e de 800 mg/kg de fonte vegetal de fosfatidilcolina. O status antioxidante não sofreu influência da dieta ( $P>0,05$ ) oferecida. A composição centesimal de diferentes tecidos sofreu alterações ( $P<0,05$ ), especialmente nos teores de extrato etéreo do fígado e vísceras e nos teores de proteína bruta

no músculo e fígado, sendo que as tilápias alimentadas com 800 mg/kg apresentaram maior deposição de extrato etéreo hepático, e o nível de 600mg/kg, apresentou uma redução de extrato etéreo nas vísceras. Para a avaliação do tecido hepático, a inclusão de fonte vegetal de fosfatidilcolina na dieta não apresentou alterações ( $P>0,05$ ). Considerando os fatores nutricionais envolvidos nesta tese, pode-se concluir que a utilização de 600 mg/kg de fonte vegetal de fosfatidilcolina na dieta de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) contribui diretamente para uma melhora nos índices de desempenho zootécnico e parâmetros bioquímicos de plasma, mais especificamente ligados a uma redução nos teores de triglicerídeos plasmáticos. As doses de fonte vegetal de fosfatidilcolina adicionadas à dieta não causaram efeitos negativos no estatus antioxidantes, nem ao fígado das tilápias, porém mais pesquisas relacionadas a estes parâmetros precisam ser realizadas.

**Palavras-chave:** cloreto de colina, desempenho, fosfatidilcolina.



## **HEALTH, GROWTH, AND YIELD OF FILET OF NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*), FED WITH FEED CONTAINING PHOSPHATIDYLCHOLINE**

**Abstract** - The intensification of aquaculture production systems requires adequate nutrition to optimize the productive performance and fish health, so phosphatidylcholine of plant origin has been used in fish feeding, demonstrating positive effects. In this context, the objective of this study was to evaluate the health, growth, and yield of tilapia fillets in the growing and fattening phases, fed with increasing doses of phosphatidyl-choline of vegetable origin (0, 200, 400, 600 mg and 800mg/kg of feed) and 84.87 mg/kg of choline chloride. Specifically, the thesis is subdivided into two chapters, the first chapter starting with the literature review in which themes related to the thesis are addressed. In the second chapter, the inclusion of increasing doses of phosphatidylcholine of plant origin (0, 200, 400, 600 mg, and 800 mg/kg of feed) and choline chloride in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), in a net tank system (4 m<sup>3</sup>) with constant aeration. A total of 8,400 juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), sexually reverted ( $\cong$  18 g) were used during a period of 117 days, which includes the growth and fattening phases. The animals were distributed in a completely randomized design, consisting of 6 treatments and 4 replications, the net tanks were considered as experimental units and each experimental unit had 350 fish. After this period, zootechnical performance indices, plasma biochemical parameters, oxidative stress indicators, proximate composition of muscle, liver, and viscera and hepatic tissue were evaluated. The diet with phosphatidylcholine interfered in the zootechnical performance parameters – final weight, daily weight gain, biomass gain and apparent feed conversion ( $P < 0.05$ ), for the final weight, daily weight gain and weight gain and biomass indices, the best performance was at the dose of 600 mg/kg, when compared to the inclusion of 400mg/kg of phosphatidylcholine of vegetable origin, and the apparent feed conversion was better ( $P < 0.05$ ) in the treatment with 800 mg/kg, when compared with the inclusion of 600 mg/kg. As for the biochemical parameters of plasma, the diet interfered in the levels of triglycerides, which were significantly ( $P < 0.05$ ) lower in the diet containing 600 mg/kg, when compared at levels of 400mg/kg and 800mg/kg of phosphatidylcholine of vegetable origin. The antioxidant status was not influenced by the diet ( $P > 0.05$ ) offered. The proximate composition of different tissues underwent changes ( $P < 0.05$ ), especially in the contents of ethereal extract of the liver and viscera and in the contents of crude protein in muscle and liver, and the tilapia fed with 800 mg/kg showed higher deposition of hepatic ether extract, and the level of 600mg/kg showed a reduction of ether extract in the viscera. For the evaluation of hepatic

tissue, the inclusion of phosphatidylcholine of vegetable origin in the diet showed no changes ( $P>0.05$ ). Considering the nutritional factors involved in this thesis, it can be concluded that the use of 600 mg/kg of phosphatidylcholine in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) directly contributes to an improvement in zootechnical performance indices and biochemical parameters of plasma, more specifically linked to a reduction in plasma triglyceride levels. The doses of phosphatidylcholine added to the diet did not cause negative effects on the antioxidant status, nor on the liver of the tilapia, but further research related to these parameters needs to be carried out.

**Keywords:** choline chloride, phosphatidylcholine, performance.



# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>17</b>
1. OBJETIVO GERAL	18
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
2. REVISÃO	19
2.1 ATUALIDADE NA AQUICULTURA	19
2.1 NUTRIÇÃO E SAÚDE	20
2.2 MÉTODO DOSE-RESPOSTA PARA DETERMINAR EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS	21
2.3 ADITIVOS	22
2.4 FOSFOLIPÍDIOS (PLs)	23
2.5 COLINA	24
2.6 FOSFATIDILCOLINA (FC)	25
2.7 BIOSÍNTESE DA FOSFATIDILCOLINA (FC)	27
2.9 ESTRESSE OXIDATIVO (EROS)	28
3. 2.9.1. SUPERÓXIDO DISMUTASE – SOD	29
4.	29
5. 2.9.2 CATALASE – CAT	30
6. 2.9.3 GLUTATIONA-S-TRANSFERASE - GST	30
2.10 REFERÊNCIAS	31
<b>3.3 INTRODUÇÃO</b>	<b>46</b>
<b>2.</b>	<b>46</b>
7. 3.2 MATERIAIS E MÉTODOS	47
8. 3.2.1 ANIMAIS, INSTALAÇÃO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	47
9. 3.2.2 FORMULAÇÃO E FABRICAÇÃO DAS RAÇÕES; MANEJO ALIMENTAR E BIOMETRIAS	48
10. 3.2.3 MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA ÁGUA	50
11. 3.2.4 CRESCIMENTO, ÍNDICES CORPORAIS E COLETA DE SANGUE E TECIDOS	50
12. 3.2.5 HISTOLOGIA DE FÍGADO	51
13. 3.2.6 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE TECIDOS CORPORAIS	52
14. 3.2.7 PARÂMETROS BIOQUÍMICOS DO SANGUE	52
15. 3.3.8 PARÂMETROS BIOQUÍMICOS NO FÍGADO	52
16. 3.2.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA	52
17. 3.3 RESULTADOS	53
3.3.1 DESEMPENHO	53
3.3.2 PARÂMETROS BIOQUÍMICOS DO PLASMA SANGUÍNEO E DO TECIDO HEPÁTICO	54
3.3.3 INDICADORES DE ESTRESSE OXIDATIVO NO TECIDO HEPÁTICO	55
3.3.4 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE DIFERENTES TECIDOS E HISTOLOGIA DO TECIDO HEPÁTICO	55
3.3.5 HISTOLOGIA DO FÍGADO	56
3.4 DISCUSSÃO	57
3.5 CONCLUSÕES	64
3.6 REFERÊNCIAS	65

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil encontra-se na 4<sup>a</sup> posição entre os maiores produtores de tilápia, com cerca de 486 mil toneladas, sendo que no Paraná a produção de tilápia cresceu 11,5%. Com isso, observa-se que a produção brasileira de peixes de cultivo está em crescimento constante na média dos últimos 20 anos, superando com folga o avanço das demais proteínas animais (PEIXE BR, 2021).

A aquicultura está entre as atividades agrícolas que mais têm potencial para a produção de alimento (FAO, 2018; ROSSETO; SIGNOR, 2021). O crescimento deste setor está continuamente sendo desenvolvido por meio de melhorias em tecnologias, uso eficiente de recursos, integração com outras atividades agrícolas, intensificação e uso de aditivos alimentares eficazes e funcionais (AL-DERINY et al., 2020; KHALAFALLA et al., 2020). Devido à tendência de intensificação da produção, estudos sobre as necessidades alimentares e dietas de alto desempenho têm aumentado (CYRINO et al., 2010; TURCHINI et al., 2018).

Na busca por melhores índices de produção, o uso de aditivos vem sendo destacado por seus efeitos benéficos com relação à melhora da imunidade, aumento da produtividade, melhora da conversão alimentar e redução da taxa de mortalidade (SILVA; GALÍCIO, 2012), sendo utilizados como promotores de crescimento, pois influenciam positivamente na melhoria de índices zootécnicos e no equilíbrio da microbiota intestinal, permitindo a diminuição do custo dos alimentos sem alterar a qualidade (SILVA; GALÍCIO, 2012; FILHO et al., 2020; TACHIBANA et al., 2010, CARBONE; FAGGIO, 2016).

Em particular a fosfatidilcolina é um fosfolípido fisiologicamente importante, sendo componente essencial para a estrutura de membranas celulares e biossíntese de lipoproteínas, bem como precursor/ativador de moléculas reguladoras do metabolismo (TOCHER et al., 2008; HOLLENBECK, 2012; VANCE, 2014). Encontrada em grande quantidade em alimentos à base de plantas (FARINA et al., 2017), é uma fonte relativamente nova em alimentos aquáticos, sendo utilizada em dietas para frangos de corte com resultados positivos em termos de parâmetros de desempenho zootécnico (KUMAR, 2009).

Para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), a fosfatidilcolina tem mostrado resultados promissores (SOUSA et al., 2020). Alguns estudos demonstraram que a ingestão adequada de fosfatidilcolina pode melhorar o crescimento de carpa capim jovem (*Ctenopharyngodon idella*), tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e jundiá (*Randia quelen*), bem como diminuir o dano oxidativo, melhorar o metabolismo energético hepático e status antioxidante/oxidante (ZHAO et al., 2015; BALDISSERA et al., 2019; BALDISSERA et al., 2017).

A melhora do desempenho pode estar associada à melhora da síntese de metionina, um aminoácido essencial que, como outros aminoácidos, está diretamente relacionado ao desenvolvimento animal (ZHANG; LI, 2010), e também pela fosfatidilcolina ser um fosfolípido fisiologicamente importante, sendo componente essencial para estrutura das membranas celulares e biossíntese de lipoproteínas (TOCHER et al., 2008; VANCE, 2014).

Com isso a hipótese deste estudo é:

- 1) Melhorar o desempenho, o rendimento de filé e a saúde de tilápia (*Oreochromis niloticus*), com fonte vegetal de fosfatidilcolina, que é considerada um nutriente;
- 2) Melhorar o desempenho das tilápias quando feito um comparativo com o cloreto de colina em dietas de peixes;
- 3) Melhorar a saúde das tilápias.

## **1. Objetivo Geral**

Sendo assim, este experimento objetivou estudar os efeitos da suplementação dietética com fonte vegetal de fosfatidilcolina, em rações para crescimento e engorda da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), sobre a saúde, o desempenho produtivo e o rendimento de filé.

## **2. Objetivos Específicos**

Dessa forma, os objetivos específicos foram:

- 1) Submeter tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), revertidas sexualmente à criação em tanques rede, em altas densidades de estocagem e regime de criação intensivo;
- 2) Conhecer os efeitos metabólicos e hemato-imunológicos da suplementação dietética com fonte vegetal de fosfatidilcolina em rações para a tilápia do Nilo em fase de crescimento e engorda;
- 3) Determinar o nível adequado de inclusão com fonte vegetal de fosfatidilcolina nas rações para a tilápia do Nilo em fase de crescimento e engorda, tomando-se como base o desempenho zootécnico, além de parâmetros metabólicos e de saúde;
- 4) Avaliar o desempenho zootécnico de tilápias em fase de crescimento e engorda, suplementados com níveis de fonte vegetal de fosfatidilcolina em relação a um nível de cloreto de colina.

## 2. Revisão

### 2.1 Atualidade na Aquicultura

A aquicultura é uma atividade importante para o suprimento global de proteína animal, apresentando significativo crescimento nos últimos anos (FAO, 2020). Tendo se mostrado como uma das atividades agropecuárias de maior crescimento em nível mundial, com taxa de crescimento anual de 5,8%, entre os anos de 2001 e 2016, alcançando a produção de 110,2 milhões de toneladas em 2016 (FAO, 2018), este crescimento é uma grande oportunidade de negócio (BARROSO et al., 2017). Nos últimos seis anos, a produção de peixes de cultivo saltou 38,7% no país: de 578.800 t (2014) para 802.930 t (2020) (PEIXE BR, 2021).

De modo geral, até o ano de 2017, a produção de tilápias cresceu em média 11% ao ano, saindo de 0,3 milhões de toneladas produzidas em 1987 para 5,9 milhões de toneladas (BARROSO et al., 2017). Sua produção mundial superou 6,2 milhões de toneladas em 2020, um ano fortemente impactado pela pandemia (PEIXE BR, 2021), sendo que a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é a espécie mais produzida mundialmente (FAO, 2018; PEIXE BR, 2021); 4,2 milhões de toneladas em 2016 (FAO, 2018); 6,2 milhões de toneladas em 2020 (PEIXE BR, 2021).

Com estes índices de produção, nos últimos anos as tilápias têm se colocado no “ranking” mundial como o segundo grupo de peixes de água doce mais produzido em cativeiro, ficando atrás apenas das carpas (FAO, 2014; FAO, 2018; PEIXE BR, 2021).

Em 2017, a produção brasileira de tilápia foi de 290.075 toneladas, o que correspondeu a 48,75% da produção aquícola nacional, e colocou o Brasil como o 2º maior produtor da América Latina e 5º maior produtor mundial de tilápia (BARROSO et al., 2017). Os últimos levantamentos da produção nacional mostram que a criação de tilápias em 2020 alcançou 802.930 toneladas, representando um crescimento de 5,93% em relação ao ano anterior, sendo o segundo melhor desempenho desde 2014 (PEIXE BR, 2021).

Segundo Peixe BR (2021),

[...] A produção de tilápia cresceu 11,5% no Paraná ampliando a liderança do estado na produção de peixes de cultivo no Brasil, foram 172.000 toneladas em 2020 contra 154.200 toneladas no ano anterior, o modelo cooperativista de integração ganha cada vez mais relevância no estado, puxado por cooperativas importantes, como Copacol e C. Vale, a piscicultura paranaense cresce em ritmo maior que o país como um todo.

Finalmente, considerando as perspectivas de crescimento desta atividade, estima-se que em 2030 a aquicultura brasileira será responsável pela produção de pelo menos 1,1 milhões de toneladas de pescado (FAO, 2018), sendo que o Brasil possui características que favorecem o crescimento deste setor, principalmente devido aos seus aspectos climáticos, à sua extensão costeira de mais de 8.000 quilômetros e disponibilidade de água doce, representando aproximadamente 13% da água doce renovável do planeta (ROCHA et al., 2013).

## 2.2 Nutrição e Saúde

O fator nutrição está diretamente ligado à saúde dos peixes, pois há vários alimentos que podem, além de nutrir, otimizar a saúde, por possuir fatores que influenciam na imunidade (SILVA; GALÍCIO, 2012).

[...] No entendimento de Tavares – Dias (2009), o crescimento da aquicultura, houve uma maior intensificação dos sistemas de criação, assim os peixes foram expostos a alterações na qualidade da água e práticas de manejo, tais como: manejo excessivo, transporte e adensamento, que induzem resposta ao estresse. Isso traz consequências negativas sobre o desempenho, resposta imune e resistência a patógenos, em sistemas de criação intensiva a nutrição tem uma importante função na manutenção do crescimento normal e também na saúde dos organismos aquáticos.

Deve-se considerar que um dos aspectos importantes dentro de um cultivo animal é a correta nutrição da espécie em questão, no qual o balanceamento da ração deve estar adequado às exigências nutricionais de cada fase de desenvolvimento da espécie, e isso é necessário para a expressão do seu potencial produtivo (MEURER et al., 2000).

A nutrição é um fator complexo que se inter-relaciona com o sistema imunológico; portanto, está relacionado diretamente com a saúde dos peixes. Atualmente, na piscicultura moderna, é possível manter ou melhorar a saúde dos peixes por meio da oferta de alimentos formulados de maneira mais nutritiva e adequada a cada espécie (OWTARI, 2018), sendo que os nutrientes alimentares, bem como os aditivos, podem estimular o sistema imunológico dos peixes (KIRON, 2012).

Geralmente, os fatores nutricionais e os regimes alimentares desempenham papéis fundamentais na aquicultura intensiva, podendo afetar significativamente a incidência e a gravidade de uma variedade de doenças infecciosas, pois, a oferta de nutrientes específicos para

células imunes determina a eficiência da resposta imune contra os patógenos (POHLENZ; GATLIN, 2014). Sendo assim, existem várias ferramentas nutricionais que podem ser utilizadas para atingir o objetivo de aprimoramento do sistema imunológico (KIRON, 2012; POHLENZ; GATLIN, 2014).

### 2.3 Método Dose-resposta Para Determinar Exigências Nutricionais

O Método Dose-Resposta é baseado na resposta do animal ao aumento na ingestão de um nutriente. De acordo com Eucluydes e Rostagno (2001), a adição de um nutriente limitante na ração, mantendo níveis adequados dos demais nutrientes, promove crescimento do animal até que sua exigência seja atendida. No entendimento de Sakomura e Rostagno (2007), a partir daí existirá uma faixa de estabilização no crescimento e, em seguida, dependendo do nutriente, poderá ocorrer uma perda de peso do animal, como demonstrado na (Figura 1).

[...] O fenômeno resultante do acréscimo de um nutriente na ração, partindo de níveis baixos até níveis elevados, pode ser descrito em quatro fases distintas: **a) inicial** – nessa fase, o acréscimo do nutriente garante apenas a sobrevivência do animal (manutenção), pois os níveis são insuficientes para permitir o crescimento; **b) resposta** – os animais começam a apresentar crescimento, melhor eficiência alimentar, até um nível no qual estabiliza a produção; **c) estável** – nessa fase, os níveis do nutriente não apresentam resposta à produção ou toxidez proveniente do excesso; **d) tóxico** – o nível elevado do nutriente pode causar redução na produção em consequência de efeitos, tais como interação, antagonismo, etc.

