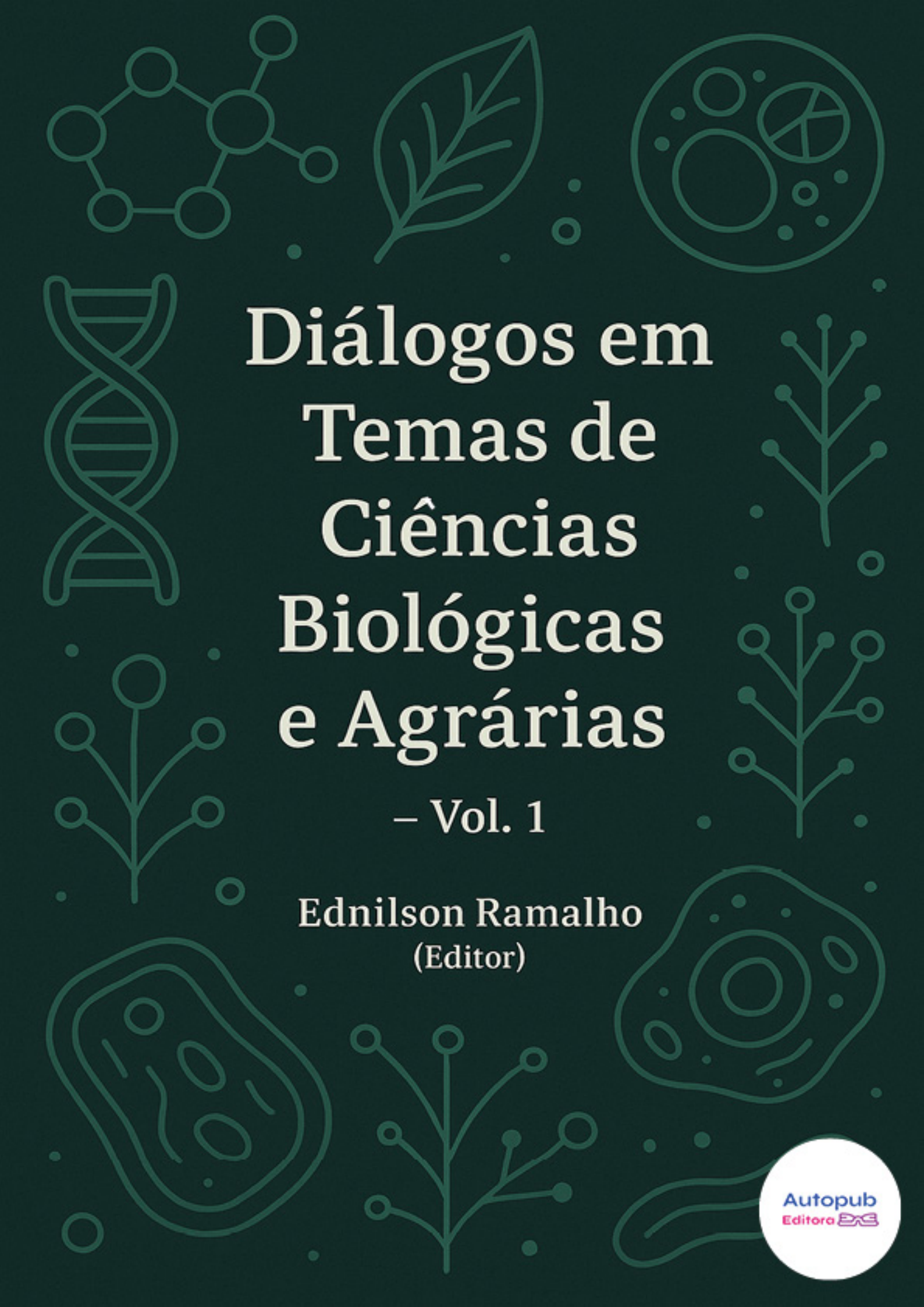




Diálogos em Temas de Ciências Biológicas e Agrárias

– Vol. 1

Ednilson Ramalho
(Editor)

**DIÁLOGOS EM TEMAS DE
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E
AGRÁRIAS**

Vol. 1

Todo o conteúdo apresentado neste livro é de responsabilidade do(s) autor(es).

Esta publicação está licenciada sob [CC BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Conselho Editorial

Prof. Dr. Ednilson Souza - Ufopa
Editor-Chefe

Profa. Msc. Andria Raiane Coelho Campos - Semec-STM
Prof. Msc. Éfrem Colombo Vasconcelos Ribeiro - IFPA
Prof. Msc. Jorge Carlos Silva - Ulbra
Profa. Msc. Vaneza Nascimento de Oliveira Mélo - FICS
Profa. Dra. Irlana Jane Menas da Silva - UEFS
Profa. Msc. Daniela Emilena Santiago Dias de Oliveira - Unip
Profa. Dra. Rejane Harder - UFS
Prof. Msc. André de Araújo Moraes - Unesp

Na Autopub Editora, estamos comprometidos em moldar o futuro da publicação, combinando a criatividade humana com o potencial da inteligência artificial.

Equipe Autopub

Ednilson Souza
(Editor)

DIÁLOGOS EM TEMAS DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AGRÁRIAS

Vol. 1

Belém-PA
Autopub Editora
2024

© 2025 Edição brasileira
by Autopub Editora
© 2025 Texto
by Autor
Todos os direitos reservados

Autopub Editora
CNPJ 54.303.895/0001-62
Telefone: 9198473-5110
contato@autopubeditora.com
Ed. Rogélio Fernandez Business Center - Tv. Quintino Bocaiúva, 2301 - Batista Campos, Belém -
PA, 66045-315
www.autopubeditora.com

Editor-Chefe: Prof. Dr. Ednilson Ramalho
Diagramação e design gráfico: Autopub
Revisão de texto: Autor
Bibliotecária: Janaina Karina Alves Trigo
Ramos-CRB 8/9166
Produtor editorial: Rosy Borges

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D536

Diálogos em temas de ciências biológicas e agrárias – vol. 1 / Ednilson Souza (Editor). –
São Paulo: Autopub, 2025.

Livro em PDF
3600 kB

ISBN 978-65-83093-20-2

DOI 10.46898/autopub.e4dc93db-637e-4262-a08a-64360a712a82

1. Ciências biológicas. 2. Ciências agrárias. 3. Sustentabilidade. 4. Inovação tecnológica.
I. Souza, Ednilson (Editor). II. Título.

CDD 570
CDU 57

Índice para catálogo sistemático:
I. Ciências biológicas
II. Ciências agrárias

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	6
--------------------	---

Capítulo 1

ESTUDO DA VIA CLÁSSICA DO COMPLEMENTO NA INFECÇÃO IN VITRO POR STREPTOCOCCUS AGALACTIAE EM TILÁPIAS-DO-NILO (<i>OREOCHROMIS NILOTICUS</i>)	7
--	---

Capítulo 2

IMPACTOS E DESAFIOS DA COVID-19 NOS DIAS ATUAIS.....	17
--	----

Capítulo 3

ATIVIDADES DA TRIPSINA E QUIMOTRIPSINA PANCREÁTICAS E FOSFATASE ALCALINA HEPÁTICA DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM RESÍDUO DE ÓLEO DE SOJA, ÓLEO DE SOJA OU GORDURA SUÍNA.....	25
---	----

Apresentação

É com grande satisfação que apresentamos a coletânea DIÁLOGOS EM TEMAS DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AGRÁRIAS – Vol. 1, uma obra que reúne pesquisas, relatos de experiência e reflexões produzidas por pesquisadores, professores e estudantes que se dedicam ao estudo e ao avanço das Ciências Biológicas e Agrárias.

Esta publicação busca promover um espaço de diálogo interdisciplinar, dando visibilidade a diferentes abordagens teóricas e metodológicas que tratam de temas relevantes para o desenvolvimento científico, a sustentabilidade ambiental e a inovação tecnológica nas áreas biológicas e agrárias.

Cada capítulo aqui presente é resultado de investigação cuidadosa e contribui para o debate acadêmico, incentivando novas perguntas e possíveis soluções para os desafios contemporâneos, como a conservação da biodiversidade, a produção agrícola sustentável, a biotecnologia e a saúde ambiental.

Acreditamos que esta coletânea será uma valiosa fonte de consulta para pesquisadores, profissionais e estudantes, ao mesmo tempo em que reforça a importância da produção e divulgação científica de qualidade.

Desejamos a todos uma leitura proveitosa e inspiradora.

Capítulo 1

ESTUDO DA VIA CLÁSSICA DO COM- PLEMENTO NA INFECCÃO IN VITRO POR STREPTOCOCCUS AGALACTIAE EM TILÁPIAS-DO-NILO (*Oreochromis ni- loticus*)

Gustavo de Moraes Oliveira
Dayanne Carla Fernandes
Silas Fernandes Eto
Luiz Flávio José dos Santos
Joao Martins Pizauro Junior

DOI: 10.46898/autopub.e4f3c44c-c974-4b4b-bd42-1030a660cf25

ESTUDO DA VIA CLÁSSICA DO COMPLEMENTO NA INFECÇÃO IN VITRO POR *STREPTOCOCCUS AGALACTIAE* EM TILÁPIAS-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*)

Ev Study of the classical complement pathway in in vitro infection by Streptococcus agalactiae in Nile tilapia (Oreochromis niloticus)

Gustavo de Moraes Oliveira

<http://lattes.cnpq.br/0648265252007762>

Dayanne Carla Fernandes

<http://lattes.cnpq.br/3115484005500802>

Silas Fernandes Eto

<http://lattes.cnpq.br/6012271954874161>

Luiz Flávio José dos Santos

<http://lattes.cnpq.br/5888302973425312>

Joao Martins Pizauro Junior

<http://lattes.cnpq.br/3958124498479090>

RESUMO

Streptococcus agalactiae (*Sta*) causa grandes perdas na tilapicultura. A defesa do hospedeiro envolve o sistema complemento (SC) e células fagocíticas. A via clássica do SC, ativada pela ligação de C1q a anticorpos ligados à bactéria, promove a opsonização e fagocitose por macrófagos, que eliminam o patógeno através da produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) e da enzima fosfatase ácida (FAC). Este estudo avaliou *in vitro* a neutralização de *Sta* pela via clássica do SC e a ativação de monócitos de tilápia por proteínas de membrana (PM) da bactéria. Anticorpos produzidos contra PM inibiram significativamente o crescimento bacteriano, com efeito máximo quando combinados com o complemento (via clássica). Monócitos expostos às PM diferenciaram-se em macrófagos e aumentaram a produção de EROs e atividade da FAC. Concluiu-se que a via clássica do SC é altamente eficaz na neutralização de *Sta* e que as PM bacterianas ativam robustamente monócitos, desencadeando respostas efectoras. Os resultados apoiam estratégias baseadas em imunização para controlar a estreptococcose.

Palavras chave: EROs; Fagocitose; Opsonização; Streptococcus

ABSTRACT

Streptococcus agalactiae (Sta) causes significant losses in tilapia farming. Host defense involves the complement system (CS) and phagocytic cells. The classical CS pathway, activated by the binding of C1q to antibodies bound to the bacterium, promotes opsonization and phagocytosis by macrophages, which eliminate the pathogen through the production of reactive oxygen species (ROS) and the enzyme acid phosphatase (AFc). This study evaluated in vitro the neutralization of Sta by the classical CS pathway and the activation of tilapia monocytes by bacterial membrane proteins (MP). Antibodies produced against PM significantly inhibited bacterial growth, with maximal effect when combined with complement (classical pathway). Monocytes exposed to PM differentiated into macrophages and increased ROS production and FAc activity. It was concluded that the classical SC pathway is highly effective in neutralizing Sta and that bacterial PM robustly activates monocytes, triggering effector responses. These results support immunization-based strategies to control streptococcosis.