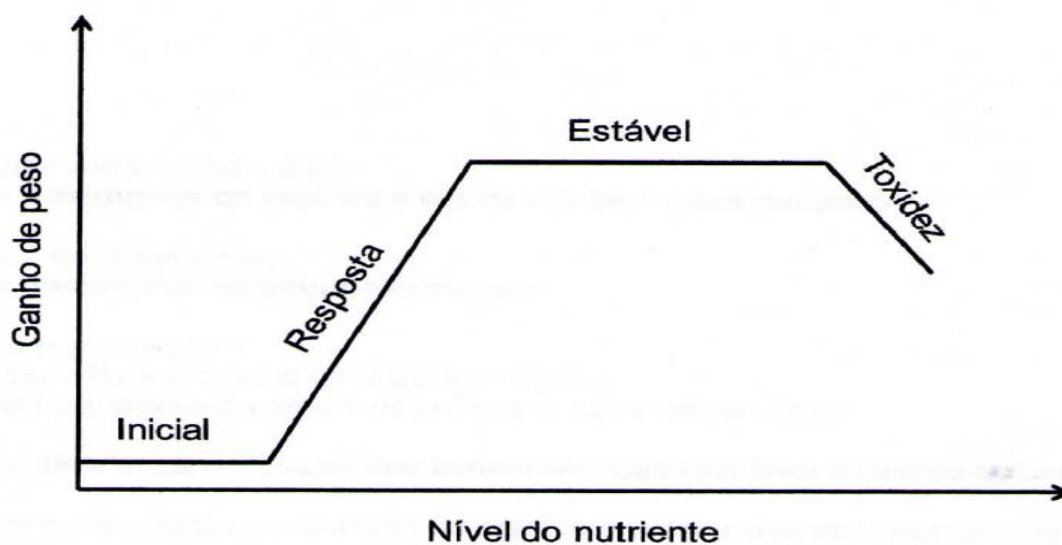


Figura 1. Curva de resposta dos animais à adição de um nutriente limitante à ração.

Fonte: Adaptado de Rezende et al. (2007).

Conforme Sakomura e Rostagno (2007), os modelos utilizados para determinar os níveis ótimos dos nutrientes na dieta são aplicáveis quando os tratamentos são estabelecidos nas fases de resposta e estável: se os níveis forem avaliados somente na fase de resposta, o nível ideal do nutriente não poderá ser determinado; enquanto que se os níveis compreenderem o início e o decorrer da fase estável, pode-se concluir que o nutriente em estudo não é essencial ou está acima da exigência; caso os níveis estudados se situem na fase tóxica, o resultado mostrará efeito nocivo do nutriente.

## 2.4 Aditivos

A importância do uso de aditivos na aquicultura vem sendo destacada por seus benefícios com relação à melhora da imunidade, aumento da produtividade, melhora da conversão alimentar e redução da taxa de mortalidade (SILVA; GALÍCIO, 2012).

Segundo Brasil (2005, p.3), os aditivos foram considerados como o conceito, definido a seguir:

[...]Substâncias, microrganismos ou produtos formulados e adicionados intencionalmente aos alimentos, que não são utilizados normalmente como ingredientes, tenham ou não valor nutritivo e que melhorem as características dos produtos destinados à alimentação animal, melhorando o desempenho dos animais saudáveis e atendendo às necessidades nutricionais.

Este é definido como quaisquer substâncias ou microrganismos adicionados intencionalmente ao alimento que afetem ou melhorem as características do alimento ou dos produtos animais (FILHO et al., 2020).

Os aditivos alimentares podem ser naturais ou sintéticos: os primeiros podem ocorrer naturalmente no alimento ou serem recuperadas de uma fonte natural; já os sintéticos são definidos como substâncias artificialmente sintetizadas (ZEECE, 2020).

Para rações aquáticas podem contribuir positivamente para o meio ambiente e sustentabilidade econômica, que são fundamentais para o aumento global da produção aquícola, especialmente nos sistemas de produção intensivos (ENCARNAÇÃO, 2016).

## 2.5 Fosfolipídios (PLs)

Os fosfolipídios (PLs) são um grupo especial de lipídios que contêm um resíduo de ácido fosfórico, ácidos graxos e um Grupo álcool (JUNQUEIRA et al., 2005).

São os principais constituintes estruturais das membranas celulares e lipoproteínas, como quilomícrons e lipoproteínas de densidade muito baixa envolvidas no transporte de lipídios dietéticos do intestino e do fígado, respectivamente, para o resto do corpo (TOCHER, 2003; TOCHER et al., 2008; ZEHMER et al., 2009; THIAN; FARESE; WALTHER, 2013; MANBACH; SIDDIGI, 2010; NICOLSON, 2014) são fundamentais para a formação das membranas biológicas e participam de inúmeros processos orgânicos e metabólicos (TOCHER, 2003).

Os PLs são componentes importantes para a manutenção da estrutura e função das membranas celulares, emulsionando lipídios no intestino e melhorando a absorção intestinal de ácidos graxos de cadeia longa (TOCHER et al., 2008). Atuam como mensageiros químicos ou efetores de mensageiros secundários e como precursores dos hormônios; também fornecem outros elementos essenciais, como colina, Inositol e fósforo, necessários para a regulação dos processos fisiológicos e do desenvolvimento (TOCHER et al., 2008).

É um nutriente essencial para vários animais aquáticos e desempenha um papel vital na sobrevivência (ZHAO et al., 2015), no crescimento (WANG et al., 2016; AZARM; KENARI; HEDAYATI, 2020), resistência ao estresse (ZHAO et al., 2013) e metabolismo lipídico (LIN et al., 2020, LIN et al., 2021), sendo uma fonte de ácidos graxos para a síntese de eicosanóides, uma ampla gama de compostos bioativos com múltiplas funções (AN et al., 2020; LI et al., 2020).

A composição dos ácidos graxos dietéticos influencia a imunidade não específica (por exemplo, fagocitose, explosão respiratória e lisozima sérica) (LI et al., 2013; GONG et al., 2016) e também imunidade específica (tais como produção de anticorpos e resistência a patógenos) (ZUO et al., 2012).

Os PLs, um lipídeo extremamente importante no fígado, como o principal componente das membranas celulares e organelas, pode regular a fluidez da membrana, bem como as atividades das proteínas na membrana da bicamada lipídica, e controlar ainda mais a importação e a exportação de nutrientes e metabólitos (TOCHER et al., 2008).

Na classe dos PLs, a fosfatidilcolina (FC) é o principal componente das membranas biológicas com função de promoção do crescimento, resistência ao estresse e melhora na



imunidade (CAHU et al., 2009; KENARI et al., 2011; WANG et al., 2016; BALDISSERA et al., 2019; VIEIRA, 2001; LUO et al., 2016).

## 2.6 Colina

A colina ( $C_5H_{14}NO$ ) é quimicamente denominada  $\beta$ -hidroxietiltrimetilamônio hidróxido, é uma amina quaternária que se encontra no organismo das plantas e dos animais na forma de colina livre, acetilcolina e fosfolipídios, a colina pode ser oxidada em betaína no rim e no fígado, em uma reação irreversível (SANTIAGO, 2018).

Foi descrita pela primeira vez, indiretamente, através da lecitina, isolada de tecido cerebral e ovos de carpas por Theodore Gobley em 1850, e seu nome veio do grego — *lekithos*, que significa gema de ovo, sendo identificada como um nutriente importante para animais de produção, inclusive peixes (VIEIRA., 2001).

É obtida predominantemente na dieta alimentar, encontrada tanto em células animais quanto vegetais, e pode se apresentar de três formas: colina livre; acetilcolina; ou lecitina (BALDISSERA et al., 2019).

Também chamada de vitamina B4, ao considerar suas funções orgânicas (BONA, 2020; ANDRIGUETO, 1981; REIS et al. 2012; NASCIMENTO, 2020), porém não tem conotação de vitamina e talvez essa designação não seja a mais correta e poderia ser considerada uma amina essencial, sua classificação como vitamina do complexo B é controversa, visto a colina não participar no metabolismo como coenzima, ser exigida em quantidades superiores às outras vitaminas do complexo B (JAIN et al., 2005; BELLOWS; MOORE, 2012).

As funções da colina no metabolismo animal são: componente essencial da acetilcolina, um neurotransmissor do qual a colina é precursora, fosfatidilcolina, que é um elemento estrutural da membrana celular, na transmissão do impulso nervoso e também na utilização de lipídeos; é precursora da betaína, um doador de grupos metil para as reações de metilação e formação de metionina (BERTECHINI, 2006).

A colina é fundamental para a formação e a estrutura das células, uma vez que esta compõe a membrana das células de origem animal, na forma de fosfolipídios, atua na formação e liberação das lipoproteínas no fígado, sendo a fosfatidilcolina o único fosfolipídio comprovadamente fundamental para tal ação (COLE et al., 2012), atuando como agente hipotrófico, evitando o acúmulo de triglicerídeos nos hepatócitos; portanto, níveis adequados de colina atuam

prevenindo o aparecimento de fígado gorduroso ou esteatose hepática nos animais (BERTECHINI, 2006).

Embora a colina possa ser sintetizada pelos peixes, e a colina esteja presente em alimentos naturais, o conteúdo de colina não pode atender às necessidades de crescimento dos peixes e deve ser suplementado por fontes exógenas (KHOSRAVI et al., 2015).

Nas rações das espécies animais é fornecida na forma de cloreto de colina. O cloreto de colina possui característica higroscópica, ou seja, absorve umidade do ar, podendo resultar em perdas de vitaminas solúveis em água quando adicionadas a pré-misturas, pois aumenta o teor de água livre no meio, resultando em maior potencial reativo (FARINA et al., 2017), podendo causar problemas operacionais na fábrica de ração, uma vez que o produto pode formar grumos (LISBOA et al., 2014). Neste contexto este estudo não sofrerá com este problema.

## 2.7 Fosfatidilcolina (FC)

Segundo Mertins et al. (2008).

[...] A fosfatidilcolina (FC) é um nutriente e consiste em fosfolipídios (PLs) naturais constituídos por uma extremidade polar formada por um grupo colina e um grupo fosfato ligados à porção hidrofóbica, duas longas cadeias acílicas de 16 a 22 carbonos, por ligações ésteres com o glicerol, as cadeias acílicas podem conter uma ou mais insaturações, devido à estrutura polar-apolar, ou seja, anfifílica, essas moléculas tendem a se auto-organizar em bicamadas com importantes funções biológicas, como por exemplo, as membranas celulares de organismos vivos.

Atualmente a FC é largamente empregada nas indústrias farmacêutica e cosmética como emulsificante (MARON et al., 2007), encontrada em grande quantidade em alimentos à base de plantas (FARINA et al., 2017).

Com o processamento industrial da soja para a produção de óleo, os resíduos de óleo denominados lecitina, considerados anteriormente como rejeitos, são uma fonte rica e barata de fosfolipídios (PLs), a lecitina de soja contém FC (ZANG et al., 2004).

A FC é um fosfolipídio (PLs) fisiologicamente importante, sendo componente essencial para a estrutura de membranas celulares e biossíntese de lipoproteínas, bem como precursor de moléculas reguladoras do metabolismo (TOCHER et al., 2008; HOLLENBECK, 2012; VANCE, 2014).

É amplamente distribuída nos tecidos animais, representa o fator mais abundante de ocorrência natural da colina (WAGNER; FOLKERS, 2008). Para a tilápia do Nilo, a

fosfatidilcolina tem mostrado resultados promissores (BALDISSERA et al., 2019; SOUZA et al., 2020; LUO et al., 2016; QIN et al., 2017).

As melhores fontes alimentares de FC para alimentação animal incluem os óleos brutos (óleos de peixe, de soja e o de girassol) e farinhas, como a farinha de peixe, cujo conteúdo pode variar de 7,5 a 12,1% da fração lipídica total, não há muita informação disponível sobre o conteúdo de FC em fontes vegetais, sendo o farelo de soja gorduroso destacado como fonte proeminente (TOCHER et al., 2008).

Embora possa ser encontrada em quantidades variáveis, pouco se conhece sobre biodisponibilidade da FC nos alimentos e, frequentemente, na nutrição animal o suprimento é baseado considerando-se fontes de colina que representam o substrato para síntese celular de sua forma esterificada (WAGNER; FOLKERS, 2008).

As evidências científicas sugerem que as vias envolvidas na síntese de fosfatidilcolina em peixes são essencialmente as mesmas descritas para mamíferos; entretanto, para algumas espécies e circunstâncias, a habilidade biosintética pode ser limitada e dependente do suprimento exógeno (TOCHER et al., 2008); sendo assim, a sua disponibilidade nos alimentos deve ser considerada.

Os mecanismos pelos quais a FC exerce sua função na nutrição de peixes vem sendo investigada quanto a seus efeitos benéficos sobre o crescimento, sobrevivência e saúde, resistência ao estresse, manutenção do equilíbrio redox e otimização do metabolismo lipídico foram demonstrados, principalmente em estudos com larvas e juvenis (ZHAO et al., 2013; BALDISSERA et al., 2019; SOUSA et al., 2020), e que a melhora do desempenho pode estar associada à melhora da síntese da metionina, que é um aminoácido essencial que, como outros aminoácidos, está diretamente relacionado ao desenvolvimento animal (ZHANG; LI, 2010).

A FC demonstrou apoiar a mobilização e o transporte de lipídios do intestino médio ou glândula digestiva para a hemolinfa por meio de complexos de lipoproteínas (LI et al., 2016). Quantitativamente, a FC pode induzir esteatose tanto pela sua falta quanto pelo seu excesso (TOCHER et al., 2008).

Estudos demonstraram que a ingestão adequada de FC pode melhorar o crescimento (ZHAO et al., 2015), diminuir o dano oxidativo, aumentar o conteúdo de glutathione nas brânquias e melhorar o metabolismo energético hepático e antioxidante / oxidante status (BALDISSERA et al., 2019; SOUZA et al., 2015; SOUSA et al., 2020).

Este produto auxilia no transporte da gordura do fígado para outros tecidos, diminuindo o acúmulo de gordura hepática (DEVLIN, 2000), podendo ter influência na composição da carne de peixes relacionada ao perfil lipídico.

A FC é composta por dois ácidos graxos esterificados e a colina (Figura 2) (BONA, 2020). De acordo com Leeson e Summers (2001) e Combs Jr. (2008), menos de 10% da colina presente nos alimentos está presente na forma livre.

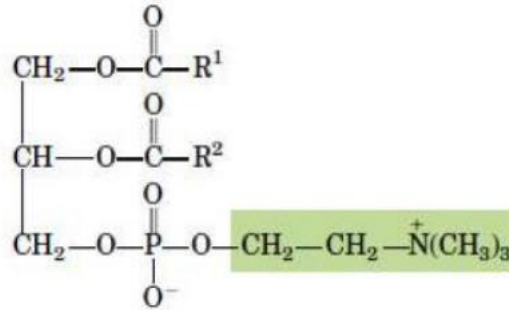


Figura 2. Fórmula estrutural da fosfatidilcolina.

Fonte: BONA, 2020

## 2.8 Biossíntese da Fosfatidilcolina (FC)

Segundo Blusztajn et al. (1979) e Devlin (2000), a principal via para biossíntese de fosfatidilcolina envolve a conversão sequencial de colina em fosfocolina, citidina-difosfato (CDPcolina) e fosfatidilcolina, demonstrado na Figura 3.

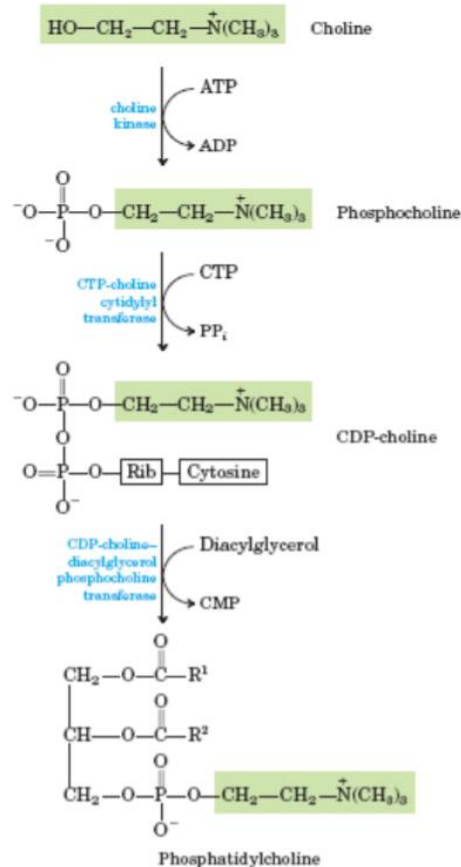


Figura 3. Biossíntese da fosfatidilcolina

Fonte: Leninger et al., 2000.

## 2.9 Estresse Oxidativo (EROs)

Este evento refere-se a níveis intracelulares elevados de espécies reativas ao oxigênio (EROs) que causam danos aos lipídios, proteínas e DNA (SCHIEBER; CHANDEL, 2014; LIMA, 2018), e os seres vivos possuem um sistema de proteção antioxidante, que é um mecanismo de defesa contra espécies que são reativas formadas constantemente no metabolismo celular e em eventos patológicos (SPINELLI, 2018).

As EROs são intermediários dos processos de redução parcial do  $\text{O}_2$  durante a respiração mitocondrial e outros processos pró-oxidantes (LIMA, 2018). O elétron que está desemparelhado desses radicais se posiciona no centro dos átomos de oxigênio, dando origem e denominação as espécies reativas de oxigênio (BARREIROS et al., 2006).

As EROs são formadas e degradadas por organismos aeróbios, e são encontradas em concentrações fisiológicas dentro das células para um funcionamento normal (CAGOL et al., 2020), ou seja, são subprodutos da respiração e do metabolismo aeróbico (CAGOL, 2020).

O estresse oxidativo irá ocorrer quando a taxa de produção dessas espécies reativas de oxigênio excede a taxa de sua decomposição por sistemas antioxidantes, levando a um aumento do dano oxidativo em diferentes alvos celulares (ALMEIDA et al., 2005), tornando necessária a atuação de sistemas enzimáticos e não enzimáticos de proteção, denominados defesas antioxidantes, que atuam na prevenção da formação das espécies reativas de oxigênio, na sua inativação por meio da combinação com enzimas antioxidantes e no reparo de danos celulares já ocorridos (ADAMS et al., 2000).

O sistema de defesa antioxidante pode combater as EROs com seus mecanismos enzimáticos e não enzimáticos: a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione peroxidase (GPx) e glutathione-S-transferase (GST) são as enzimas antioxidantes (CAGOL, 2020), abundantes em tecidos de organismos aquáticos (AKBARIAN et al., 2016).

Quando a célula animal perde a sua homeostase, entrando em estado de desequilíbrio entre as EROs, isso demonstra que o sistema de defesa antioxidante está comprometido e este efeito é denominado como estresse oxidativo (POLI et al., 2004 in CAGOL, 2020). Para se proteger contra esse estresse, os organismos desenvolveram sistemas antioxidantes, que podem ser produzidos endogenamente ou adquiridos pela alimentação (GOES, 2020). Endogenamente seriam as enzimas, e as fontes exógenas são fornecidas através da alimentação. Neste contexto, entram o uso de aditivos, como a fosfatidilcolina, que pode diminuir o dano oxidativo (BALDISSERA et al., 2019).