Keywords: ROS; Phagocytosis; Opsonization; Streptococcus

1 INTRODUÇÃO

A tilapicultura destaca-se como um setor de grande importância econômica no Brasil, gerando significativa contribuição para o PIB nacional e milhões de empregos diretos e indiretos (BRASIL, 2014). A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) apresenta vantagens zootécnicas como adaptabilidade a diferentes ambientes, aceitação de mercado, valor comercial e custo de produção reduzido (ZIMMERMANN; HASPER, 2003). No entanto, a intensificação da produção tem acarretado desafios sanitários, com aumento do estresse dos animais e maior susceptibilidade a doenças infecciosas (MARTINS et al., 2006).

Dentre os patógenos que mais impactam a piscicultura o *Streptococcus agalactiae* (Sta) destaca-se como agente causador de significativas perdas econômicas, além de representar um risco zoonótico por sua capacidade de infectar humanos, podendo evoluir para sepse e meningite (DOMELIER et al., 2008). No Brasil, surtos causados por Sta já foram registrados em onze estados, incluindo os maiores produtores, como Paraná e São Paulo (MIAN et al., 2009).

Um dos mecanismos de virulência do Sta é a produção da enzima C5a peptidase, que cliva a molécula C5a do sistema complemento, inibindo a quimiotaxia e reduzindo a fagocitose (CHENG et al., 2001). Por outro lado, a ativação da via clássica do complemento iniciada pela ligação de C1q ao complexo antígeno-anticorpo pode

promover a opsonização do patógeno e potencializar sua eliminação por fagócitos (SCOTT, 2004). Estudos em *Streptococcus pneumoniae* demonstraram que a molécula C1q pode ser utilizada pelo patógeno como fator de adesão e invasão, mas em *Sta* isolado de leite bovino a ativação da via clássica resultou em deposição de C3b na superfície bacteriana, favorecendo a opsonização (RAINARD; POUTREL, 1995).

Ainda não está claro se *Streptococcus agalactiae* utiliza mecanismo similar de virulência ou se a ativação da via clássica pelo complexo C1q/Fc tem efeito sinérgico na neutralização do patógeno. Este estudo buscou preencher essa lacuna, tendo como objetivo investigar *in vitro* o papel da via clássica do complemento e de IgM na neutralização de *Sta*, bem como o potencial de ativação de monócitos de tilápia-do-Nilo por proteínas de membrana do patógeno. Os resultados poderão contribuir para o entendimento da fisiopatologia da infecção e dos mecanismos de defesa imune inata e adaptativa nessa espécie.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido no Infectório de Animais de Laboratório e no Laboratório de Enzimologia e Imunoquímica Aplicadas da FCAV/UNESP, seguindo os Princípios Éticos na Experimentação Animal (CEUA nº 17209/15).

Cultivo bacteriano e preparo de proteínas de membrana (PM)

A cepa de *Streptococcus agalactiae* foi cultivada em caldo BHI a 28°C por 48 horas. As bactérias foram centrifugadas, lavadas com PBS 0,15 M (pH 7,2) e ressuspensas na concentração de 2×10^6 bactérias/mL. A viabilidade foi verificada com azul de toluidina em câmara de Neubauer.

Produção de anticorpos anti-*Sta*

Cinco tilápias-do-Nilo (linhagem Gift, ~150 g) foram imunizadas por via celomática com 100 µg/mL de PM de *Streptococcus agalactiae* conjugada com adjuvante incompleto de Freund, com reforços foram realizados com intervalo de 15 dias, e os soros foram coletados por punção caudal, centrifugados e armazenados a -70°C.

Aglutinação direta

O título de anticorpos foi determinado por aglutinação direta (FERNANDES et al., 2015). Soros (pré-imune, 15 e 30 dias) foram inativados termicamente (47°C, 30 min), diluídos serialmente em microplacas e incubados com suspensão bacteriana

(10^4 UFC/mL). A aglutinação foi visualizada após incubação (28°C/1h + 4°C/22h) e os títulos foram expressos em $\log_2$.

Ensaio bactericida *in vitro*

A capacidade bactericida do soro foi avaliada conforme RAO et al. (2006). Bactérias (10^4 UFC/mL) foram incubadas com: PBS (controle), soro termo-inativado (47°C, 30 min), soro nativo (via alternativa), anticorpo específico (opsonização) e anticorpo + soro nativo (via clássica). Após incubação (28°C/1h), as amostras foram plaqueadas e as colônias contadas após 48h (software ImageJ).

Isolamento e ativação de monócitos

Leucócitos mononucleares foram isolados de sangue heparinizado por centrifugação em gradiente de Percoll 34/51%. A viabilidade celular foi verificada com azul de tripan (0,2%), e a concentração ajustada para 10^4 células/mL. Os monócitos foram ativados com PM de *Sta* (10 ng/mL), LPS ou PMA (controles positivos) e incubados por 6, 24 e 48 h.

Produção de EROs e atividade da fosfatase ácida

A produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) foi quantificada pelo teste do NBT (GRAYFER et al., 2008). A atividade da fosfatase ácida foi determinada pela hidrólise de *p*-nitrofenilfosfato (YANG et al., 1996), medindo a absorbância do *p*-nitrofenolato liberado a 405 nm.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à ANOVA e ao teste de Tukey ($p < 0,05$) (SNEDECOR; COCHRAN, 1967).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo foi dividido em duas partes, na primeira, avaliou-se a produção de anticorpos específicos contra proteínas de membrana de *S. agalactiae* e o efeito inibitório da via clássica e alternativa do complemento no crescimento bacteriano *in vitro*, assim como o encontrado por Fernandes et al. (2015), os anticorpos foram detectados a partir do 15º dia pós-imunização, com aumento significativo dos títulos no 30º dia (Figura 1).

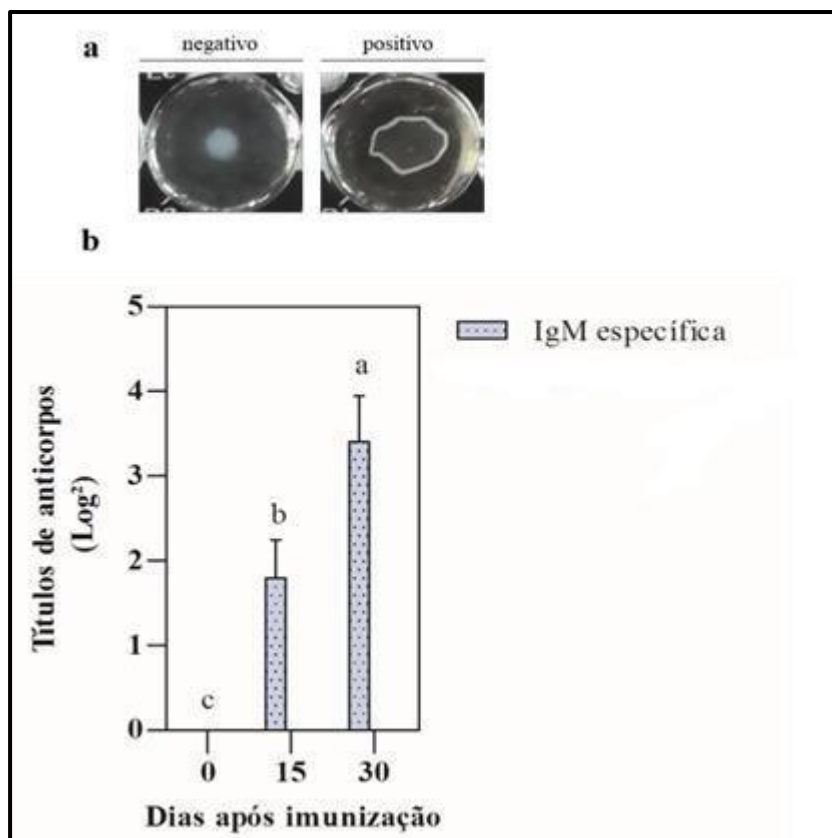


Figura 1. Em (a), padrão negativo e positivo de aglutinação direta. Em (b), cinética da produção de anticorpos em tilápias-do-nilo, imunizadas com proteínas de membrana de *Streptococcus agalactiae*, colunas com letras em comum não diferem entre si pelo método de Tukey (5%).

Fonte: Próprio autor

No ensaio bactericida, a via clássica (anticorpo + soro nativo) apresentou o maior efeito inibitório, reduzindo significativamente o crescimento bacteriano em comparação com a via alternativa, opsonização isolada e controles (PBS e soro termo-inativado) (Figura 2). Estes resultados confirmam a importância da sinergia entre anticorpos específicos e o sistema complemento na neutralização de *S. agalactiae*, apesar dos mecanismos de evasão imunológica do patógeno, como a cápsula polissacarídica e enzimas inativadoras do complemento (JARVA et al., 2003; URBACZEK et al., 1981).

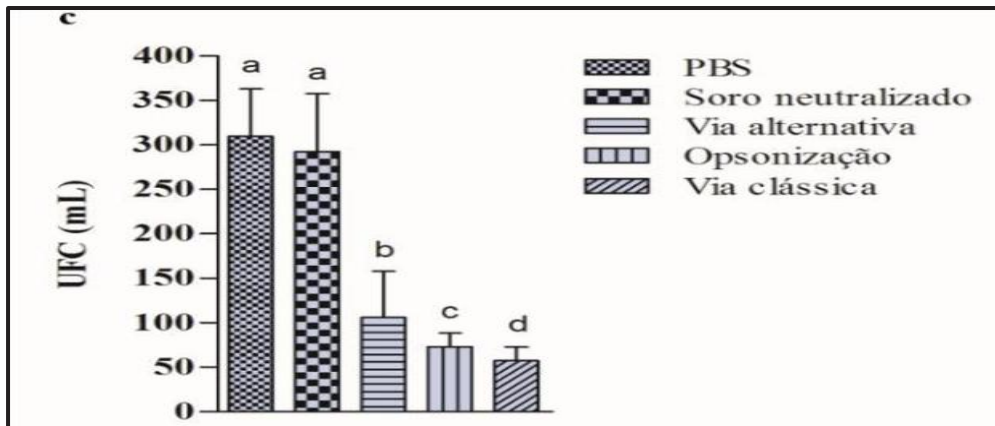


Figura 2. Efeito inibitório do crescimento bacteriano das diferentes vias do complemento no soro de tilápias-do-nylo, médias em triplicata, colunas com letras em comum não diferem entre si pelo método de Tukey (5%).

Fonte: Próprio autor

No segundo estudo, avaliou-se a ativação de monócitos de tilápia por PM de *S. agalactiae*. As proteínas de membrana (10 ng/mL) induziram diferenciação morfológica em macrófagos após 48 h, com eficácia similar aos controles positivos (LPS e PMA) (Figura 3).

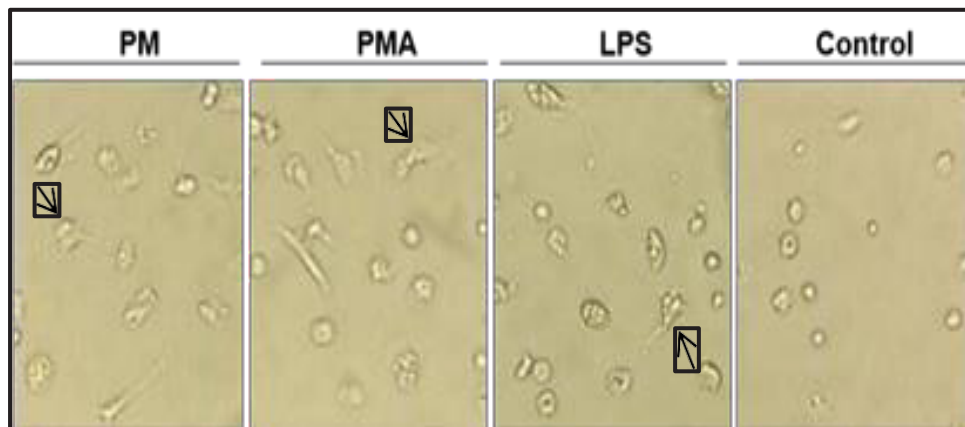


Figura 3. Contraste de fase mostrando a diferenciação morfológica de monócitos em macrófagos após 48 horas de ativação para cada tratamento. Setas apontam para macrófagos.