Sendo assim, os mecanismos enzimáticos necessários para o equilíbrio no organismo dos peixes são os citados a seguir.

### 2.9.1 Superóxido dismutase – SOD

O radical superóxido é a primeira ERO formada pelo sistema de defesa (CAGOL, 2020). A SOD constitui o primeiro antioxidante enzimático, que desempenha um papel fundamental no controle da produção de  $O_2^-$ , transformando-o em  $H_2O_2$  e  $O_2$  (AL-GUBORY et al., 2010).

A função da enzima SOD é catalisar a dismutação do radical  $O_2^-$  em  $H_2O_2$  (peróxido de hidrogênio) e está presente em três isoformas: citoplasmática, mitocondrial e extracelular; o peróxido de hidrogênio será catalisado pela CAT ou GPx (RIBEIRO et al., 2005).

### 2.9.2 CAT

A catalase é a principal enzima responsável pela desintoxicação celular, promovendo a redução do  $\text{H}_2\text{O}_2$  em  $\text{H}_2\text{O}$  mais  $\text{O}_2$ , degrada o peróxido de hidrogênio em oxigênio e água, uma das moléculas de peróxido de hidrogênio é oxidada a oxigênio molecular e a outra é reduzida a água; sendo assim, catalisa a dismutação de  $2\text{H}_2\text{O}_2$  em  $\text{O}_2$  e  $2\text{H}_2\text{O}$  (AL-GUBORY et al., 2010).

Na presença de  $\text{Fe}^{+2}$ , há a formação do radical hidroxil HO, por meio da reação de Fenton, que é altamente reativo e danoso (CAGOL et al., 2020). Esta enzima encontra-se no citoplasma, principalmente no peroxissomo de todos os tecidos animais, e pode ser encontrada também nas mitocôndrias, eritrócitos, fígado, baço e rins (OLIVEIRA; SCHOFFEN, 2010).

### 2.9.3 Glutationa-S-Transferase - GST

A glutathione S-transferase é uma enzima que promove a conjugação da glutathione (GSH) com uma grande variedade de compostos eletrofílicos, resultando na formação de substâncias que são facilmente excretadas do corpo (VASCONCELOS et al., 2007).

A glutathione-S-transferase (GST) desintoxica vários compostos conjugando-os com glutathione, glutathione reductase (GR), que reduz a glutathione oxidada, usando nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADPH) e enzimas associadas, como glicose-6-fosfato desidrogenase (HALLIWEL; GUTTERIDGE, 2015).

A GST é conhecida pelo seu envolvimento na redução da glutathione, evitando danos às células, causados pela presença de xenobióticos (BRAZ-MOTA et al., 2015). A indução de GST em tecidos de peixes é conhecida por ser benéfica para o manejo de condições de estresse, por poluentes ou substâncias tóxicas, realizando um processo de desintoxicação (SAMANTA et al., 2014; VIEIRA et al., 2016).

## 2.10 Referências

- ADAMS, S.M.; GREELEY, M.S.; RYON, M.G. [2000]. Evaluating effects of contaminants on fish health at multiple levels of biological organization. Extrapolation from lower to higher levels. **Human Ecological Risk Assessment: An International Journal**, v.6, n.1, p.15-27, 2000. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/10807030091124428>> Acesso em: 18/8/2020.
- AKBARIAN, A.; MICHIELS, J.; DEGROOTE, J. et al. [2016]. Association between heat stress and oxidative stress in poultry; mitochondrial dysfunction and dietary interventions with phytochemicals. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.7, n.37, p.1-14, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s40104-016-0097-5>> Acesso em: 06/6/2021.
- AL-DERINY, S.H.; DAWOOD, M.A.; ABO, A.A. et al. [2020]. The synergistic effects of *Spirulina platensis* and *Bacillus amyloliquefaciens* on the growth performance, intestinal histomorphology, and immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Reports**, v.17, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100390>> Acesso em: 06/6/21.
- AL-GUBORY, K.H.; FOWLER, P.A.; GARREL, C. [2010]. The roles of cellular reactive oxygen species, oxidative stress and antioxidants in pregnancy outcomes. **The international journal of biochemistry & cell biology**, v.42, n.10, p.1634-1650, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biocel.2010.06.001>> Acesso em: 06/6/21.
- ALMEIDA, E.A.; BAINY, A.C.D.; DAFRE, A.L. et al. [2005]. Oxidative stress in digestive gland and gill of the brown mussel *Perna perna* exposed to air and re-submersed. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v.318, p.21-30, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jembe.2004.12.007>> Acesso em: 06/6/21.
- AN, W.; DONG, X.; TAN, B. et al. [2020]. Effects of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids on growth, non-specific immunity, expression of some immune-related genes and resistance to *Vibrio harveyi* in hybrid grouper (♀ *Epinephelus fuscoguttatus* × ♂ *Epinephelus lanceolatus*). **Fish & shellfish immunology**, v.96, p.86-96, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.11.072>> Acesso em: 07/6/2021.
- ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, J.S. et al. **Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal: os alimentos**. 4.ed. v.1. São Paulo, SP: Nobel, 1981.
- AZARM, H.M.; KENARI, A.A.; HEDAYATI, M. [2020]. Effect of dietary phospholipid sources and levels on growth performance, enzymes activity, cholecystokinin and lipoprotein fractions of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. **Aquaculture Research**, v.44, p.634-644, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.03068.x>> Acesso em: 03/9/21.
- BALDISSERA, M.D.; SOUZA, C.F.; BALDISSEROTTO, B. et al. [2019]. Vegetable choline improves growth performance, energetic metabolism, and antioxidant capacity of fingerling Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.501, p.224-229, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.11.021>> Acesso em: 25/8/2021.



- BALDISSERA, M.D.; SOUZA, C.F.; SANTOS, R.C.V. et al. [2017]. Pseudomonas aeruginosa cepa pa 01 prejudica enzimas da rede de fosfotransferência nas brânquias de Rhamdia quelen. **Veterinary microbiology**, v.201, p.121-125, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2017.01.016>> Acesso em: 25/8/2021.
- BELLOWS, L.; MOORE, R. [2012]. Water soluble vitamins: B-complex and vitamin C. **Colorado: Health Colorado State University**, v.5, 2012. Disponível em: <<https://mountainscholar.org/handle/10217/183693/restricted-resource?bitstreamId=f0014e86-611a-4c28-96c5-2bbff095185b>> Acesso em: 25/8/2021.
- BARREIROS, A.L.B.S.; DAVID, J.M.; DAVID, J.P. [2006]. Estresse oxidativo: relação entre gerações de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v.29, n.1, p.113-123, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000100021>> Acesso em: 06/6/21.
- BARROSO, R.M.; PINCINATO, R.B.M.; MUNOZ, A.E.P. [2017]. O mercado da tilápia - 2º trimestre de 2017 e Análise da estrutura do preço da tilápia no varejo. **Embrapa Pesca Aquicultura**, p.1-19, 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162159/1/CNPASA-2017-mt11.pdf>> Acesso em: 16/8/2021.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, 2006. Biol. Trace Elem. Res, 198, p.661-668, 2006.
- BLUSZTAJN, J.K.; ZEISEL, S.H.; WURTMAN, R.J. et al. [1979]. Synthesis of lecithin (phosphatidylcholine) from phosphatidylethanolamine in bovine brain. **Brain Research**, v.179, n.2, p.319-327, 1979. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0006-8993\(79\)90447-5](https://doi.org/10.1016/0006-8993(79)90447-5)> Acesso em: 25/9/2020.
- BONA, D. **Biocolina Vegetal em Substituição ao Cloreto de Colina na Nutrição de Poedeiras**. 2020. 41f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Disponível em: <<https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/000086/000086af.pdf>> Acesso em: 18/9/2021.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal. Associação Nacional dos Fabricantes de Rações. **Compêndio brasileiro de alimentação animal**. São Paulo: ANFAR/CBNA/SDR, p.204, 2005. Disponível em: <<https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativa-n-21-de-31-de-maio-de-2017,1100.html>> Acesso em: 4/6/2021.
- BRAZ-MOTA, S.; SADAUSKAS-HENRIQUE, H.; DUARTE, R. M. et al. [2015]. Roundup® exposure promotes gills and liver impairments, DNA damage and inhibition of brain cholinergic activity in the Amazon teleost fish *Colossoma macropomum*. **Chemosphere**, v.135, p.53-60, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.03.042>> Acesso em: 18/9/2021.
- CAGOL, L.; BALDISSEROTTO, B.; BECKER, A.G. et al. [2020]. Essential oil of *Lippia alba* in the diet of *Macrobrachium rosenbergii*: effects on antioxidant enzymes and growth parameters. **Aquaculture Research**, v.51, p.2243-2251, 2020. Disponível em: <[doi:10.1111/are.14569](https://doi.org/10.1111/are.14569)> Acesso em: 25/8/21.

- CAGOL, L. **Utilização de óleos essenciais de lippia alba (erva-cidreira) e aloysia triphylla (erva-luiza) para Macrobrachium Rosenbergi**. 2020. 73f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2020.
- CAHU, C.L.; GISBERT, E.; VILLENEUVE, L.A.N. et al. [2009]. Influence of dietary phospholipids on early ontogenesis of fish. **Aquaculture Research**, v.40, p.989-999, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02190.x>> Acesso: 03/9/21.
- CARBONE, D.; FAGGIO, C. [2016]. Importance of prebiotics in aquaculture as immunostimulants. Effects on immune system of Sparus aurata and Dicentrarchus labrax. **Fish and Shellfish Immunology**, v.54, p.172-178, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.04.011> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1050464816301620>> Acesso em: 16/7/2021.
- COLE, L.K.; VANCE, J.E.; VANCE, D.E. [2012]. Phosphatidylcholine biosynthesis and lipoprotein metabolism. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1821, n.5, p.754-761, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.bbali.2011.09.009>> Acesso em: 20/10/2021.
- COMBS JR., G.F. [2008]. The Vitamins: Fundamental Aspects in Nutrition and Health. **Cornell University, Division of Nutritional Sciences**, v.3, p.583, 2008. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt->>BR&lr=&id=UEy0DAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=COMBS+Jr.+G.F.The+Vitamins:+Fundamental+Aspects+in+Nutrition+and+Health.+3th+ed.+Cornell+University,+Division+of+Nutritional+Sciences,+2008.+583p&ots=BwAs-yzpw7&sig=oxLdyi-gEFxchhBN7oTOZ4Z7JE\\_I#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt->>BR&lr=&id=UEy0DAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=COMBS+Jr.+G.F.The+Vitamins:+Fundamental+Aspects+in+Nutrition+and+Health.+3th+ed.+Cornell+University,+Division+of+Nutritional+Sciences,+2008.+583p&ots=BwAs-yzpw7&sig=oxLdyi-gEFxchhBN7oTOZ4Z7JE_I#v=onepage&q&f=false)> Acesso em: 12/6/2021.
- CYRINO, J.E.P.; BICUDO, A.J.A.; SADO, R.Y. et al. [2010]. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.68-87, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300009>> Acesso em: 18/08/2021.
- DEVLIN, T.M. **Manual de bioquímica com correlações químicas**. Edgard Blucher, São Paulo, 2000.
- ENCARNAÇÃO, P. Functional feed additives in aquaculture feeds. **Aquafeed Formulation**, p.217-237, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800873-7.00005-1>> Acesso em: 13/6/2021.
- EUCLYDES, R.F.; ROSTAGNO, H.S. Estimativa dos níveis nutricionais via experimentos de desempenho. In: Workshop Latino-Americano Ajinomoto Biolatina, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São Paulo: p.77-88, 2001.
- FAO - Food and Agriculture Organization. [2014]. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2014**. Sustainability in action. Rome. Disponível em: <<https://doi.org/10.4060/ca9229enAcessado>> Acesso em: 16/8/2021.
- FAO - Food and Agriculture Organization. [2020]. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020**. Sustainability in action. Rome. Disponível em: <<https://doi.org/10.4060/ca9229enAcessado>> Acesso em: 16/8/2021.

- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. [2018]. **Meeting the sustainable development goals**. Rome: 2018. Disponível em: <[https://unfoundation.org/?gclid=Cj0KCQiAuvOPBhDXARIsAKzLQ8GxTYk-e8o60egrk5MRsN8nUVqoB8e2nrY2XFgdaUdpxXmHF01IdAaApMyEALw\\_wcB](https://unfoundation.org/?gclid=Cj0KCQiAuvOPBhDXARIsAKzLQ8GxTYk-e8o60egrk5MRsN8nUVqoB8e2nrY2XFgdaUdpxXmHF01IdAaApMyEALw_wcB)> Acesso em: 16/8/2021.
- FARINA, G.; KESSLER, A.M.; EBLING, P. et al. [2017]. Performance of broilers fed different dietary choline sources and levels. **Ciência animal brasileira**, v.18, p.1-14, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1089-6891v18e-37633>> Acesso em: 25/8/2021.
- FILHO, J.V.D.; CAVALI, J.; NOBREGA, B.A. et al. [2020]. Benefícios da adição da virginiamicina ao desenvolvimento de peixes de cultivo e ao meio ambiente: uma revisão. **Revista Ciência e Saúde Animal**, v.2, n.1, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100282>> Acesso em: 13/6/2021.
- GOES, M, D. **Efeitos da l-carnitina e de fontes lipídicas na dieta sobre o status antioxidante de matrizes e reprodutores de jundiá**. 2020. 83F. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Candido Rondon, 2020.
- GAO, J.; KOSHIO S.; WANG, W. et al. [2014]. Effects of dietary phospholipid levels on growth performance, fatty acid composition and antioxidant responses of dojo loach *Misgurnus anguillicaudatus* larvae. **Aquaculture**, v.426-427, p.304-309, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.02.022>> Acesso em: 25/9/2021.
- GONG, Q.; YANG, D.; JIANG, M. et al. [2016]. L-aspartic acid promotes fish survival against vibrio alginolyticus infection through nitric oxide-induced phagocytosis. **Fish Shellfish Immunology**, v.97, p.359-366, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.12.061>> Acesso em: 07/6/2021.
- JAIN, J. L.; JAIN, S.; JAIN, N. [2005]. Water-soluble vitamins. **Fundamentals of biochemistry**, v.6. p.988-1024, 2005. Disponível em: <<https://www.ilfattoalimentare.it/wp-content/uploads/2016/03/Nutrition-for-the-Primary-Care-Provider-nestle.pdf#page=42>> Acesso em: 14/12/2021.
- JUNQUEIRA, O.M.; ANDREOTTI, M.D.O; ARAÚJO, L.F. et al. [2005]. Valor energético de algumas fontes lipídicas determinado com frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.2335-2339, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000700020>> Acesso em: 26/8/2021.
- HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J.M.C. [2015]. **Free Radicals in Biology and Medicine**. 5.ed. New York: Oxford University Press, 2015. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=3DIKCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=HALLIWELL,+B.+AND+GUTTERIDGE,+J.M.C.+Free+Radicals+in+Biology+and+Medicine.+5+ed.+Oxford+University+Press,+New+York,+2015.&ots=bpkFcYAvrU&sig=-o2fUz-DhxlAce-CyUkT6U7xDRI#v=onepage&q&f=false>> Acesso em: 08/6/2021.
- HOLLENBECK, C.B. [2012]. An introduction to the nutrition and metabolism of choline. **Central Nervous System Agents in Medicinal Chemistry**, v.2, p.100-113, 2012. Disponível em:

- <<https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/000086/000086af.pdfhttps://doi.org/10.1590/S1516-5982010001300009>> Acesso em: 25/8/2021.
- KHALAFALLA, M.M.; IBRAHIM, S.A.; ZAYED, M.M. et al. [2020]. Effect of a dietary mixture of beneficial bacteria on growth performance, health condition, chemical composition, and water quality of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* fingerlings. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v.29, n.8, p.823-835, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/10498850.2020.1764685>> Acesso em: 20/10/2021.
- KIRON, V. [2012]. Fish immune system and its nutritional modulation for preventive health care. **Animal Feed Science and Technology**, v.173, p.111-133, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.015>> Acesso em: 08/6/2021.
- KUMAR, A. [2009]. Eficácia comparativa da biocolina à base de plantas e cloreto de colina sintético (60%) em frangos de corte comerciais. **Poultry technology**, v.3, p.38-40, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/are.12319>> Acesso em: 20/10/2021.
- KHOSRAVI, S.; JANG, J.W.; RAHIMNEJAD, S. et al. [2015]. Essencialidade da colina e sua exigência em dietas para juvenis de papagaios (*Oplegnathus fasciatus*). **Asian-Australian Journal of Animal Sciences**, v.28, p.647, 2015. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.5713%2Fajas.14.0532>> Acesso em: 26/8/2021.
- KENARI, A.A.; SOTOUDEH, E.; REZAEI, M.H. [2011]. Dietary soybean phosphatidylcholine affects growth performance and lipolytic enzyme activity in Caspian brown trout (*Salmo trutta Caspius*) alevin. **Aquaculture Research**, v.42, p.655-663, 2011. Disponível em: <2011<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02587.x>> Acesso em: 18/9/2021.
- LEESOMN, S.; SUMMERS, J. [2001]. **Commercial Poultry Nutrition**. 4.ed. Guelph: University Books, 2001. Disponível em: <<https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/000086/000086af.pdf>> Acesso em: 10/9/2021.
- LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Principles of biochemistry**. 3.ed. Duffield: Worth Publishers, 2000.
- LI, C.; ZHANG, G.; ZHAO, L. et al. [2016]. Metabolic reprogramming in cancer cells: glycolysis, glutaminolysis, and Bcl-2 proteins as novel therapeutic targets for cancer. **World journal of surgical oncology**, v.14, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s12957-016-0769-9>> Acesso em: 20/10/2021.
- LI, E.; LIM, C.; KLESIOUS, P.H. [2013]. Growth, body fatty acid composition, immune response, and resistance to streptococcus iniae of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*, fed diets containing various levels of linoleic and linolenic acids. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.44, p.42-55, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/jwas.12014>> Acesso em: 08/7/2021.
- LI, M.; XU, C.; MA, Y. et al. [2020]. Effects of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids levels on growth, lipid metabolism and innate immunity in juvenile golden pompano (*Trachinotus ovatus*). **Fish & Shellfish Immunology**, v.105, p.177-185, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.06.060>> Acesso em: 06/6/2021.