Fonte: Próprio autor

A produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) e a atividade da fosfatase ácida (FAC) foram significativamente elevadas nas células tratadas com PM, especialmente em 48 h, indicando ativação fagolisossômica robusta (Figura 4a-b), similar ao encontrado por Fagundes et al. (2013).

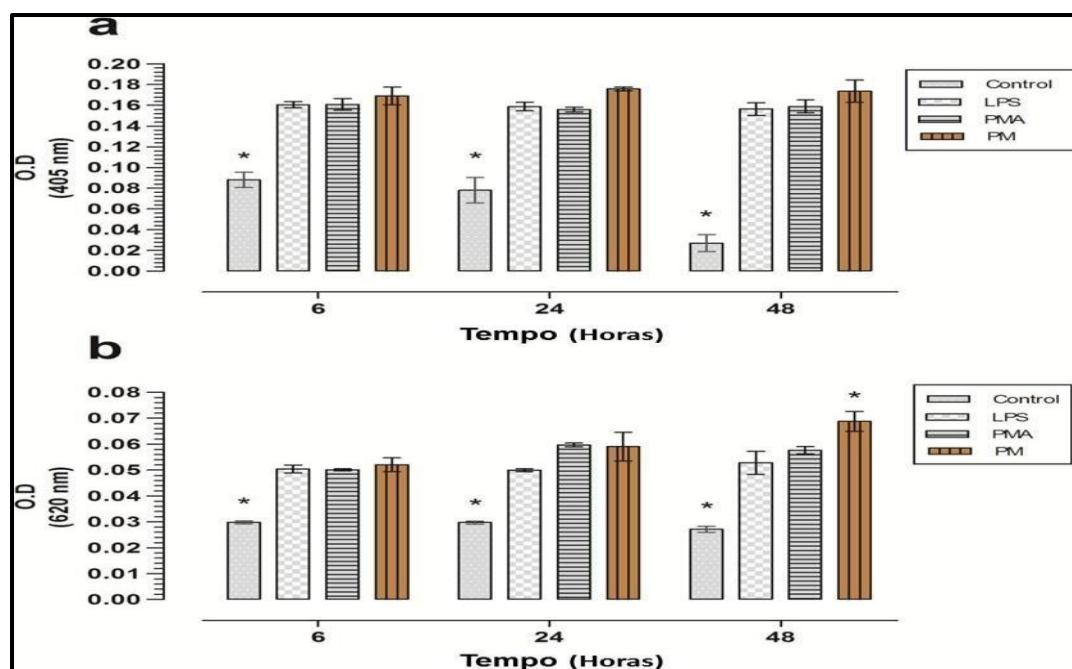


Figura 4. Atividade fagolisossômica de monócitos sanguíneos ativados com PM de Sta. (a) Atividade da FAC. (b) Produção de EROs. Médias em triplicata, (*) diferem ($P < 0,05$) pelo método de Tukey (5%).

Esses resultados sugerem que as PM ativam múltiplos receptores de reconhecimento padrão em monócitos, desencadeando respostas imunes inatas efetivas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstram que a via clássica do complemento, ativada por anticorpos específicos, é altamente eficaz na neutralização *in vitro* de *S. agalactiae*, superando a ação isolada de anticorpos ou da via alternativa. Além disso, as PM bacterianas ativam monócitos de tilápia, induzindo diferenciação em macrófagos e estimulando a produção de EROs e atividade enzimática lisossômica, componentes-chave da resposta imune inata. Esses achados sustentam o potencial de estratégias baseadas em imunização ou terapia com anticorpos para o controle da estreptococcose em tilápias, embora mais estudos sejam necessários para elucidar interações específicas com fatores de virulência bacterianos.

AGRADECIMENTOS

A Unesp Câmpus Jaboticabal pela infraestrutura cedida.

A FAPESP e CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério de Pesca e Aquicultura (MPA). **Boletim estatístico de pesca e aquicultura**. Brasília: MPA, 2014.
- CHENG, Q. I. et al. Antibody against surface-bound C5a peptidase is opsonic and initiates macrophage killing of group B streptococci. **Infection and immunity**, v. 69, n. 4, p. 2302-2308, 2001.
- DOMELIER, Anne-Sophie et al. Molecular characterization of erythromycinresistant *Streptococcus agalactiae* strains. **Journal of antimicrobial chemotherapy**, v. 62, n. 6, p. 1227-1233, 2008.
- FAGUNDES, L.C.; ETO, S.F.; MARCUSO, P.F.; FERNANDES, D.C.; MARINHO- NETO, F.A.; CLAUDIANO, G.S.; MORAES, J.R.E.; MORAES, F.R.; LOYOLA, W.; FERNANDES, D. C.; ETO, S. F.; CLAUDIANO, G. S.; MARCUSO, P. F.; VIEIRA, F.; SHIMADA, M. T.; SILVA, T. F.; SOUZA, E. C.; SALVADOR, R.; MORAES, J. R. FIGUEIREDO, H.C.P. In silico prediction of conserved vaccine targets in *Streptococcus agalactiae* strains isolated from fish, cattle, and human samples. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, p. 29022912, 2013. Fisheries Circular nº 886, Ver. 1, Roma,
- FERNANDES, Dayanne Carla. *Imunodiagnóstico de Aeromonas hydrophila em pacus (Piaractus mesopotamicus, Holmberg, 1887) infectados experimentalmente*. 2015. **Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária - Patologia Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Jaboticabal**, 2015. 45 f.
- GRAYFER, L.; WALSH, J.G.; BELOSEVIC, M. Characterization and functional analysis of goldfish (*Carassius auratus L.*) tumor necrosis factor alpha. **Developmental & Comparative Immunology**, v. 32, p. 532-543, 2008.
- JARVA, H.; JOKIRANTA, T.S.; WURZNER, R.; MERI, S. Complement resistance of Streptococci. **Molecular immunology**, v.40, p.95-107, 2003
- MARTINS, M. L.; MORAES, F. R.; FUJIMOTO, R. Y.; ONAKA, E. M.; BOZZO, F. R.; MORAES, J. R. E. Carrageenin induced inflammation in *Piaractus mesopotamicus* (Osteichthues: Characidae) cultured in Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.32, p.31 - 39, 2006.
- MIAN, G. F. ET AL. Aspects of the natural history and virulence of *S. agalactiae* infection in Nile tilapia. **Veterinary Microbiology**, London, v. 136, n. 1/2, p. 180183, Apr. 2009.
- RAINARD, P.; POUTREL, B. Deposition of Complement Components on *Streptococcus agalactiae* in Bovine Milk in the Absence of Inflammation. **Infection and Immunity**. Nouzilly, v. 69, n. 9, p. 3422-3427, 1995.

RAO, W.V.; DAS, B.K.; JYOTYRMAYEE, P.; CHAKRABARTI, R. Effect of *Achyranthes aspera* on the immunity and survival of *Labeo rohita* infected with *Aeromonas hydrophila*, **Fish and Shellfish Immunology**, v. 20, p.263-273, 2006.

SCOTT, T. R. Our Current Understanding of Humoral of Poultry. **Poultry Science**, v. 83, p. 574-579, 2004.

SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, G. **Statistical methods**. Ames: Iowa State University Press, 1974.

SNEDECOR, George W.; COCHRAN, William G. **Statistical Methods**. Ames. 1967.

Streptococcus agalactiae and *Lactococcus garvieae* from a wild bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). **Journal Wildlife Diseases**, v. 42, p. 561-9, 2006.

URBACZEK, A.N.; TOLLER-KAWAHISA, J.E.; FONSECA, L.M.; COSTA, P.I., FARIA, C.M.Q.G.; AZZOLINI, A.E.C.S.; LUCISANO-VALIM, Y.M.; MARZOCCHIWINDELSTEIN, J.A. The role of complement in the host's defense against *Streptococcus pneumoniae*. **Reviews of Infectious Diseases**, v. 3, p. 289-98, 1981.

YANG, TE-TUAN, PARISA SINAI, AND STEVEN R. KAIN. An acid phosphatase assay for quantifying the growth of adherent and nonadherent cells. **Analytical biochemistry**, p. 103-108, 1996.

ZIMMERMANN, S.; T.O.B. HASPER. 2003. Piscicultura no Brasil: o processo de intensificação da tilapicultura. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 40., 2003, Santa Maria. Anais. Santa Maria: SBZ. CD.

Capítulo 2

IMPACTOS E DESAFIOS DA COVID-19 NOS DIAS ATUAIS

Ednilson Ramalho

DOI: 10.46898/autopub.d1b71c61-715b-48d7-81db-9a513d889b8c

IMPACTOS E DESAFIOS DA COVID-19 NOS DIAS ATUAIS

IMPACTS AND CHALLENGES OF COVID-19 IN THE PRESENT DAY

Ednilson Ramalho

ednilson.souza@ufopa.edu.br

RESUMO

A pandemia de Covid-19, causada pelo coronavírus SARS-CoV-2, continua a impactar significativamente a sociedade global. Desde o seu surgimento em dezembro de 2019, o vírus se espalhou rapidamente, levando a um número significativo de infecções e mortes. Este artigo revisa o estado atual da pandemia, destacando os avanços na vacinação, as variantes emergentes, os desafios na saúde pública e as implicações socioeconômicas. A análise baseia-se em dados recentes e estudos acadêmicos para fornecer uma visão abrangente sobre o cenário atual da Covid-19 e as estratégias em andamento para mitigar seus efeitos.

Palavras-chave: Covid-19, pandemia, saúde pública, vacinação, variantes, impactos socioeconômicos.

ABSTRACT

The Covid-19 pandemic, caused by the SARS-CoV-2 coronavirus, continues to significantly impact global society. Since its emergence in December 2019, the virus has spread rapidly, leading to a significant number of infections and deaths. This article reviews the current state of the pandemic, highlighting advances in vaccination, emerging variants, public health challenges, and socioeconomic implications. The analysis is based on recent data and academic studies to provide a comprehensive overview of the current Covid-19 scenario and ongoing strategies to mitigate its effects.

Keywords: Covid-19, pandemic, public health, vaccination, variants, socioeconomic impacts.

INTRODUÇÃO

A pandemia de Covid-19, identificada pela primeira vez em Wuhan, China, no final de 2019, transformou-se rapidamente em uma emergência de saúde pública de importância internacional. A Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou a pandemia em março de 2020, destacando a gravidade e a disseminação global do vírus. Desde então, o mundo tem enfrentado desafios sem precedentes, tanto em termos de saúde pública quanto em aspectos socioeconômicos.

A principal característica do SARS-CoV-2 é sua alta transmissibilidade, o que resultou em uma rápida propagação do vírus. Além disso, a emergência de variantes do vírus, como a Delta e a Omicron, trouxe novos desafios no controle da pandemia, devido à sua maior capacidade de transmissão e, em alguns casos, resistência parcial às vacinas existentes (World Health Organization, 2021).