- LI, X.Y.; WANG, J.T.; HAN, T.S. et al. [2016]. Effects of phospholipid addition to diets with different inclusion levels of fish oil on growth and fatty acid body composition of juvenile swimming crab *Portunus trituberculatus*. **Aquaculture Research**, v.47, p.1112-1124, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/are.12567>> Acesso em: 25/9/2021.
- LIMA, F.D. [2018]. **Aditivos para nutrição animal: tecnologias para ganhos de eficiência**. BTA add innovation, 2018. Disponível em: <<https://www.btaaditivos.com.br/br/blog/aditivos-para-nutricao-animal-tecnologias-para-ganhos-de-eficiencia/93/>> Acesso em: 13/6/2021.
- LIMA, S.A. **Nucleotídeos purificados na dieta de fêmeas de tilápia do Nilo em reprodução**. 2018. 60f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2018.
- LIN, Z.; XIANYONG, B.; WANG, N. et al. [2021]. Dietary phospholipid alleviates the adverse effects of high-lipid diet in Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). **Aquaculture**, v.531, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735899>> Acesso em: 20/10/2021.
- LIN, Z.; HAN, F.; LU, J. et al. [2020]. Influence of dietary phospholipid on growth performance, body composition, antioxidant capacity and lipid metabolism of Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*. **Aquaculture**, v.516, p.734653, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734653>> Acesso em: 20/10/2021.
- LISBOA, M.M.; FARIAS FILHO, R.V.; PEREIRA, M.M.S. et al. [2014]. Uso de Colina na Avicultura. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.11, n.6, p.3755-3759, 2014. Disponível em: <[https://www.nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/ARTIGO278.pdf](https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/ARTIGO278.pdf)> Acesso em: 25/8/2021.
- LUO, Z.; WEI, C.C.; YE, H.M. et al. [2016]. Effect of dietary choline levels on growth performance, lipid deposition and metabolism in juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. **Biochemistry and Molecular Biology**, v.202, p.1-7, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2016.07.005>> Acesso em: 25/8/2021.
- LUSHCHAK, V.I. [2011]. Environmentally induced oxidative stress in aquatic animals. **Aquatic Toxicology**, v.101, p.13-30, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2010.10.006>> Acesso em: 19/6/2021.
- MANSBACH, C.M.; SIDDIQI, S.A. [2010]. A biogênese dos quilomícrons. **Annual Review of Physiology**, v.72, p.315-333, 2010. Disponível em: <[doi:10.1146/annurev-physiol-021909-135801](https://doi.org/10.1146/annurev-physiol-021909-135801)> Acesso em: 26/9/2021.
- MAPA (Brasil). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 28/05/2009. **Instrução Normativa 15/2009**, Brasil, p.1-8, 26/5/2009.
- MARON, L.B.; COVAS, C.P.; SILVEIRA, N.P. et al. [2007]. LUVs Recovered with Chitosan: A New Preparation for Vaccine Delivery. **Liposome Research**, v.17, p.155, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/01460860701525444>> Acesso em: 25/9/2021.

- MERTINS, O.; SEBEN, M.; SCHNEIDER, P.H. et al. [2008]. Caracterização da pureza de fosfatidilcolina da soja através de RMN de  $^1\text{H}$  e de  $^{31}\text{P}$ . **Química Nova**, v.31, n.7, p.1856-1859, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000700043>> Acesso em: 19/9/2021.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M. et al. [2000]. Utilização de levedura spray na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo. **Acta scinentiarum**, v.22, p.479-484, 2000. Disponível em: <<https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v22i0.2995>> Acesso em: 24/10/2021.
- NASCIMENTO, R.C. **Avaliação de fonte herbal de colina como alternativa ao cloreto de colina na dieta para cães**. 2020. 46f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <<https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/67522/R%20-%20D%20-%20ROSANDRA%20COLPANI%20DO%20NASCIMENTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 21/10/2021.
- NICOLSON, G.L. [2014]. The fluid-mosaic model of membrane structure: still relevant to understanding the structure, function and dynamics of biological membranes after more than 40 years. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1838, p.1451-1466, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.bbamem.2013.10.019>> Acesso em: 20/8/2021.
- OLIVEIRA, M.C.; SCHOFFEN, J.P.F. [2010]. Oxidative stress action in cellular aging. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.53, n.6, p.1333-1342, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-89132010000600009>>. Acesso em: 11/6/2021.
- OWTARI, M. **Manutenção sanitária da tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus* L.) para promover o aumento da resistência contra *Streptococcus agalactiae***. 2018. 114f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) Universidade Federal de Santa Catarina, 2018. Disponível em: <[ps://www.researchgate.net/publication/344482453\\_Manutencao\\_sanitaria\\_da\\_tilapia-do-nylo\\_Oreochromis\\_niloticus\\_L\\_para\\_promover\\_o\\_aumento\\_da\\_resistencia\\_contra\\_Streptococcus\\_agalactiae](https://www.researchgate.net/publication/344482453_Manutencao_sanitaria_da_tilapia-do-nylo_Oreochromis_niloticus_L_para_promover_o_aumento_da_resistencia_contra_Streptococcus_agalactiae)>. Acesso em: 23/9/2021.
- PEIXE BR - Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário 2021**. Disponível em: <<https://www.peixebr.com.br/anuario-2021/>> Acesso em: 10/6/2021.
- POHLENZ, C.; GATLIN, D.M. [2014]. Interrelationships between fish nutrition and health. **Aquaculture**, v.431, p.111-117, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.02.008>> Acesso em: 18/8/2021.
- POLI, G.; LEONARDUZZI, G.; BIASI, F. et al. [2004]. Oxidative stress and cell signalling, **Current Medicinal Chemistry**, v.11, p.1163-1182, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.2174/0929867043365323>> Acesso em: 06/6/2021.
- PUERTO, M.; PICHARDO, S.; JOS, A. et al. [2010]. Differential oxidative stress responses to pure microcystin-LR and microcystin containing and non-containing cyanobacterial crude extracts on Caco-2 cells. **Toxicon**, v.55, p.514-522, 2010. Disponível em: <[doi:10.1016/j.toxicon.2009.10.003](https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2009.10.003)> Acesso em: 06/6/2021.
- QIN, D.G.; DONG, X.H.; TAN, B.P. et al. [2017]. Effects of dietary choline on growth performance, lipid deposition and hepatic lipid transport of grouper (*Epinephelus coioides*).

- Aquaculture Nutrition**, v.23, p.453-459, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/anu.12413>> Acesso em: 25/8/2021.
- REIS, R.S.; BARRETO, S.L.T.; PAULA, E. et al. [2018]. Níveis de suplementação de colina na dieta de codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.2, n.1, p.118-123, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.21206/rbas.v2i1.66>> Acesso em: 30/7/2021.
- REZENDE, D.M.L.C.; MUNIZ, J.A.; FERREIRA, D.F. et al. [2007]. Ajustes de modelo de platô de respostas para exigências de zinco em frango de corte. **Ciência e agroecologia**, v. 31, p. 468–579, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000200030>> Acesso em: 23/6/2019.
- RIBEIRO, S.M.R.; QUEIROZ, J.H.; PELÚZO, M.C.G. et al. [2005]. A formação e os efeitos das espécies reativas de oxigênio no meio biológico. **Bioscience Journal**, v.21, 2005. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6617>> Acesso em: 06/06/2021.
- ROCHA, C.M.C.; RESENDE, E.K.; ROUTLEDGE, E.A.B. et al. [2013]. Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.8, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pab/a/fBzHsxNCwB5RmQGT-qZfk7jb/?lang=pt&format=pdf>> Acesso em: 16/8/2021.
- ROSSETO, J. F.; SIGMOR, A. [2021]. Inovações tecnológicas empregadas em coprodutos gerados pelo processamento do pescado. **PUBVET**, v.15, n.4, p.1-11, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.31533/pubvet.v15n04a796.1-11>> Acesso em: 16/8/2021.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 283p., 2007.
- SAMANTA, P.; PAL, S.; MUKHERJEE, A.K. et al. [2014]. Biochemical effects of glyphosate based herbicide, Excel Mera 71 on enzyme activities of acetylcholinesterase (AChE), lipid peroxidation (LPO), catalase (CAT), glutathione-S-transferase (GST) and protein content on teleostean fishes. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.107, p.120-125. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.05.025>> Acesso em: 18/6/2021.
- SANTIAGO, O. G. **Suplementação de diferentes níveis de colina e aminoácidos sulfurados digestíveis sobre o desempenho de frangos de corte**. 2018. 86f. dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/182993>> Acesso em: 25/8/2021.
- SCHIEBER, M.; CHANDEL, N.S. ROS function in redox signaling and oxidative stress. **Current biology**, v.24, n.10, p.453-62, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.03.034>> Acesso em: 18/6/2021.
- SILVA, L.; GALÍCIO, G.S. [2012]. Alimentação de peixes em piscicultura intensiva. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15, p.49-62, 2012. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/Alimentacao.pdf>> Acesso em: 18/7/2021.

- SOUSA, A.A.; LOPES, D.L.A.; EMERENCIANO, M.G.C. et al. [2020]. Phosphatidylcholine in diets of juvenile Nile tilapia in a biofloc technology system: Effects on performance, energy metabolism and the antioxidant system. **Aquaculture**, v.515, p.1-7, 2020. Disponível em: <<https://doi-org.ez89.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.aquaculture.2019.734574>> Acesso em: 18/9/2021.
- SOUZA, C.F.; SALBEGO, J.; GRESSLER, L.T. et al. [2015]. Rhamdia quelen (Quoy e Gaimard, 1824), submitted to a stressful condition: effect of dietary addition of the essential oil of Lippia alba on metabolism, osmoregulation and endocrinology. **Neotropical Ichthyology**, v.13, p.707-714, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1982-0224-20140153>> Acesso em: 18/9/2021.
- SPINELLI, I.C. **Genotoxicidade e alterações na capacidade antioxidante em tilápia do nilo (*oreochromis niloticus*) exposta ao herbicida hexazinona**. 2018. 41f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) - Universidade Federal de Alagoas, 2018. Disponível em: <<http://200.17.114.109/bitstream/riufal/5915/1/Genotoxicidade%20e%20altera%20a7%20c3%20b5es%20na%20capacidade%20antiox%20dante%20em%20til%20c3%20alpias%20do%20Nilo%20%28Oreochromis%20niloticus%29%20exposta%20ao%20herbicida%20hexazinona.pdf>> Acesso em: 18/6/2021.
- TACHIBANA, L.; PINTO, L.G.Q.; GONÇALVES, G.S. et al. [2010]. Xilanase e  $\beta$ glucanase na digestibilidade aparente de nutrientes do triticale pela Tilápia-do-nilo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.2, p.445-452, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-09352010000200026>> Acesso em: 13/6/2021.
- TAVARES-DIAS, D. **Manejo e sanidade de peixes em cultivo**. Macapá: Embrapa Amapá, 2009.
- THIAM, A.R.; FARESE, R.V.; WALTHER, T.C. [2013]. A biofísica e a biologia celular das gotículas de lipídios. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v.14, p.775-786, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nrm3699>> Acesso em: 13/6/2021.
- TOCHER, D. R. [2003]. Metabolism and Functions of Lipids and Fatty Acids in Teleost Fish. **Rewius fishires Science**, v.11, p.107-184, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/713610925>> Acesso em: 18/9/2021.
- TOCHER, D.R.; BENDIKSENB, E.A.; CAMPBELL, P.J. [2008]. O papel dos fosfolipídios na nutrição e metabolismo de peixes teleósteos. **Aquicultura**, v.280, p.21-34, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.04.034>> Acesso em: 25/9/2021.
- TURCHINI, G.M.; TRUSHENSKI, J.T.; GLENCROSS, B.D. [2018]. Thoughts for the future of aquaculture nutrition: realigning perspectives to reflect contemporary issues related to judicious use of marine resources in aquafeeds. **North American Journal of Aquaculture**, v.81, p.13-39, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/naaq.10067>>. Acesso em: 04/9/2021.
- VANCE, J.E. [2014]. Mitochondria-associated membranes in mammalian cells: Lipids and beyond. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular and Cell Biology of Lipids**, v.1841, n.4, p.595-609, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.bba-lip.2013.11.014>> Acesso em: 18/9/2021.



- VASCONCELOS, S.M.L.; GOULART, M.O.F.; MOURA, J.B.F. et al. [2007]. Espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio, antioxidantes e marcadores de dano oxidativo em sangue humano: principais métodos analíticos para sua determinação. **Química Nova**, v.30, n.5, p.1323-1338, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000500046>> Acesso em: 18/6/2021.
- VIEIRA, S.L. [2001]. Chelated minerals for poultry. **Brazilian journal of Poultry Science**, v.10, n.2, p.73-79, 2001. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-635X2008000200001>> Acesso em: 10/9/2021.
- VIEIRA, C.E.D.; COSTA, P.G.; LUNARDELLI, B. et al. [2016]. Multiple biomarker responses in *Prochilodus lineatus* subjected to short-term in situ exposure to streams from agricultural areas in Southern Brazil. **Science of the Total Environment**, v.542, p.44-56, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.071>> Acesso em: 08/8/2021.
- WAGNER, A.F.; FOLKERS, K. Quasi-vitamins. In: **The Vitamins: Fundamental Aspects in Nutrition and Health**. 3.ed. Cornell University, Division of Nutritional Sciences, 2008, p. 399-433.
- WANG, J.T.; HAN, T.; LI, X.Y. et al. [2016]. Effects of dietary phosphatidylcholine (PC) levels on the growth, molt performance and fatty acid composition of juvenile swimming crab, *Portunus trituberculatus*. **Animal Feed Science and Technology**, v.216, p.225-233, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.03.023>> Acesso em: 25/9/2021.
- WENDELAAR BONGA, S.E. Hormonal responses to stress: Hormone response to stress. In: FARRELL, A.P.; CECH, J.J.; RICHARDS, J.G. et al. (Eds.). **Encyclopedia of fish physiology: from genome to environment**. Vancouver: Elsevier, 2011.
- ZHANG, Y.C.; LI, F.C.[2010]. Efeito da metionina na dieta sobre o desempenho do crescimento e a expressão de mRNA do fator de crescimento semelhante à insulina-I de coelhos de corte em crescimento. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.94, p.803-809, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2009.00975>> Acesso em: 18/9/2021.
- ZHANG, W. N.; HE, H. B.; FENG, Y. Q. et al. [2004]. **Journal of Chromatography A**, v.145, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.02.079>> Acesso em: 07/9/2021.
- ZHAO, J.; AI, Q.; MAI, K. et al. [2015]. Effects of dietary phospholipids on survival, growth, digestive enzymes and stress resistance of large yellow croaker, *Larimichthys crocea* larvae. **Aquaculture**, v.410-411, p. 122-128, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.05.018>> Acesso em: 27/9/2021.
- ZHAO, J.; AI, Q.; MAI, K. et al. [2013]. Effects of dietary phospholipids on survival, growth, digestive enzymes and stress resistance of large yellow croaker, *Larimichthys crocea* larvae.

**Aquaculture**, v.410-411, p.122-128, 2013 Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.05.018>> Acesso em: 30/9/2021.

ZEECE, M. [2020]. **Food additives**. An Introduction to the Chemistry of Food. Lincoln: Elsevier, p.251-311, 2020. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=82TNDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Zeece+M+\(2020\).+Food+additives.+In+Introduction+to+the+Chemistry+of+Food.+Elsevier.+251%E2%80%93311.&ots=N3uY43dPPs&sig=80YzRYURHpqckBUkIU-VNG9Kzu14#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=82TNDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Zeece+M+(2020).+Food+additives.+In+Introduction+to+the+Chemistry+of+Food.+Elsevier.+251%E2%80%93311.&ots=N3uY43dPPs&sig=80YzRYURHpqckBUkIU-VNG9Kzu14#v=onepage&q&f=false)> Acesso em: 25/6/2021.

ZEHMER, J.K.; HUANG, Y.; PENG, G. et al. [2009]. A role for lipid droplets in inter-membrane lipid traffic **Proteomics**, v.9, p.914-921, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/pmic.200800584>> Acesso em: 11/5/2021.

ZUO, R.; AI, Q.; MAI, K. et al. [2012]. Effects of dietary docosahexaenoic to eicosapentaenoic acid ratio (DHA/EPA) on growth, nonspecific immunity, expression of some immune related genes and disease resistance of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) following natural infestation of parasites (*Cryptocaryon irritans*). **Aquaculture**, v.334, p.101-109, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.12.045>> Acesso em: 08/9/2021.

XU, H.; WANG, J.; WANG, T. et al. [2019]. Effects of dietary phospholipids levels on growth performance, lipid metabolism, and antioxidant capacity of the early juvenile green mud crab, *Scylla paramamosain* (Estampador). **Aquaculture Research**, v.50, p.513-520, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/are.13922>> Acesso em: 25/09/2021.

## SAÚDE, CRESCIMENTO E RENDIMENTO DE FILÉ DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*), ALIMENTADA COM RAÇÕES CONTENDO FONTE VEGETAL DE FOSFATIDILCOLINA

**Resumo** - A intensificação dos sistemas de produção requer uma nutrição adequada para otimizar o desempenho produtivo e a saúde dos peixes; sendo assim, a fonte vegetal de fosfatidilcolina tem sido utilizada na alimentação dos peixes, demonstrando efeitos positivos. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a inclusão de doses crescentes de fonte vegetal de fosfatidilcolina (0, 200, 400, 600 mg e 800 mg/ kg de ração) e cloreto de colina 84,87 mg/kg, em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em um sistema de tanque rede (4 m<sup>3</sup>) com aeração constante. Foram utilizados 8.400 juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), revertidos sexualmente ( $\cong$  18 g) durante um período de 117 dias, que compreende as fases de crescimento e engorda. Os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, composto por 6 tratamentos e 4 repetições, os tanques redes foram considerados como unidades experimentais e cada unidade experimental possuía 350 peixes. Após este período, foram avaliados os índices de desempenho zootécnico, parâmetros bioquímicos de plasma, indicadores de estresse oxidativo, composição centesimal de músculo, fígado, e vísceras, e o tecido hepático. A dieta com fonte vegetal de fosfatidilcolina interferiu nos parâmetros de desempenho zootécnico – peso final, ganho de peso diário, ganho de biomassa e conversão alimentar aparente ( $P < 0,05$ ), para os índices de peso final, ganho de peso diário e ganho de biomassa o melhor desempenho foi com a dose de 600 mg/kg, quando comparado com a inclusão de 400mg/kg de fonte vegetal de fosfatidilcolina, e a conversão alimentar aparente foi melhor ( $P < 0,05$ ) no tratamento com 800 mg/kg, quando comparado com a inclusão de 600 mg/kg. Quanto aos parâmetros bioquímicos de plasma, a dieta interferiu nos níveis de triglicérides, que foram significativamente ( $P < 0,05$ ) menores na dieta contendo 600 mg/kg, quando comparado aos níveis de 400mg/kg e de 800 mg/kg de fonte vegetal de fosfatidilcolina. O status antioxidante não sofreu influência da dieta ( $P > 0,05$ ) oferecida. A composição centesimal de diferentes tecidos sofreu alterações ( $P < 0,05$ ), especialmente nos teores de extrato etéreo do fígado e vísceras e nos teores de proteína bruta no músculo e fígado, sendo que as tilápias alimentadas com 800 mg/kg apresentaram maior deposição de extrato etéreo hepático, e o nível de 600mg/kg, apresentou uma redução de extrato etéreo nas vísceras. Para a avaliação do tecido hepático, a inclusão de fonte vegetal de fosfatidilcolina na dieta não apresentou alterações ( $P > 0,05$ ). Considerando os fatores nutricionais envolvidos nesta tese, pode-se concluir que a utilização de 600 mg/kg de fonte vegetal de fosfatidilcolina na dieta de tilápia do Nilo

*(Oreochromis niloticus)* contribui diretamente para uma melhora nos índices de desempenho zootécnico e parâmetros bioquímicos de plasma, mais especificamente ligados a uma redução nos teores de triglicérides plasmáticos. As doses de fonte vegetal de fosfatidilcolina adicionadas à dieta não causaram efeitos negativos no estatus antioxidantes, nem ao fígado das tilápias, porém mais pesquisas relacionadas a estes parâmetros precisam ser realizadas.