A resposta global à pandemia incluiu a implementação de medidas de distanciamento social, uso de máscaras, lockdowns e, mais recentemente, uma campanha massiva de vacinação. A vacinação emergiu como a principal estratégia para controlar a disseminação do vírus e reduzir a gravidade dos casos. No entanto, a distribuição desigual de vacinas entre países desenvolvidos e em desenvolvimento levantou questões sobre equidade e justiça na saúde global (Jones et al., 2022).

REVISÃO DE LITERATURA

A revisão da literatura aborda os principais estudos e publicações recentes sobre a pandemia de Covid-19, com foco em diversos aspectos, como as características do vírus, a evolução das variantes, os avanços na vacinação, e os impactos socioeconômicos.

Características e Transmissão do SARS-CoV-2

O SARS-CoV-2 é um coronavírus que causa a síndrome respiratória aguda grave. Estudos iniciais identificaram a proteína spike como o principal fator de virulência, facilitando a entrada do vírus nas células humanas através do receptor ACE2 (Hoffmann et al., 2020). A alta taxa de transmissão do vírus foi atribuída à combinação de fatores, incluindo a capacidade do vírus de se disseminar através de gotículas respiratórias e aerossóis, e a presença de casos assintomáticos que contribuem para a propagação silenciosa da doença (Gandhi, Yokoe & Havlir, 2020).

Variantes do SARS-CoV-2

Desde o início da pandemia, várias variantes do SARS-CoV-2 surgiram, cada uma com mutações que podem impactar a transmissibilidade e a eficácia das vacinas. A variante Alpha, identificada no Reino Unido, foi uma das primeiras a mostrar maior transmissibilidade. Subsequentemente, a variante Delta, detectada inicialmente na Índia, mostrou-se ainda mais transmissível e foi associada a um aumento na gravidade dos casos

(Lazarevic et al., 2021). A variante Omicron, identificada pela primeira vez na África do Sul, trouxe novos desafios devido ao seu número elevado de mutações na proteína spike, o que pode reduzir a eficácia das vacinas existentes e aumentar o risco de reinfeção (Viana et al., 2022).

Avanços na Vacinação

A vacinação contra a Covid-19 começou no final de 2020, com o desenvolvimento e aprovação de várias vacinas em tempo recorde. As vacinas de mRNA, como as desenvolvidas pela Pfizer-BioNTech e Moderna, mostraram alta eficácia em ensaios clínicos e foram rapidamente implementadas em muitos países. Estudos de fase 3 mostraram que estas vacinas eram eficazes em prevenir a infecção sintomática e, mais importante, a doença grave e a morte (Polack et al., 2020; Baden et al., 2021). Outras vacinas, como a AstraZeneca e a Johnson & Johnson, também foram amplamente utilizadas, embora com variações na eficácia relatadas em diferentes estudos.

Desafios na Saúde Pública

A gestão da pandemia de Covid-19 apresentou vários desafios para os sistemas de saúde pública em todo o mundo. Um dos principais problemas foi a sobrecarga dos sistemas de saúde devido ao aumento súbito de casos graves, que exigiram hospitalização e cuidados intensivos. Além disso, a escassez de equipamentos de proteção individual (EPI) e a necessidade de testes em massa para identificar e isolar casos contribuíram para as dificuldades enfrentadas pelos profissionais de saúde (Ranney, Griffeth & Jha, 2020).

A hesitação vacinal também emergiu como um problema significativo, influenciada por desinformação e teorias da conspiração disseminadas através das redes sociais. A OMS identificou a hesitação vacinal como uma das dez principais ameaças à saúde global, destacando a necessidade de estratégias eficazes de comunicação e educação para aumentar a aceitação da vacina (World Health Organization, 2021).

Impactos Socioeconômicos

A pandemia de Covid-19 teve efeitos devastadores na economia global. As medidas de lockdown e outras restrições impostas para controlar a disseminação do vírus resultaram em perdas econômicas significativas, fechamento de empresas e aumento do desemprego. A

crise econômica exacerbou as desigualdades existentes, afetando desproporcionalmente grupos vulneráveis, incluindo trabalhadores informais, mulheres e minorias étnicas (Nicola et al., 2020).

Além dos impactos econômicos, a pandemia também teve efeitos psicológicos profundos. O isolamento social, o medo da infecção e a incerteza sobre o futuro contribuíram para um aumento nos casos de ansiedade, depressão e outros transtornos mentais (Pfefferbaum & North, 2020). Estudos mostraram que a saúde mental dos profissionais de saúde foi particularmente afetada, devido à exposição constante ao risco de infecção e à pressão intensa no ambiente de trabalho (Lai et al., 2020).

METODOLOGIA

Para compreender o estado atual da pandemia de Covid-19, este estudo utilizou uma abordagem metodológica mista, combinando análise quantitativa e qualitativa. A análise quantitativa envolveu a revisão de dados epidemiológicos recentes, incluindo taxas de infecção, mortalidade e vacinação, obtidos de fontes como a Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC). A análise qualitativa incluiu a revisão de literatura acadêmica, relatórios de saúde pública e estudos de caso, a fim de contextualizar os dados e fornecer uma visão abrangente sobre os desafios e avanços na resposta à pandemia.

Coleta de Dados

Os dados epidemiológicos foram coletados de bases de dados públicas, como o Our World in Data, que compila informações de diversas fontes oficiais. Os dados incluíram o número de casos confirmados, mortes, taxas de vacinação e a prevalência de variantes. Além disso, foram analisados relatórios de organizações de saúde e estudos acadêmicos publicados em revistas revisadas por pares.

Análise de Dados

A análise de dados envolveu o uso de técnicas estatísticas para identificar tendências e padrões nos dados epidemiológicos. Foram utilizados gráficos e tabelas para ilustrar a evolução da pandemia, a eficácia das vacinas e a distribuição global de vacinas. A análise qualitativa incluiu a revisão de literatura para identificar os principais desafios enfrentados

pelos sistemas de saúde pública e as estratégias adotadas para mitigar os impactos da pandemia.