**Palavras-chave:** cloreto de colina, desempenho, fosfatidilcolina.

## **HEALTH, GROWTH, AND YIELD OF FILET OF NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*), FED WITH FEED CONTAINING VEGETABLE-SOURCED PHOSPHATIDYLCHOLINE**

**Abstract** - The intensification of aquaculture production systems requires adequate nutrition to optimize productive performance and fish health, so phosphatidylcholine of plant origin has been used in fish feeding, demonstrating positive effects. In this context, the objective of this study was to evaluate the inclusion of increasing doses of phosphatidylcholine of vegetable origin (0, 200, 400, 600 mg and 800 mg/kg of feed) and 84.87 mg/kg of choline chloride in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), in a net tank system (4 m<sup>3</sup>) with constant aeration. A total of 8,400 juveniles of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), sexually reverted ( $\cong$  18 g) were used during a period of 117 days, which includes the growth and fattening phases. The animals were distributed in a completely randomized design, consisting of 6 treatments and 4 replications, the net tanks were considered as experimental units and each experimental unit had 350 fish. After this period, zootechnical performance indices, plasma biochemical parameters, oxidative stress indicators, proximate composition of muscle, liver, and viscera, and hepatic tissue were evaluated. The diet with phosphatidylcholine interfered in the parameters of zootechnical performance – final weight, daily weight gain, biomass gain, and apparent feed conversion ( $P < 0.05$ ), for the indexes of final weight, daily weight gain and biomass gain, the best performance was at the dose of 600 mg/kg, when compared to the inclusion of 400 mg/kg of phosphatidylcholine of vegetable origin, and the apparent feed conversion was better ( $P < 0.05$ ) in the treatment with 800 mg/kg, when compared with the inclusion of 600 mg/kg. As for the plasma biochemical parameters, the diet interfered in the triglyceride levels, which were significantly ( $P < 0.05$ ) lower in the diet containing 600 mg/kg, when compared to the levels of 400 mg/kg and 800 mg/kg of phosphatidylcholine of vegetable origin. The antioxidant status was not influenced by the diet ( $P > 0.05$ ) offered. The proximate composition of different tissues was affected ( $P < 0.05$ ), especially in liver and viscera ether extract levels and in crude protein in muscle and liver, and the tilapia fed with 800 mg/kg showed greater deposition of hepatic ether extract, and the level of 600 mg/kg showed a reduction of ether extract in the viscera. For the evaluation of hepatic tissue, the inclusion of phosphatidylcholine of vegetable origin in the diet showed no changes ( $P > 0.05$ ). Considering the nutritional factors involved in this thesis, it can be concluded that the use of 600 mg/kg of phosphatidylcholine in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) directly contributes to an improvement in zootechnical performance indices and plasma biochemical parameters, more specifically linked to a reduction in plasma

triglyceride levels. The doses of phosphatidylcholine added to the diet did not cause negative effects on the antioxidant status, nor on the liver of the tilapia, but further research related to these parameters needs to be carried out.

**Keywords:** choline chloride, phosphatidylcholine, performance.

### 3 Introdução

A piscicultura está entre as atividades agrícolas que mais têm potencial para a produção de alimentos, e nos últimos anos vem destacando-se das demais atividades (FAO, 2018; ROSSETO; SIGNOR, 2021); sendo assim, a intensificação dos sistemas de produção é uma estratégia para garantir que a produtividade atenda às demandas do mercado (BARROSO et al., 2017). Com isso, estudos sobre as necessidades alimentares e dietas de alto desempenho têm aumentado (CYRINO et al., 2010; TURCHINI et al., 2018), sendo a melhoria da saúde e desempenho dos peixes crucial para que haja o sucesso da produção (SOUZA et al., 2019).

Os aditivos zootécnicos são amplamente utilizados como promotores de crescimento, pois influem positivamente na melhoria de desempenho, equilíbrio da microbiota intestinal e saúde, permitindo a diminuição de custos dos alimentos sem alterar a qualidade do alimento (SILVA; GALÍCIO, 2012; FILHO, 2019; TACHIBANA et al., 2010, CARBONE; FAGGIO, 2016), e a fosfatidilcolina é um aditivo (VIEIRA et al., 2001), e pode cumprir estes objetivos.

A fosfatidilcolina é um fosfolípido fisiologicamente importante, sendo componente essencial para a estrutura de membranas celulares e biossíntese de lipoproteínas, bem como precursor/ativador de moléculas reguladoras do metabolismo (TOCHER et al., 2008), melhorando desempenho e saúde dos peixes (VIEIRA et al., 2001; BALDISSERA et al., 2017; BALDISSERA et al., 2019).

A colina é comumente encontrada em rações para animais na forma de cloreto de colina, a fosfatidilcolina é uma fonte relativamente nova em rações aquáticas (KUMAR, 2009), e alguns autores vêm investigando a fosfatidilcolina para verificar seus benefícios na produção de peixes. Sousa et al. (2020), em um estudo, verificou que a suplementação dietética com colina (ambos, cloreto de colina e fosfatidilcolina) pode melhorar o desempenho produtivo de tilápias cultivadas em águas claras.

Alguns autores que testaram a fosfatidilcolina verificaram uma melhora significativa no desempenho dos peixes. Baldissera et al. (2019), quando estudaram estes mesmos níveis de inclusão observaram que a inclusão dietética de 800 mg/kg em juvenis de tilápia do Nilo por 61 dias em água limpa melhorou o desempenho de crescimento. Luo et al. (2016) relataram que a suplementação com 1.156,4 mg/kg de fosfatidilcolina aumentou o ganho de peso, a taxa de crescimento específico e o consumo de ração do bagre amarelo (*Pelteobagrus fulvidraco*) após 60 dias de estudo. Qin et al. (2017) verificaram que a suplementação dietética de fosfatidilcolina durante 70 dias foi capaz de aumentar o ganho de peso e a taxa de crescimento específico da garoupa (*Epinephelus coioides*). Sousa et al. (2020) trabalharam com inclusão de níveis

crescentes de fosfatidilcolina em dietas contaminadas com aflatoxinas, observaram que a fosfatidilcolina pode ter prevenido a perda de peso dos animais, e aliaram este resultado ao fato do produto ter um possível efeito hepatoprotetor.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a saúde, o crescimento e o desempenho produtivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com dietas contendo cloreto de colina e níveis crescentes de fontes vegetal de fosfatidilcolina, seus efeitos sobre os parâmetros hematológicos e bioquímicos, além dos indicadores de estresse oxidativo.

### 3.1 Materiais e Métodos

#### 3.1.2 Animais, instalação e delineamento experimental

O experimento foi realizado no Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental (IN-PAA) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Campus de Toledo, totalizando um período de 117 dias. Os procedimentos experimentais atenderam às exigências do Comitê de Ética no uso de Animais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (CEUAP/UNIOESTE; Protocolo nº 082020).

Foram utilizados 8.400 juvenis ( $18 \text{ g} \pm 1,41 \text{ g}$ ) de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), revertidos sexualmente, da linhagem GIFT, os quais foram alojados em 24 tanques rede de  $4 \text{ m}^3$ , construídos com malha metálica 18 mm. Os peixes foram alojados em uma densidade de  $87,5 \text{ tilápias/m}^3$ . Os tanques rede foram instalados em um viveiro escavado de  $1.600 \text{ m}^2$ , com renovação constante de água (25% volume total ao dia) e aeração mecânica 24 h promovida por aerador de pá de 3cv.

Os animais foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por rações isoproteicas e isocalóricas contendo cinco níveis de inclusão de fonte vegetal de fosfatidilcolina (0, 200, 400, 600, 800 mg fosfatidilcolina/kg) e um tratamento contendo 84,87 mg/kg de uma fonte inorgânica de cloreto de colina. Foi considerado como uma unidade experimental um tanque rede de  $4 \text{ m}^3$  contendo 350 tilápias.



### 3.1.3 Formulação e fabricação das rações; manejo alimentar e biometrias

Entre o início do experimento e até as tilápias atingirem um peso corporal aproximado de 120 g, as rações foram formuladas e fabricadas de modo a conter 28% de proteína digestível (PD) e 3.100 kcal de energia digestível (ED)/kg de ração (Tabela 1). Em seguida e até o final do experimento, as tilápias foram alimentadas com rações formuladas e fabricadas para conter 28 PD e 3.000 kcal de energia digestível (ED)/kg (Tabela 2). As rações foram formuladas com base no conhecimento prévio da composição nutricional dos ingredientes, e os valores de proteína digestível e energia digestível foram calculados de acordo com Boscolo et al. (2002).

Para o preparo da ração, os ingredientes foram triturados em moinho de martelo, passados por peneira de 0,5 mm (MEURER et al., 2005; BOMBARDELLI et al., 2017), misturados e processados em extrusora (Ferraz E- 62<sup>®</sup>) até formar peletes de 3 mm e 5 mm, para a primeira e a segunda fases de crescimento, respectivamente.

Durante a primeira fase de criação (entre 18 e 120 g), a alimentação das tilápias foi realizada seis (6) vezes ao dia (9:00; 10:30; 12:00; 13:30; 15:00 e 16:30), e quatro (4) vezes ao dia (10:00; 12:00; 14:00 e 16:00) na segunda fase de criação (120 a 600 g). Em ambas as fases de crescimento os peixes foram alimentados em regime ad libitum, e a cada 15 dias os peixes foram pesados para avaliação do crescimento.

Tabela 1. Composição percentual dos alimentos e conteúdo de nutrientes das rações experimentais contendo diferentes níveis de inclusão de fonte vegetal de fosfatidilcolina, utilizadas na alimentação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), criadas em tanques rede. Rações utilizadas na alimentação de tilápias entre 18 e 120 g

Ingredientes (g/kg)	Cloreto de colina mg/kg e fonte vegetal de Fosfatidilcolina					
	Cloreto de Colina	0	200	400	600	800
Farelo soja <sup>1</sup>	55,1152	55,1152	55,1152	55,1152	55,1152	55,1152
Milho <sup>1</sup>	28,3673	28,3673	28,3673	28,3673	28,3673	28,3673
Farinha de Vísceras	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000	13,0000
Fosfato bicálcico	1,6608	1,6608	1,6608	1,6608	1,6608	1,6608
Premix-app <sup>3</sup>	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
Sal comum	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000
Inerte <sup>2</sup>	0,0800	0,0800	0,0800	0,0800	0,0800	0,0800
B HT <sup>4</sup>	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500
Óleo de soja	0,9266	0,9266	0,9266	0,9266	0,9266	0,9266
Fosfatidilcolina/Cloreto de colina <sup>5</sup>	84,87	0	200	400	600	800



Fibra bruta%	3,2252	3,2252	3,2252	3,2252	3,2252	3,2252
Fosforo total%	1,0717	1,0717	1,0717	1,0717	1,0717	1,0717
Gordura%	4,0961	4,0961	4,0961	4,0961	4,0961	4,0961
Lisina total%	1,7607	1,7607	1,7607	1,7607	1,7607	1,7607
Met.+cistina total%	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Proteína digestível %	28,0134	28,0134	28,0134	28,0134	28,0134	28,0134
Proteína bruta%	32,1241	32,1241	32,1241	32,1241	32,1241	32,1241

<sup>1</sup>Valores de digestibilidade dos nutrientes determinados por Boscolo et al. (2002). <sup>2</sup>Bentonita. <sup>3</sup>Premix-app, composição básica: ácido fólico: 200 mg, ácido pantotênico: 4.000 mg; Biotina: 40 mg; Cobre: 2.000 mg; Ferro: 12.500 mg; Iodo: 200 mg; Manganês: 7.500 mg; Niacina: 5.000 mg; Selênio: 70 mg; Vitamina A: 1.000.000 UI; Vitamina B1: 32 1.900 mg; Vitamina B12: 3.500 mg; Vitamina B2: 2.000 mg; Vitamina B6: 2.400 mg; Vitamina C: 50.000 mg; Vitamina D3: 500.000 UI; Vitamina E: 20.000 UI; Vitamina K3: 500 mg; Zinco:25.000 mg. <sup>4</sup>BHT. <sup>5</sup>Fosfatidilcolina mg/kg.

### 3.1.4 Monitoramento dos parâmetros físicos e químicos da água

As temperaturas mínimas ( $27,41 \pm 1,33$  °C) e máxima ( $29,03 \pm 1,68$  °C) da água foram medidas diariamente usando um termômetro digital Six ( $\pm 1$  °C). As concentrações de oxigênio dissolvido ( $8,303 \pm 0,27$  mg L<sup>-1</sup>; oxímetro YSI® 550A) foram mensuradas semanalmente às 6:00h, enquanto que o pH da água também foi mensurado semanalmente às 6h e às 16h ( $6,97 \pm 0,32$ ; pHmetro digital Tecnal® Tec 5). Os teores de amônia total ( $0,41 \pm 0,04$  mg L<sup>-1</sup>; Fotocolorímetro multiparamétrico AlfaKit AT 100 PB II®), nitrito total ( $0,10 \pm 0,04$  mg L<sup>-1</sup>; Fotocolorímetro Multiparamétrico AlfaKit AT 100 PB II®) e alcalinidade total ( $0,22 \pm 1,30$  mg CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>; Fotocolorímetro Multiparamétrico AlfaKit AT 100 PB II®) foram mensurados quinzenalmente.

### 3.1.5 Crescimento, índices corporais e coleta de sangue e tecidos.

Ao término do período de criação, cinco animais de cada unidade experimental foram aleatoriamente selecionados e anestesiados pela imersão em solução de benzocaína (75 mL/L), adaptado de Ranzani-Paiva et al. (2013), para mensuração do peso e do comprimento corporal. Em seguida, os peixes foram submetidos à coleta de sangue por meio de punção da veia caudal, inserindo o bisel da agulha perpendicularmente à veia caudal, abaixo da linha lateral (TAVARES-DIAS; MORAES, 2004). Foram obtidos pelo menos 4,0 mL de sangue de cada tilápia, cujas amostras foram centrifugadas a 12.000 rpm por 10 minutos e em temperatura de 4 °C. Após a centrifugação foi retirado o plasma e/ou soro, os quais foram imediatamente armazenados em ultra freezer a -80 °C para posterior realização das análises bioquímicas.

Logo após a coleta do sangue, as cinco tilápias foram submetidas a eutanásia pela imersão em solução contendo dose letal de benzocaína (250 mg/L), seguido pela secção da coluna vertebral. Em seguida, os peixes foram filetados e dissecados para obtenção dos filés da musculatura dorsal, além da obtenção do peso das vísceras, do peso do fígado e de amostras de tecido hepático e da musculatura dorsal. Estas amostras foram imediatamente armazenadas em ultra freezer a -80 °C para posterior realização das análises de indicadores do equilíbrio redox e teores de glicogênio no músculo.

Em seguida, todos os peixes de cada tanque rede foram pesados e outras 10 tilápias foram aleatoriamente anestesiadas e eutanasiadas conforme descrito anteriormente. Estes peixes foram filetados e dissecados para obtenção dos filés da musculatura dorsal, além do peso de suas vísceras e fígado. Amostras de músculo, fígado e vísceras foram armazenadas em ultra freezer a -80°C para posterior avaliação da composição centesimal.

Em seguida, foram calculados o peso médio final, o ganho de peso diário, ganho de biomassa, conversão alimentar aparente, sobrevivência, comprimento, rendimento de filé, o índice hepatossomático (TESSARO et al., 2012) e o índice viscerossomático (NG; WANG, 2011).

### 3.1.6 Histologia de fígado

Dos primeiros cinco peixes eutanasiados, foram separados aleatoriamente cinco fígados para avaliação morfológica. Os órgãos foram fixados em solução de Bouin pelo período de 24 horas, e depois transferidos para solução de álcool 70%. Posteriormente, o material foi desidratado pela passagem em séries crescentes de álcool e incluído em parafina histológica.

Dos fígados foram obtidos cortes transversais com 5 µm de espessura, que foram corados com hematoxilina e eosina. As lâminas foram montadas em *Permount*<sup>®</sup>, avaliadas e fotografadas em microscópio óptico (Olympus CX31) acoplado a uma câmera digital (Olympus SC30). Para a avaliação do fígado foi utilizado um escore de vacuolização hepática adaptado de Caballero et al. (2004), onde foram atribuídos valores de 0-3 para a presença de vacúolos. Foi considerado escore = 0 para ausência de vacúolos, escore = 1 para vacuolização reduzida; escore = 2 para vacuolização média e escore = 3 para vacuolização intensa. Também foram mensuradas as áreas máxima, mínima e média de 200 hepatócitos de cada fígado. As avaliações morfométricas do tecido hepático foram realizadas por meio da captura de imagens em campos aleatórios, empregando-se aumento de 400 X. Foi utilizado como local padrão para a captura

das imagens, as áreas adjacentes às veias centro lobulares. As imagens foram analisadas pelo programa *ImagePro-plus*<sup>®</sup> (adaptado de TESSARO et al., 2012).

### 3.1.7 Composição centesimal de tecidos corporais

Finalmente, amostras de tecido muscular, das vísceras e dos fígados foram armazenados a -80°C para posterior análise da composição centesimal, conforme procedimentos recomendados pela (AOAC, 2000). Das amostras de tecido, foram analisados os teores de proteína bruta, extrato etéreo, umidade e cinzas.

### 3.1.8 Parâmetros bioquímicos do sangue

Os níveis de cálcio, glicose, triglicerídeos, proteína total, albumina, aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT), fosfatase alcalina (FAL), albumina (ALB), proteína total (PTT), colesterol total (COL), lipoproteína de alta densidade (HDL) e lipoproteína de baixa densidade (LDL), triglicerídeos (TRG), glicose (GLI), cálcio (CA) e creatinina (CR) foram determinados no plasma sanguíneo. Essas análises foram realizadas usando um analisador bioquímico automatizado, modelo Flexor EL 200, e kits específicos (ELI Tech, Clinical Systems).

### 3.1.9 Parâmetros bioquímicos no fígado

No fígado e no músculo foram determinados os teores de glicogênio (KRISMAN, 1962), enquanto que somente no fígado foram determinados a lipoperoxidação, a atividade de catalase (AEBI, 1984), a atividade da superóxido dismutase (CROUCH et al., 1981) e a atividade da glutathione transferase (HABIG et al., 1976) e a carbonilação de proteínas.

### 3.1.10 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de homogeneidade das variâncias e normalidade dos resíduos. Em seguida, foi aplicada a análise de variância (ANOVA) e o teste de comparação múltipla de médias de Tukey, ambos a um nível de 5% de probabilidade. Todos os procedimentos foram realizados no software Statística 7.1<sup>®</sup>.

Para os dados da atividade enzimática da superóxido dismutase, da glutational transferase e da lisozima, foram realizadas transformações estatísticas para atender aos pressupostos de homogeneidade e normalidade dos resíduos, sendo estes transformados pelo Rank.

## 3.2 Resultados

### 3.2.1 Desempenho

A alimentação das tilápias em fase de crescimento/engorda com rações contendo 600 mg/kg de fonte vegetal de fosfatidilcolina proporcionou maior peso final, maior ganho de peso diário e maior ganho em biomassa (Tabela 3). Estes ganhos produtivos representaram um incremento de 3,9% em peso vivo, 3,8% em ganho de peso diário e 1,55% em produção de biomassa, quando comparados com aqueles alimentados com o cloreto de colina. Ainda, a conversão alimentar aparente foi semelhante entre os grupos alimentados com 600 mg de fonte vegetal de fosfatidilcolina e aqueles alimentados com cloreto de colina. Os demais parâmetros de crescimento, índices corporais e rendimento de filé não foram influenciados pela dieta ( $P > 0,05$ ).

Tabela 3. Desempenho zootécnico de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), suplementadas com diferentes níveis de fonte vegetal de Fosfatidilcolina e Cloreto de Colina (Cl) criados em tanque rede

Variável	Cloreto de colina mg/kg e fonte vegetal de fosfatidilcolina						P
	Cl	0	200	400	600	800	
PF	607,63±5,30 <sup>ab</sup>	609,70±10,83 <sup>ab</sup>	588,37±15,00 <sup>ab</sup>	566,81±19,09 <sup>b</sup>	631,61±9,91 <sup>a</sup>	608,95±13,89 <sup>ab</sup>	0,04*
GPD	4,66±0,06 <sup>ab</sup>	4,65±0,08 <sup>ab</sup>	4,47±0,11 <sup>ab</sup>	4,28±0,16 <sup>b</sup>	4,84±0,07 <sup>a</sup>	4,62±0,12 <sup>ab</sup>	0,03*
GB	188,70±2,25 <sup>ab</sup>	188,86±15,84 <sup>ab</sup>	177,68±4,15 <sup>a</sup>	170,97±5,78 <sup>b</sup>	191,64±2,76 <sup>a</sup>	176,14±6,44 <sup>ab</sup>	0,02*
CAP	0,77±0,01 <sup>a</sup>	0,78±0,04 <sup>a</sup>	0,77±0,01 <sup>a</sup>	0,75±0,01 <sup>ab</sup>	0,79±0,01 <sup>a</sup>	0,71±0,02 <sup>b</sup>	0,01*
SOB	99,07±0,24	99,05±0,84	97,36±1,05	97,79±0,66	97,14±2,04	93,93±3,40	0,68
COMP.	24,86±0,48	24,93±0,36	23,99±0,38	23,59±0,51	23,46±0,22	24,43±0,30	0,06
RF	35,75±0,47	35,3±0,83	36,03±0,36	35,73±0,12	35,89±0,25	35,93±0,47	0,91
IHS	2,4±0,09	2,81±0,15	2,46±0,20	2,59±0,14	2,50±0,07	2,42±0,20	0,43
IVS	9,7±0,25	10,06±0,26	9,7±0,47	9,93±0,13	9,55±0,28	9,69±0,31	0,86

Asterisco\* indica diferença entre grupos; a diferença sendo mostrada por letras diferentes (a e b) na mesma linha ( $P < 0,05$ ); CL - cloreto de colina (mg/kg); (PF - peso final (g); GPD - ganho de peso diário (g); GB - ganho de biomassa (g); CA - conversão alimentar (g); SOB. - sobrevivência (%); COMP - comprimento em (cm); RF - rendimento de filé (%); IH- índice hepatossomático (%); IV - índice visserosomático (%); RF - rendimento de filé.

### 3.2.2 Parâmetros bioquímicos do plasma sanguíneo e do tecido hepático

A alimentação das tilápias com dietas contendo fonte vegetal de fosfatidilcolina levaram à redução dos níveis de triglicerídeos plasmáticos, e os menores ( $P < 0,05$ ) níveis foram verificados no sangue de tilápias alimentadas com as rações contendo 600 e 800 mg/kg (Tabela 4). Ainda, a alimentação das tilápias com as diferentes dietas não alterou ( $P > 0,05$ ) os demais indicadores do equilíbrio redox no tecido hepático.

Tabela 4. Parâmetros bioquímicos de plasma de alevinos de tilápia do de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), suplementada com diferentes níveis de fonte vegetal de fosfatidilcolina e Cloreto de colina (Cl), criados em tanque rede

variável	Cloreto de colina mg/kg e fonte vegetal de fosfatidilcolina						P
	Cl	0	200	400	600	800	
ALT	28,9 8±4 ,55	35,49±4,41	30,31±8,56	35,18±2,89	19,72±3,14	20,32±3,68	0,12874
AST	28,9 4±3 ,16	32,86±6,36	22,57±3,62	26,25±5,61	17,74±2,67	35,09±10,13	0,337034
FAL	11,6 8±1 ,71	23,06±4,71	16,15±3,80	13,08±2,38	16,04±0,47	11,25±1,72	0,095529
ALB	0,66 ±0, 01	0,71±0,07	0,60±0,02	0,75±0,09	0,69±0,03	0,65±0,02	0,5168
PTT	3,80 ±0, 17	4,24±0,41	3,76±0,03	3,99±0,04	3,66±0,02	3,68±0,06	0,099694
COL	125, 71± 5,33	141,40±11,94	118,86±5,75	124,71±4,51	126,33±2,46	124,04±5,80	0,301205
HDL	35,7 6±4 ,63	37,49±6,19	34,17±0,95	37,84±6,55	46,85±5,05	43,29±8,23	0,620315
LDL	51,1 4±4 ,48	61,35±6,59	54,59±2,51	59,04±5,67	54,10±4,68	59,87±4,09	0,646007
TG	191, 90± 20,2 1 <sup>ab</sup>	232,07±51,34 <sup>a</sup>	176,04±11,5 0 <sup>ab</sup>	218,47±34,2 8 <sup>a</sup>	114,80±11,7 5 <sup>a</sup>	123,61±18,2 6 <sup>b</sup>	0,042685 *
GLI	71,9 3±8 ,34	74,82±2,98	69,08±5,17	73,50±4,60	67,66±3,94	60,00±1,73	0,352105
Ca	11,4 2±0 ,27	12,40±0,63	11,30±0,20	11,58±0,32	11,23±0,13	11,48±0,19	0,200534
CR	35,1 2±7 ,42	24,33±1,78	20,96±2,20	35,71±8,51	19,63±3,53	19,32±1,69	

Asterisco\* indica diferença entre grupos; a diferença sendo mostrada por letras diferentes (a e b) na mesma linha ( $P < 0,05$ ). CL - cloreto de colina (mg/kg); ALT - alanina aminotransferase (U/L); AST - aspartato aminotransferase (U/L); FAL - fosfatase alcalina (U/L); ALB - albumina (g/dL); PTT - proteína total (g/dL); COL - colesterol total (g/dL); HDL - colesterol (g/dL); LDL - colesterol (g/dL); TG - triglicerídeos (g/dL); GLI - glicose (g/dL); Ca - cálcio (g/dL); CR - creatinina (g/dL).

### 3.2.3 Indicadores de estresse oxidativo no tecido hepático

O fígado das tilápias alimentadas as dietas contendo doses crescentes de fonte vegetal de fosfatidilcolina e com cloreto de colina não sofreu alterações ( $P>0,05$ ), conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Indicadores bioquímicos do equilíbrio redox em fígado de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), suplementada com diferentes níveis de fonte vegetal de fosfatidilcolina e Cloreto de colina (Cl), criados em tanques rede

Variável	Cloreto de colina mg/kg e fonte vegetal de fosfatidilcolina						P
	Cl	0	200	400	600	800	
CAT	0,17±0,02	0,18±0,01	0,19±0,01	0,17±0,01	0,16±0,02	0,16±0,01	0,70637 7
SOD	3,63±0,50	4,78±0,67	5,10±0,42	4,00±0,38	5,55±0,37	5,70±0,85	0,09701 5
GST	1,05±0,03	0,97±0,07	1,00±0,03	1,04±0,01	1,04±0,02	0,98±0,03	0,40026 6
LPO	2,40E-05±2,24E-06	2,93E-05±2,32E-06	2,79E-05±2,89E-06	2,83E-05±2,35E-06	2,43E-05±1,42E-06	2,68E-05±2,63E-06	0,52517 9
PCO	7,73E-06±1,57E-06	7,86E-06±1,56E-06	3,77E-06±3,77E-06	6,22E-06±7,33E-06	3,22E-06±2,04E-06	7,61E-06±1,07E-06	0,50210 6
GLIC							0,24941
M	11,07±4,51	12,82±2,73	19,44±1,59	13,69±1,89	16,70±2,76	17,88±1,16	9
GLICF	120,49±6,8	131,02±4,6	131,63±5,6	117,22±8,0	109,24±10,6	120,67±8,3	0,32935
	9	6	8	8	7	3	9

CL - cloreto de colina (mg/kg); CAT - catalase (mmoles de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> degradado.min<sup>-1</sup>.mg prot<sup>-1</sup>); SOD - superóxido dismutase (unidade de SOD.mg prot<sup>-1</sup>); GST - glutathione transferase (mM. Min<sup>-1</sup>.mg prot<sup>-1</sup>); LPO - peroxidação lipídica (mmol de MDA mg prot<sup>-1</sup>); PCO - proteína sérica total (mmol de MDA mg prot<sup>-1</sup>); GLIGM - glicogênio no músculo (mg de glicogênio tecido<sup>-1</sup>); GLIGF - glicogênio no fígado (mg de glicogênio tecido<sup>-1</sup>).

### 3.2.4 Composição centesimal de diferentes tecidos e histologia do tecido hepático

A alimentação das tilápias com as rações contendo os diferentes níveis de fonte vegetal de fosfatidilcolina influenciaram ( $P<0,05$ ) na composição centesimal dos tecidos, especialmente nos teores de gordura do fígado e das vísceras e nos teores de proteína bruta no músculo e no fígado (Tabela 6). O uso da fonte vegetal de fosfatidilcolina promoveu um leve aumento (o teor de extrato etéreo no fígado das tilápias; contudo, aquelas alimentadas com rações contendo 800 mg/kg apresentaram a maior ( $P<0,05$ ) deposição de extrato etéreo hepática, chegando a 12,70%. Por outro lado, os maiores níveis de inclusão da fosfatidilcolina vegetal reduziram ( $P<0,05$ ) os níveis de gordura das vísceras.



As dietas contendo 400 mg/kg apresentaram um leve ( $P < 0,05$ ) aumento dos teores de proteína no músculo e no fígado, enquanto que aquelas alimentadas com 600 mg/kg apresentaram o menor ( $P < 0,05$ ) nível de proteína no fígado.

Tabela 6. Composição centesimal de diferentes tecidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques rede e alimentadas com rações suplementada com diferentes níveis de fonte vegetal de fosfatidilcolina e Cloreto de colina (Cl)

Variável	Cloreto de colina mg/kg e fonte vegetal de fosfatidilcolina							P
	Cl	0	200	400	600	800		
Extrato Etéreo (g/Kg)								
Músculo	1,86 ± 0,19	1,95 ± 0,09	2,02 ± 0,12	2,28 ± 0,37	2,03 ± 0,20	1,77 ± 0,19	± 0,88	
Fígado	4,30 ± 0,13 <sup>c</sup>	5,80 ± 1,28 <sup>b</sup>	5,40 ± 0,65 <sup>b</sup>	5,40 ± 0,59 <sup>b</sup>	5,90 ± 0,63 <sup>b</sup>	12,70 ± 1,84 <sup>a</sup>	± 0,03*	
Vísceras	49,30 ± 1,07 <sup>ab</sup>	51,20 ± 4,04 <sup>ab</sup>	74,10 ± 0,02 <sup>a</sup>	62,70 ± 0,58 <sup>b</sup>	53,30 ± 1,19 <sup>ab</sup>	55,30 ± 2,86 <sup>ab</sup>	± 0,01*	
Matéria Mineral (%)								
Músculo	1,0 ± 0,11	1,0 ± 0,31	1,1 ± 0,19	0,6 ± 0,28	0,7 ± 0,14	0,9 ± 0,21	0,94	
Vísceras	1,0 ± 0,14	0,8 ± 0,19	0,6 ± 0,22	1,1 ± 0,27	1,2 ± 0,22	0,6 ± 0,22	0,72	
Matéria Seca (%)								
Músculo	24,6 ± 0,63	24,9 ± 1,18	22,6 ± 1,08	24,3 ± 0,69	22,5 ± 0,64	23,3 ± 0,66	± 0,59	
Vísceras	49,3 ± 0,82	51,3 ± 0,71	46,1 ± 1,53	48,4 ± 1,24	48,9 ± 1,18	51,3 ± 0,13	± 0,11	
Proteína Bruta (%)								
Músculo	19,9 ± 1,24 <sup>ab</sup>	19,60 ± 0,47 <sup>ab</sup>	21,6 ± 0,21 <sup>a</sup>	19,9 ± 0,44 <sup>ab</sup>	19,4 ± 0,47 <sup>ab</sup>	19,5 ± 0,26 <sup>ab</sup>	± 0,03*	
Fígado	9,1 ± 1,02 <sup>b</sup>	11,6 ± 0,83 <sup>ab</sup>	12,4 ± 0,81 <sup>a</sup>	9,10 ± 0,91 <sup>b</sup>	7,2 ± 1,14 <sup>c</sup>	6,0 ± 0,24 <sup>c</sup>	± 0,01*	
Vísceras	4,3 ± 0,24	4,5 ± 0,56	5,9 ± 0,55	5,5 ± 0,53	4,2 ± 0,21	4,1 ± 0,50	0,223	

Asterisco\* indica diferença entre grupos; a diferença sendo mostrada por letras diferentes (a, b e c) ( $P < 0,05$ ); CL - cloreto de colina (mg/kg).

### 3.2.5 Histologia do fígado

As avaliações histológicas do tecido hepático sugerem que as dietas não interferiram ( $P > 0,05$ ) na morfologia dos hepatócitos, tampouco no grau de vacuolização ( $P > 0,05$ ) dos hepatócitos (Tabela 7).

Tabela 7. Avaliação do tecido hepático de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), suplementada com diferentes níveis de fonte vegetal de fosfatidilcolina e Cloreto de colina (Cl), criados em tanque rede

Variáveis ( $\mu\text{m}^2$ )	Cloreto de colina mg/kg e fonte vegetal de fosfatidilcolina						P
	Cl	0	200	400	600	800	
Área mínima	12,34±2,95	10,59±1,95	9,76±1,33	12,03±1,61	14,56±1,16	15,33±2,06	0,17958
Área máxima	87,52±8,55	91,85±4,74	79,37±3,66	83,85±1,29	75,88±2,37	78,44±3,52	0,08926
Área média	41,93±2,54	45,80±1,43	40,85±2,12	48,44±4,61	39,61±0,61	44,04±1,27	0,07679
Grau de vacuolização	2,43±0,15	2,8±0,13	2,35±0,22	2,53±0,17	2,4±0,14	2,45±0,20	0,508

CL - cloreto de colina (mg/kg);

### 3.3 Discussão

Procurou-se investigar o nível de adição de fonte vegetal de fosfatidilcolina adequado para tilápia do Nilo, criadas em alta densidade de estocagem, por um longo período de tempo, bem como o suposto efeito protetor da suplementação com fosfatidilcolina sobre os índices de desempenho e o dano hepático e equilíbrio redox. Para tanto, utilizou-se um nível de cloreto de colina, uma dieta controle e quatro níveis de adição de fonte vegetal de fosfatidilcolina. A suplementação dietética com a fosfatidilcolina promoveu alterações metabólicas nas tilápias, e estas alterações refletiram na saúde e no crescimento.

De modo geral, a fonte vegetal de fosfatidilcolina influenciou o metabolismo energético, especialmente nas vias envolvidas com o metabolismo lipídico e proteico. Além disso, um fato curioso, verificado nesta pesquisa, foi o de que as rações isentas de cloreto de colina ou da fonte vegetal de fosfatidilcolina não causaram perdas no desempenho dos animais, sugerindo uma possível suplementação exógena. Khosravi et al. (2015) verificaram que peixes alimentados com dietas deficientes em colina podem apresentar diminuição do consumo de ração, retardo de crescimento e baixa sobrevivência; isso não foi relatado no presente estudo, ficando evidente que nossa dieta controle supriu as necessidades de colina na dieta, mostrando que a suplementação foi utilizada exclusivamente para melhorar o metabolismo das tilápias.

Um fato inédito deste estudo é que se avaliou um nível de inclusão de cloreto de colina e quatro níveis de inclusão de fonte vegetal de fosfatidilcolina, e quando se observou o desempenho das tilápias, o melhor resultado foi com o nível de 600 mg/kg, que teve um melhor peso final, ganho de biomassa e ganho de peso diário, e este incremento em uma criação comercial intensiva em longo período de tempo tem muita relevância. Os ganhos produtivos com a utilização de 600 mg/kg, representaram um incremento de 3,9% em peso vivo, 3,8% em ganho de peso diário e 1,55% em produção de biomassa, e este incremento, como citado anteriormente, é importante durante o período de criação. Para o peso final, ganho de peso diário e ganho de biomassa, a dieta com 600mg/kg de fonte vegetal de fosfatidilcolina foi superior à dieta com 400 mg/kg, porém semelhante ao tratamento controle, cloreto de colina e às dietas contendo 200 e 800 mg/kg de fonte vegetal de fosfatidilcolina.

A conversão alimentar aparente foi semelhante entre os grupos que foram alimentados com 600 mg/kg e aqueles alimentados com cloreto de colina, não causando perdas no desempenho; sendo assim, a suplementação pode contribuir para um aumento no desempenho e, assim, reduzir o tempo de cultivo.

A fonte vegetal fosfatidilcolina tem demonstrado vários efeitos positivos no desempenho de peixes, como descrito por Vieira et al. (2001), Baldissera et al. (2017), Baldissera et al. (2019), Luo et al. (2016), Qin et al. (2017) e Sousa et al. (2020), podendo ser uma estratégia importante para melhorar o desempenho e a saúde, e estes efeitos podem estar ligados à melhoria do metabolismo lipídico aliado a seu efeito de proteção do fígado dos peixes. Porém, as vias exatas envolvidas permanecem pouco conhecidas (BALDISSERA et al., 2019; SOUSA et al., 2020).

Podemos aliar a melhora no desempenho e metabolismo ao fato da fosfatidilcolina ser um fosfolipídio importante na manutenção da membrana celular e emulsão dos lipídios (TOCHER et al., 2008). Os efeitos da fosfatidilcolina têm sido investigados sobre o crescimento, sobrevivência, saúde, resistência ao estresse e manutenção do equilíbrio redox (ZHAO et al., 2013). Este aspecto também foi verificado neste estudo, pois com a adição da fosfatidilcolina vegetal não houve perda no desempenho, sendo que alguns autores associam uma melhora no desempenho à melhora da síntese da metionina, que é um aminoácido essencial e (ZHANG; LI, 2010) não reduziu a sobrevivência e o equilíbrio redox manteve-se dentro do aceitável.

Apesar de vários resultados favoráveis ao uso da fosfatidilcolina vegetal, alguns estudos apresentam inconstâncias, como o realizado por Sousa et al. (2020), com alevinos de tilápias, em sistema de bioflocos, em que os autores não encontraram melhoras sobre o desempenho zootécnico, relacionando este resultado devido ao sistema ser de bioflocos, sugerindo que este contribuiu para o crescimento dos alevinos.

A sobrevivência das tilápias neste estudo não foi afetada pela dieta, estando de acordo com Dawood (2021), quando relata que, desde que o estado de saúde dos peixes seja satisfatório, não deve haver altos níveis de mortalidade que geralmente ocorrem devido ao alto estresse e baixa imunidade. Durante o período deste estudo, a qualidade da água se manteve dentro do aceitável para a espécie (ARANA, 2004; BOYD, 2007), sendo que este fator pode ter contribuído para redução de estresse por conta da alta densidade de estocagem e para melhora na sobrevivência das tilápias.

No que diz respeito ao índice hepatossomático e vicerossomático, não foram influenciados, isso foi relatado por Sousa et al. (2020), quanto ao índice hepatossomático, quando avaliou níveis crescentes de fonte vegetal de fosfatidilcolina em alevinos de tilápia, em sistema de bioflocos. Em contraste, Baldissera et al. (2019) observaram em seu estudo uma melhora nos índices hepatossomáticos e vicerossomáticos, e avaliaram a fosfatidilcolina como sendo um hepatoprotetor, sendo que o índice hepatossomático representa o percentual de massa do fígado

em relação ao peso corporal, sendo uma forma de quantificar o estoque de energia (glicogênio) no fígado (CYRINO et al., 2000).

Luo et al. (2016) sugerem que o aumento do desempenho e crescimento pode estar no envolvimento em uma melhora do metabolismo energético, o que foi verificado neste estudo quando os níveis de triglicerídeos plasmáticos reduziu significativamente com a dieta de 600 mg/kg, quando comparados com a dieta de 400 mg/kg, podendo-se indicar a dieta com 600 mg/kg de fosfatidilcolina vegetal para melhorar este parâmetro bioquímico de plasma. A diminuição dos triglicerídeos plasmáticos é um efeito benéfico na prevenção de alterações patológicas relacionadas ao acúmulo de gordura no fígado de peixes alimentados com dietas artificiais (ZHAI, LU, CHEN; 2016), esta melhora também foi evidenciada quando observou-se o índice hepatossomático e o tecido hepático das tilápias, quando verificou-se a ausência de alterações fisiológicas e morfométricas nas tilápias alimentadas com a fosfatidilcolina.

Para Quin et al. (2015), o triglicerídeo é constantemente utilizado como indicador do metabolismo da gordura em animais aquáticos. Reforçando que a fosfatidilcolina vegetal, pode promover uma melhora na saúde de tilápias através da diminuição dos níveis de triglicerídeos plasmático. Mudanças na homeostase lipídica podem levar a uma série de condições patológicas na maioria das espécies de vertebrados (ECKEL et al., 2005). Em geral, teleósteos são mais propensos a hiperlipidemia e hipercolesterolemia em comparação com mamíferos (TOCHER, 2003).

Os demais parâmetros bioquímicos de plasma não foram alterados significativamente pela dieta, sendo um aspecto positivo quando se avalia a saúde das tilápias, reforçando a hipótese de que a fonte vegetal de fosfatidilcolina tem um efeito hepatoprotetor (BALDISSERA et al., 2019) e pode melhorar ou manter a saúde, já que uma variação nestes parâmetros pode indicar estresse ou toxidez do produto.

Altos níveis de alanina aminotransferase (AST) e aspartato aminotransferase (ALT) podem indicar condições fisiológicas ou patológicas, por exemplo, por um aumento do catabolismo de proteínas (LUO et al., 2016) ou lesão hepática, que são consideradas indicadores das funções hepato renais de peixes (ABDEL-LATIF et al., 2020). Neste estudo, a AST e ALT não diferiram entre os tratamentos, indicando que a fonte vegetal de fosfatidilcolina não provoca condições patológicas nos peixes e não causa toxidez.

De acordo com Brum et al. (2018), a proteína sérica total é um parâmetro importante porque, além de servir como indicador imunológico, sua concentração pode indicar alterações na pressão osmótica colóide no sangue. As alterações na concentração total de proteínas séricas são causadas principalmente por alterações no volume plasmático devido ao desequilíbrio

osmótico entre o meio intracelular e extracelular. Assim, qualquer estressor que induza a esta situação pode causar alterações nestes valores (MELO, 2009). Neste estudo, a suplementação com fosfatidilcolina vegetal não interferiu nos resultados da proteína sérica total, refletindo no equilíbrio osmótico do sangue das tilápias.

No presente estudo, a fonte vegetal de fosfatidilcolina não influenciou nos resultados de HDL e LDL, porém numericamente o nível de 600 mg/kg teve um nível mais alto de HDL, sugerindo que a inclusão da fosfatidilcolina nos tratamentos pode melhorar os níveis sanguíneos de HDL. Quanto aos níveis séricos de HDL e LDL, são índices vitais que refletem o estado lipometabólico, o HDL, geralmente considerado o colesterol bom, pode prevenir a ocorrência de aterosclerose, enquanto o LDL exerce influência oposta no organismo quando presente em níveis elevados (CHEN et al., 2016).

Os níveis de glicose não sofreram interferência da dieta, de acordo com Brum et al. (2018) e Sousa et al. (2020), que afirmam que isso pode ser um indicador de menor estresse; geralmente, níveis elevados de glicose podem sugerir distúrbios metabólicos e bioquímicos que comprometeriam a produção de ATP.

Como biomarcadores de disfunção renal, a creatinina no sangue apresentou valores numericamente menores na tilápia do Nilo alimentada com 600 mg/kg; porém, não diferiu significativamente entre os tratamentos. O aumento numérico da creatinina nos outros tratamentos pode ser atribuído ao efeito diminutivo na filtração glomerular e nas taxas catabólicas de proteínas, que por sua vez podem diminuir a capacidade do rim de se livrar da ureia e da urina (ABDEL-DAIM et al., 2020).

Os indicadores de equilíbrio redox também foram avaliados para verificar se o produto causou algum tipo de estresse oxidativo nas tilápias ou efeito tóxico do produto. Os indicadores não sofreram alterações com a adição da fosfatidilcolina vegetal, mostrando a ausência de efeito tóxico. O sistema de defesa antioxidante é um mecanismo bioquímico altamente conservado em invertebrados e vertebrados (CHAINY; PAITAL; DANDAPAT, 2016). Sua principal função é proteger os organismos dos efeitos nocivos das espécies reativas de oxigênio (ERO), que, em geral, podem oxidar biomoléculas (lipídios, carboidratos, proteínas e DNA) prejudicando as funções celulares normais; assim, a interrupção no equilíbrio entre os sistemas de oxidação e antioxidantes, por excesso na formação de ERO ou depleção de antioxidantes, caracteriza o estresse oxidativo (CAGOL, 2020).

As concentrações de ERO podem interferir de duas maneiras nos organismos: baixas concentrações de ERO regulam vários processos fisiológicos, enquanto uma concentração mais

alta pode ser tóxica, prejudicando as funções celulares (CHAINY et al., 2016; HAN et al., 2018).

Souza et al. (2020) não observaram nenhuma diferença no sistema antioxidante em um estudo com adição de níveis de fonte vegetal de fosfatidilcolina (400, 800 e 1200 mg/kg) em dietas contaminadas com aflatoxinas para juvenis de tilápias, resultado equivalente ao resultado deste estudo.

Quanto ao status antioxidante do fígado, Baldissera et al. (2019) concluíram que doses de fosfatidilcolina de 400, 800 e 1200 mg/kg diminuíram a peroxidação lipídica no fígado, sendo que as células possuem sistemas antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos responsáveis por manter o equilíbrio oxidante e antioxidante, evitando assim reações bioquímicas prejudiciais; neste estudo não verificou-se esta diminuição.

Neste estudo analisou-se a catalase, superóxido dismutase, glutathione peroxidase, lipoperoxidação, dano oxidativo em proteína, glicogênio no músculo e glicogênio no fígado, sendo que as enzimas catalase, superóxido dismutase, glutathione peroxidase e o processo de peroxidação lipídica constituem defesas contra os radicais livres. É importante mencionar que o sistema de defesa dos peixes também pode produzir radicais livres para eliminar patógenos, portanto, o equilíbrio entre oxidantes e antioxidantes é importante para a saúde dos peixes, essas enzimas antioxidantes são importantes no fígado, desempenhando várias funções, incluindo a desintoxicação (SOUSA et al., 2020).

As enzimas também são a primeira linha de defesa das células contra os radicais livres (HEGAZI et al., 2010) que, se não forem bloqueados, causam estresse oxidativo. Assim, os resultados encontrados indicam que a capacidade do sistema antioxidante do fígado foi eficiente na redução do dano oxidativo.

Para verificar o efeito da fonte vegetal de fosfatidilcolina no metabolismo, foram analisadas a quantidade de extrato etéreo, matéria mineral e proteína em diferentes tecidos do corpo, mais especificamente no músculo, fígado e vísceras. Há poucas informações sobre o uso da fosfatidilcolina e de posição de nutrientes no fígado, vísceras e no músculo.

O fígado é tido como um órgão muito importante no metabolismo dos lipídios. Dentre uma série de funções do fígado, destaca-se sua capacidade de acumular substâncias de reserva, especialmente sob a forma de glicogênio e lipídios (FERGUSON, 2006), e a única forma de exportar os lipídios do fígado é sob a forma de lipoproteínas (REECE, 2006), sendo que a colina pode prevenir a esteatose (TOCHER et al., 2008). Neste estudo, verificou-se uma maior deposição de gordura no fígado com a inclusão de 800 mg/kg de fonte vegetal de fosfatidilcolina, chegando a 12,70 g/kg; e os níveis de inclusão de (0, 200, 400 e 600 mg/kg) não sofreram

diferença significativa para este índice, permanecendo entre (4,30 e 5,90g/kg). No geral o percentual de gordura no fígado variou de 4,30 a 12,70 g/kg, estes percentuais estão dentro da faixa que foi observada anteriormente por alguns autores, que varia de 3,9 a 16,0% (SHIAU; LO, 2000; PERES et al., 2004; SHIAU; SU, 2005). Neste estudo, quando se observou o índice hepatossomático e as enzimas do equilíbrio redox no fígado não foi verificada nenhuma alteração que indicasse que o fígado das tilápias estava doente ou com algum problema.

Fernandes-Junior et al. (2016), em um estudo com doses crescentes de cloreto de colina (0 a 1.200 mg/kg), observou que o valor de extrato etéreo no fígado encontrou-se entre 5,35 e 24,69. Embora tenha ocorrido uma grande variação, os autores consideraram que as avaliações do estudo foram em curto período de tempo para se ter uma conclusão a respeito do produto. Vieira et al. (2001) trabalharam com doses de cloreto de colina e betaina e os valores de lipídios no fígado para as doses de colina (0, 1.250 e 2.500mg/kg) variaram entre 9,70 e 11,58%. Este estudo utilizou a fosfatidilcolina, uma molécula que é aproveitada nas estruturas das membranas e no transporte de lipídios, e nossos valores ficaram em 4,30 para o cloreto de colina e entre 5,40 e 12,70, mostrando que a molécula pode ser utilizada e não causa problemas no fígado.

A composição centesimal de diferentes tecidos não tiveram alterações com a adição da fonte vegetal de fosfatidilcolina, no que diz respeito ao teor de extrato etéreo das vísceras, estes teores tiveram resultados numericamente menores com o nível de inclusão de 600 mg/kg, quando comparado com os teores de 200, 400 e 800 mg/kg. De acordo com Tocher et al. (2008), a fosfatidilcolina é um fosfolipídio, sendo que os fosfolipídios são importantes na emulsão de lipídios no intestino e também são capazes de melhorar a absorção intestinal de ácidos graxos de cadeia longa (TOCHER et al., 2008; NICOLSON, 2014).

O teor de proteína bruta no músculo, fígado e vísceras das tilápias foi teve alterações significativas, a concentração de proteína bruta no fígado dos peixes alimentados com 800mg/kg foi numericamente menor do que em todos os tratamentos com fonte vegetal de fosfatidilcolina, e menor do que no tratamento controle, denotando o papel do fígado como um grande mobilizador de proteínas da dieta para o corpo do animal. Quando se compara o teor de proteína do fígado que foi numericamente menor no tratamento com 800mg/kg, pode se observar que o fígado fez seu papel de mobilizador de nutrientes para o resto do corpo, direcionando a proteína do fígado para o músculo, mantendo a saúde hepática.

As avaliações histológicas do tecido hepático mostram que não se observou evidências de alterações na morfologia e histologia do fígado, reforçando a hipótese de que este produto não causa toxidez e pode melhorar a saúde hepática (TOCHER et al., 2008; BALDISSERA et al., 2019) e melhorar a saúde geral dos peixes (VIEIRA et al., 2001; SOUSA et al., 2020; LUO

et al., 2016). Não foi observado neste estudo nenhuma alteração na morfologia do fígado das tilápias, sendo que o grau de vacuolização no fígado das tilápias se manteve em todas as dietas no grau entre 2,35 e 2,53, sendo que numericamente o menor grau de vacuolização foi com a dieta de 200 mg/kg, seguido de 2,4 com a dieta de 600 mg/kg. As áreas mínimas e médias de 200 hepatócitos também não sofreram alteração com as dietas, mostrando que as dietas não causaram danos ao tecido hepático.

Com este estudo fica evidente que a fonte vegetal de fosfatidilcolina influenciou indiretamente no desempenho zootécnico, direta e indiretamente no metabolismo dos carboidratos séricos, no metabolismo energético, funcionou como um hepatoprotetor antioxidante do fígado em tilápias do Nilo criadas em tanques rede durante 117 dias em sistema de criação intensiva, sendo que estudos a longo prazo são importantes para verificar o impacto no desempenho produtivo dos peixes.



### 3.4 Conclusões

A suplementação dietética de fonte vegetal de fosfatidilcolina em tilápia do Nilo em crescimento e engorda, criadas em tanques rede com alta densidade de estocagem, interferiu no metabolismo energético, provocando alterações no transporte de gorduras, além de alterações na deposição de gorduras e proteínas nos diferentes tecidos, sendo que a melhor interferência para estes parâmetros foi com o nível de 600 mg/kg, no entanto estudos adicionais precisam ser realizados no que se refere aos parâmetros bioquímicos e fisiológicos em Tilápias do Nilo.

### 3.5 Referências

- ABDEL-DAIM, M.M.; DAWOOD, M.A.O.; ELBADAWY, M. et al. [2020]. Spirulina platensis reduced oxidative damage induced by chlorpyrifos toxicity in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Animals**, v.10, p.473, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1382668919300365>> Acesso em: 12/10/2021.
- ARANA, L.V. **Princípios químicos de qualidade de água em aquicultura**. Florianópolis: UFSC, 2004. 231 P.
- AEBI, H. [1984]. Catalase in Vitro. **Method Enzym**, v.105, p.121-126, 1984.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis** of AOAC International. 17th. v. II., 2000.
- BALDISSERA, M.D.; SOUZA, C.F.; SANTOS, R.C.V. et al. [2017]. Pseudomonas aeruginosa cepa pa 01 prejudica enzimas da rede de fosfotransferência nas brânquias de Rhamdia quelen. **Veterinary microbiology**, v.201, p.121-125, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2017.01.016>> Acesso em: 25/8/2021.
- BALDISSERA, M.D.; SOUZA, C.F.; BALDISSEROTTO, B.F. et al. [2019]. Vegetable choline improves growth performance, energetic metabolism, and antioxidant capacity of fingerling Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquicultura**, v.501. p.224-229, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.11.021>> Acesso em: 25/8/2021.
- BARROSO, R.M.; PINCINATO, R.B.M.; MUNOZ, A.E.P. [2017]. O mercado da tilápia - 2º trimestre de 2017 e Análise da estrutura do preço da tilápia no varejo. **Embrapa Pesca Aquicultura**, p.1-19, 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162159/1/CNPASA-2017-mt11.pdf>> Acesso em: 16/8/2021.
- BOMBARDELLI, R.A.; GOES, E.S.R.; SOUSA, S.M.N. et al. [2017]. Growth and reproduction of female Nile tilapia fed diets containing different levels of protein and energy. **Aquaculture**, v.479, p.817-823, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.07.031>> Acesso em: 25/9/2021.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. [2002]. Apparent digestibility of the energy and nutrients of conventional and alternatives foods for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.539-545. 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000300001>> Acesso em: 25/9/2021.
- BOYD, C. [2007]. Nitrification important process in aquaculture. **Global Aquaculture Advocate**, v.10, n.3, p. 64-66, 2007.
- BRUM, A.; PEREIRA, S.A.; CARDOSO, L. [2018]. Blood biochemical parameters and melanomacrophage centers in Nile tilapia fed essential oils of clove basil and ginger, **Fish & Shellfish Immunology**, v.74, p.444-449, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.01.021>> Acesso em: 26/5/2021.
- CABALLERO, M.J.; IZQUIERDO, M.S.; KJØRSVIK, E. et al. [2004]. Histological alterations in the liver of sea bream, Sparus auratus L., caused by short- or long – term feeding with

- vegetable oils. Recovery of normal morphology after feeding fish oil as the sole lipid source. **Journal of Fish Diseases**, v.27, p.531-541, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2004.00572.x>> Acesso em: 18/8/2021.
- CAGOL, L.; BALDISSEROTTO, B.; BECKER, A.G. et al. [2020]. Essential oil of *Lippia alba* in the diet of *Macrobrachium rosenbergii*: effects on antioxidant enzymes and growth parameters. **Aquaculture Research**, v.51, p.2243-2251, 2020. Disponível em: <[doi:10.1111/are.14569](https://doi.org/10.1111/are.14569)>. Acesso em: 25/8/21.
- CAGOL, L. **Utilização de óleos essenciais de lippia alba (erva-cidreira) e aloysia triphylla (erva-luiza) para Macrobrachium Rosenbergi**. 2020. 73f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Candido Rondon, 2020.
- CARBONE, D.; FAGGIO, C. [2016]. Importance of prebiotics in aquaculture as immunostimulants. Effects on immune system of *Sparus aurata* and *Dicentrarchus labrax*. **Fish and Shellfish Immunology**, v.54, p.172-178, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.04.011> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1050464816301620>> Acesso em: 16/7/2021.
- CHAINY, G.B.N.; PAITAL, B.; DANDAPAT, J. [2016]. An overview of seasonal changes in oxidative stress and antioxidant defence parameters in some invertebrate and vertebrate species. **Scientifica**, 6126570. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1155/2016/6126570>> Acesso em: 16/7/2021.
- CHEN, Y.B.; HU, J.; LYU, Q.L.L. et al. [2016]. The effects of Natucin C-Natucin P mixture on blood biochemical parameters, antioxidant activity and non-specific immune responses in tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Fish & Shellfish Immunology**, v.55, p.367-373, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.06.016>> Acesso em: 16/7/2021.
- CORRÊA, F.C.; NÓBREGA, R.O.; BLOCK, J.M. et al. [2016]. Misturas de óleos vegetais como substitutos de óleo de peixe para tilápia do Nilo em temperatura ótima e fria subótima. **Aquicultura**, v.497, p. 82-90, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.07.034>> Acesso em: 25/9/2021.
- COZ-RAKOVAC, R.; STRUNJAK-PEROVIC1, I.; HACMANJEK, M. et al. [2005]. Química do sangue e propriedades histológicas do robalo selvagem e cultivado (*Dicentrarchus labrax*) no Mar Adriático do Norte. **Veterinary research communications**, v.29, p.677-687, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11259-005-3684-z>> Acesso em: 12/12/2021.
- CROUCH, R.K.; GANDY, S.E.; KIMSEY, G. et al. [1981]. The inhibition of islet superoxide dismutase by diabetogenic drugs. **Diabetes**, v.35, p.235-241, 1981. Disponível em: <<https://doi.org/10.2337/diab.30.3.235>> Acesso em: 20/5/2021.
- CYRINO, J.E.P.; BICUDO, A.J.A.; SADO, R.Y. et al. [2010] A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.68-87, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300009>> Acesso em: 12/12/2021.

- CYRINO, J.E.P.; PORTZ, L.Y.; MARTINO, R. [2000]. Retenção de proteína e energia em juvenis de “Black Bass” *Micropterus salmoides*. **Scientia Agricola**, v.57, p.609-616, 2000. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/sa/a/3CvK6YmrxxQn4Ht4kWhg9Zp/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 18/8/2021.
- DAWOOD, M.A.O.; MOUSTAFA, E.M.; GEWAILY, M.S. et al. [2019]. Ameliorative effects of *Lactobacillus plantarum* L-137 on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) exposed to deltamethrin toxicity in rearing water Aquatic. **Toxicology**, v.219, p.105-377, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2019.105377>> Acesso em: 25/9/2021.
- DEVLIN, T.M. **Manual de bioquímica com correlações químicas**. Edgard Blucher: São Paulo, 2000.
- DORUCU, M.; COLAK, S.O.; ISPIR, U. et al. [2009]. The effect of black cumin seeds, *Nigella sativa*, on the immune response of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Mediterranean Aquaculture Journal**, v.2, p.27-33, 2009. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.21608/maj.2009.2667>> Acesso em: 25/9/2021.
- ECKEL, R.H.; GRUNDY, S.M.; ZIMMET, P.Z. [2005]. The metabolic syndrome. **The Lancet**, v. 365, p.1415-1428, 2005. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(05\)66378-7](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(05)66378-7)> Acesso em: 18/8/2021.
- ELKAMEL, A.A.; MOSAAD, G.M. [2012]. Immunomodulation of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, by *Nigella sativa* and *Bacillus subtilis*. **J. Aquac. Res.**, v.3, p.2-4, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.4172/2155-9546.1000147>> Acesso em: 25/9/2022.
- FEDERICI, G.; SHAW, B.J.; HANDY, R.D. [2007]. Toxicity of titanium dioxide nanoparticles to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): gill injury, oxidative stress, and other physiological effects. **Aquatic Toxicology**, v.84, p.415-430, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2007.07.009>> Acesso em: 29/7/2021.
- FERGUSON, H.W. **Systemic pathology of fish: a text and atlas of normal tissues in teleosts and their responses in disease**. 2.ed. London: Scotian, 2006.
- FILHO, J.V.D. **Adição da virginiamicina na alimentação do pirarucu: benefícios fisiológicos, zootécnicos e ambientais**. 2019. Dissertação. Rolim de Moura (RO): Universidade Federal de Rondônia; Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100282>> Acesso em: 25/9/2021.
- FAO - A Food and Agriculture Organization of the United Nations. [2018] - **Meeting the sustainable development goals**. Rome: 2018. Disponível em: <[https://unfoundation.org/?gclid=Cj0KCQiAuvOPBhDXARIsAKzLQ8GxTYk-e8o60egrk5MRsN8nUVqoB8e2nrY2XFgdaUdpxXmHF01IdAaApMyEALw\\_wcB](https://unfoundation.org/?gclid=Cj0KCQiAuvOPBhDXARIsAKzLQ8GxTYk-e8o60egrk5MRsN8nUVqoB8e2nrY2XFgdaUdpxXmHF01IdAaApMyEALw_wcB)> Acesso em: 16/8/2021.
- HABIG, W.H.; PABST, M.J.; JACOBY, W.B. [1976]. Glutathione-S-transferases: the first enzymatic step in mescapturic acid formation. **Journal of Biological Chemistry**, v.249, p.7130-7139, 1976. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(19\)42083-8](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(19)42083-8)> Acesso em: 25/9/2021.

- HAYGOOD, A.M.; JHA, R. Estratégias para modular a microbiota intestinal de tilápias (*Oreochromis* sp.) em aquicultura: uma revisão. **Aquaculture**, v.10, p.320-333. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/raq.12162>> Acesso em: 25/9/2021.
- HAN, S-Y.; WANG, M-Q.; WANG, B-J. et al. [2018]. A comparative study on oxidative stress response in the hepatopancreas and midgut of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* under gradual changes to low or high pH environment. **Fish and Shellfish Immunology**, v.76, p. 27-34, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.02.001>> Acesso em: 25/9/2021.
- HEGAZI, M.M.; ATTIA, Z.I.; ASHOUR, O.A. [2010]. Oxidative stress and antioxidant enzymes in liver and white muscle of Nile tilapia juveniles in chronic ammonia exposure. **Aquatic Toxicology**, v.99, p.118-125, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2010.04.007>> Acesso em: 18/9/2021.
- JUNIOR, A.C.F.; CARVALHO, P.L.P.F.; PEZZATO, L.E. et al. [2016]. The effect of digestible protein to digestible energy ratio and choline supplementation on growth, hematological parameters, liver steatosis and size-sorting stress response in Nile tilapia under field condition, **Aquaculture**, v.456, p.83-93, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.02.001>> Acesso em: 15/6/2021.
- FERNANDES-JUNIOR, C.; BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E.; et al. [2010]. Desempenho produtivo de tilápia do Nilo alimentada com níveis de colina na dieta. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.32, p.163-167, 2010. Disponível em: <<https://www.re-dalyc.org/pdf/3031/303126500001.pdf>> Acesso em: 02/2/2021.
- KASPER, C.S.; WHITE, M.R.; BROWN, P.B. [2002]. Betaína pode substituir a colina em dietas para juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v.205, p.119-126. 2002. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00658-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00658-5)> Acesso em: 15/6/2021.
- KHOSRAVI, S.; JANG, J.W.; RAHIMNEJAD, S. et al. [2015]. Essencialidade da colina e sua exigência em dietas para juvenis de papagaios (*Oplehnmatus fasciatus*). Asiático-Austrália. **Journal of Animal Science**, v.28, p. 647-653, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.5713/ajas.14.0532>> Acesso em: 15/5/2021.
- KRISMAN, C.R. [1962]. A method for the colorimetric estimation of glycogen with Iodine, **Analytical Biochemistry**, v.4, p. 17-23, 1962. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0003-2697\(62\)90014-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(62)90014-3)> Acesso em: 15/5/2021.
- KUMAR, A. [2009]. Comparative efficacy of herbal biocholine and synthetic choline chloride (60%) in commercial broilers. **Poultry Technology**, v.3, p. 38-40, 2009.
- LI, C.; ZHANG, G.; ZHAO, L. et al. [2016]. Metabolic reprogramming in cancer cells: glycolysis, glutaminolysis, and Bcl-2 proteins as novel therapeutic targets for cancer. **World journal of surgical oncology**, v.14, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s12957-016-0769-9>> Acesso em: 15/5/2021.
- LUO, Z.; WEI, C.C.; YE, H.M. et al. [2016]. Effect of dietary choline levels on growth performance, lipid deposition and metabolism in juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*.

- Biochemistry and Molecular Biology**, v.202, p.1-7, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2016.07.005>> Acesso em: 17/6/2021.
- MELO, D.C.; OLIVEIRA, D.A.A.; MELO, M.M.; et al. [2009]. Proteic electrophoretic profile of chitralada tilapia nilotic (*Oreochromis niloticus*), exposed to hypoxia chronic stress. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.5, p.1183-1190, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-09352009000500022>> Acesso em: 15/5/2021.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. [2003]. Apparent digestibility of some protein sources for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1801-1809, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000800001>> Acesso em: 14/7/2021.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. et al. [2005]. Protein sources supplemented with amino acids and minerals to Nile tilapia during sex reversal phase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.1-6, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000100001>> Acesso em: 14/7/2021.
- NG, W.; WANG, Y. [2011]. Inclusion of crude palm oil in the broodstock diets of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, resulted in enhanced reproductive performance compared to broodfish fed diets with added fish oil or linseed oil. **Aquaculture**, v.314, p.122-131, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.01.034>> Acesso em: 14/7/2021.
- NICOLSON, G.L. [2014]. The fluid-mosaic model of membrane structure: still relevant to understanding the structure, function and dynamics of biological membranes after more than 40 years. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1838, p.1451-1466, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.bbamem.2013.10.019>> Acesso em: 20/8/2021.
- NRC - National Research Council. **National Research Council Nutrient Requirements of Fish**. National Academy Press; Washington, DC, USA: 1993.
- PERES, H.; LIM, C.; KLESIUS, P. [2004]. Crescimento, composição química e resistência ao desafio de *Streptococcus iniae* de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com níveis graduados de inositol dietético. **Aquacultura**, v.235, p. 423-432, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.09.021>> Acesso em: 14/7/2021.
- QIN, D.G.; DONG, X.H.; TAN, B.P. et al. [2017]. Effects of dietary choline on growth performance, lipid deposition and hepatic lipid transport of grouper (*Epinephelus coioides*). **Aquaculture Nutrition**, v.23, p.453-459, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/anu.12413>> Acesso em: 14/7/2021.
- RANZANI-PAIVA, M. J. T.; PÁDUA, S. B.; TAVARES-DIAS, M.; et al. [2013]. **Métodos para análise hematológica em peixes**. 1.ed. Maringá: Edum, 2013.
- REECE, W.O. **DUKES: fisiologia dos animais domésticos**. 12.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. 942p.

- ROSSETO, J.F.; SIGMOR, A. [2021]. Inovações tecnológicas empregadas em coprodutos gerados pelo processamento do pescado. **PUBVET**, v.15, p.1-11, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.31533/pubvet.v15n04a796.1-11>> Acesso em: 18/8/2021.
- SHIAU, S.Y.; LO, P.S. [2000]. Exigências dietéticas de colina para juvenis de tilápia híbrida, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*, **Journal of Nutrition**, v.1, p. 100-103, 2000. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/jn/130.1.100>>. Acesso em: 18/8/2021.
- SHIAU, S.Y.; SU, S.L. [2005]. Tilápia juvenil (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) requer mioinositol dietético para crescimento máximo. **Aquacultur**, 243, p. 273-277, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.10.002>>. Acesso em: 18/8/2021.
- SILVA, L.E.S.; GALÍCIO, G.S. [2012]. Alimentação de peixes em piscicultura intensiva. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15, p.49-62, 2012. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/Alimentacao.pdf>> Acesso em: 20/4/2021.
- SOUSA, A.A.; LOPES, D.L.A.; EMERENCIANO, M.G.C. et al. [2020]. Phosphatidylcholine in diets of juvenile Nile tilapia in a biofloc technology system: Effects on performance, energy metabolism and the antioxidant system. **Aquaculture**, v.515, 2020, Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734574>> Acesso em: 18/8/2021.
- SOUZA, C. F.; BALDISSERA, M. D.; BALDISSEROTTO, B. et al. [2019]. Dietary vegetable choline improves hepatic health of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed aflatoxin-contaminated diet. **Comp. Biochem. Physiol. Part C** (2019), p. 108614. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2019.108614>> Acesso em: 19/8/2021.
- TACHIBANA, L.; PINTO, L.G.Q.; GONÇALVES, G.S. et al. [2010]. Xilanase e  $\beta$ glucanase na digestibilidade aparente de nutrientes do triticale pela Tilápia-do-nilo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.2, p.445-452, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-09352010000200026>> Acesso em: 19/4/2021.
- TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F.R. [2004]. **Hematologia de peixes teleósteos**. Ribeirão Preto: Eletrônica e Arte Fina, 2004.
- TESSARO, L.; TOLEDO, C.P.R.; NEUMANN, G. [2012]. Growth and reproductive characteristics of *Rhamdia quelen* males fed on different digestible energy levels in the reproductive phase. **Aquaculture**, v.326, p.74-80, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.11.012>> Acesso em: 29/7/2021.
- TOCHER D.R. [2003]. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. **Reviews In Fisheries Science** 11, v.2, p.107-184, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/713610925>> Acesso em: 19/7/2021.
- TOCHER, D.R.; BEDIKSEN, E.; CAMPBELL, P.J. et al. [2008]. The role of phospholipids in nutrition and metabolism of teleost fish. **Aquaculture**, v.280, p.21-34, 2008, Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.04.034>> Acesso em: 10/7/2021.
- TURCHINI, G.M.; TRUSHENSKI, J.T.; GLENCROSS, B.D. [2018]. Thoughts for the future of aquaculture nutrition: realigning perspectives to reflect contemporary issues related to judicious use of marine resources in aquafeeds. **North American Journal of Aquaculture**,

- v.81, p.13–39, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/naaq.10067>>. Acesso em: 04/9/2021.
- VIEIRA, I., CYRINO, J.E.P.; PEZZATO, L.E. [2001]. Choline and betaine in purified diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Scientia Agricola**, v.58, p.675-680, 2001. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000400004>> Acesso em: 04/9/2021.
- ZHAO, J.; AI, Q.; MAI, K. et al. [2013]. Effects of dietary phospholipids on survival, growth, digestive enzymes and stress resistance of large yellow croaker, *Larmichthys crocea* larvae. **Aquaculture**, v.410-411, p.122-128, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.05.018>> Acesso em: 30/9/2021.
- ZHAI, S.W.; LU, J.J.; CHEN, X.H. [2016]. Effects of dietary grape seed proanthocyanidins on growth performance, some serum biochemical parameters and body composition of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings Ital. **Journal animal science**, v.13, p.535-540, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3357>> Acesso em: 04/9/2021.
- ZHANG, Y.C.; LI, F.C. [2009]. Effect of dietary methionine on growth performance and insulin-like growth factor-I mRNA expression of growing meat rabbits. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.94, p.803–80, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2009.00975>> Acesso em: 18/9/2021.
- ZHANG, Y.C.; LI, F.C. [2010]. Efeito da metionina na dieta sobre o desempenho do crescimento e a expressão de mRNA do fator de crescimento semelhante à insulina-I de coelhos de corte em crescimento. **Journal Animal Physiology Animal Nutrition**, v.94, p.803-809, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2009.00975>> Acesso em: 18/9/2021.
- ZEISEL, S.H.; BLUSZTAJN, J.K. [1994]. Colina e nutrição humana. **Annual Review of Nutrition**, v.14, p.269-296. 1994. Disponível em: <[https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.nu.14.070194.001413?casa\\_token=IDGYgLNqX48AAAAA:0srOvIKgXhe2rDI\\_x03RscBKGJ0rtJIPUDotE3oPjIIBb-CemqMkUX0cr1Gr5UQKHCSEAObiVUK06B27dwA](https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.nu.14.070194.001413?casa_token=IDGYgLNqX48AAAAA:0srOvIKgXhe2rDI_x03RscBKGJ0rtJIPUDotE3oPjIIBb-CemqMkUX0cr1Gr5UQKHCSEAObiVUK06B27dwA)> Acesso em: 18/9/2021.