RESULTADOS E ANÁLISES

Os resultados deste estudo destacam a complexidade e a dinâmica da pandemia de Covid-19. Os dados epidemiológicos mostraram uma redução significativa nas taxas de mortalidade em países com altas taxas de vacinação, indicando a eficácia das vacinas na prevenção de casos graves e mortes. No entanto, a emergência de novas variantes, como a Omicron, destacou a necessidade contínua de vigilância e adaptações nas estratégias de vacinação (World Health Organization, 2022).

A análise também revelou disparidades significativas na distribuição de vacinas, com países de alta renda alcançando altas taxas de vacinação, enquanto muitos países de baixa e média renda ainda enfrentam dificuldades em acessar vacinas suficientes. Esta disparidade tem implicações importantes para o controle global da pandemia, uma vez que a transmissão contínua do vírus em qualquer parte do mundo representa um risco para todos (Patel et al., 2021).

Além disso, a revisão da literatura indicou que a hesitação vacinal continua a ser um desafio em muitos países, exacerbada por desinformação e falta de confiança nas autoridades de saúde. Estudos sugerem que estratégias de comunicação eficazes, baseadas em evidências e culturalmente sensíveis, são essenciais para aumentar a aceitação da vacina e alcançar a imunidade coletiva (Dubé et al., 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pandemia de Covid-19 permanece um desafio significativo para a saúde pública global. Embora os avanços na vacinação tenham trazido esperança e redução na mortalidade, a emergência de novas variantes e a distribuição desigual de vacinas continuam a representar obstáculos importantes. É crucial que os esforços globais se concentrem na equidade na distribuição de vacinas e na implementação de estratégias eficazes para combater a desinformação e aumentar a aceitação vacinal.

Futuras pesquisas devem focar em avaliar o impacto a longo prazo da pandemia na saúde mental e no bem-estar socioeconômico, bem como na eficácia das novas vacinas e

tratamentos emergentes. A cooperação internacional e a solidariedade são fundamentais para superar esta crise e construir um futuro mais resiliente para a saúde global.

REFERÊNCIAS

BADEN, L. R. et al. Efficacy and safety of the mRNA-1273 SARS-CoV-2 vaccine. *New England Journal of Medicine*, v. 384, n. 5, p. 403-416, 2021.

DUBÉ, E. et al. Vaccine hesitancy: an overview. *Human Vaccines & Immunotherapeutics*, v. 17, n. 5, p. 1591-1604, 2021.

GANDHI, M.; YOKOE, D. S.; HAVLIR, D. V. Asymptomatic transmission, the Achilles' heel of current strategies to control COVID-19. *New England Journal of Medicine*, v. 382, n. 22, p. 2158-2160, 2020.

HOFFMANN, M. et al. The receptor binding domain of the SARS-CoV-2 spike protein is highly immunogenic. *Cell*, v. 181, n. 5, p. 1043-1057, 2020.

JONES, K. et al. Global disparities in COVID-19 vaccination. *Journal of Global Health*, v. 12, n. 1, p. 123-130, 2022.

LAI, J. et al. Factors associated with mental health outcomes among health care workers exposed to coronavirus disease 2019. *JAMA Network Open*, v. 3, n. 3, p. e203976, 2020.

LAZAREVIC, I. et al. Emergence of new SARS-CoV-2 variants: need for rapid viral sequencing and global surveillance. *Pathogens*, v. 10, n. 6, p. 798, 2021.

NICOLA, M. et al. The socio-economic implications of the coronavirus pandemic (COVID-19): a review. *International Journal of Surgery*, v. 78, p. 185-193, 2020.

PATEL, J. A. et al. Poverty, inequality and COVID-19: the forgotten vulnerable. *Public Health*, v. 183, p. 110-111, 2021.

PFEFFERBAUM, B.; NORTH, C. S. Mental health and the Covid-19 pandemic. *New England Journal of Medicine*, v. 383, n. 6, p. 510-512, 2020.

POLACK, F. P. et al. Safety and efficacy of the BNT162b2 mRNA Covid-19 vaccine. *New England Journal of Medicine*, v. 383, n. 27, p. 2603-2615, 2020.

RANNEY, M. L.; GRIFFETH, V.; JHA, A. K. Critical supply shortages — the need for ventilators and personal protective equipment during the Covid-19 pandemic. *New England Journal of Medicine*, v. 382, n. 18, p. e41, 2020.

VIANA, R. et al. Rapid spread of SARS-CoV-2 Omicron variant. *New England Journal of Medicine*, v. 386, n. 7, p. 585-587, 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *COVID-19 weekly epidemiological update*. 2021. Disponível em: <https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiological-update>. Acesso em: 21 set. 2025.

Capítulo 3

ATIVIDADES DA TRIPSINA E QUIMO- TRIPSINA PANCREÁTICAS E FOSFA- TASE ALCALINA HEPÁTICA DE FRAN- GOS DE CORTE ALIMENTADOS COM RESÍDUO DE ÓLEO DE SOJA, ÓLEO DE SOJA OU GORDURA SUÍNA

Estêvão Henrique Cangussu de Souza
Gabriella Cavazzini Pavarina
Caio César dos Ouros
Antonio Carlos de Laurentiz
Ligia Maria Neira
Luiz Flávio José dos Santos
Joao Martins Pizauro Junior

DOI: 10.46898/autopub.b7df9d46-50d4-4a16-a8ce-db6d3ed3a95c

**ATIVIDADES DA TRIPSINA E QUIMOTRIPSINA PANCREÁTICAS E
FOSFATASE ALCALINA HEPÁTICA DE FRANGOS DE CORTE
ALIMENTADOS COM RESÍDUO DE ÓLEO DE SOJA, ÓLEO DE SOJA OU
GORDURA SUÍNA**

*Pancreatic trypsin and chymotrypsin activities and hepatic alkaline phosphatase of
broilers fed soybean oil residue, soybean oil, or pork fat*

Estêvão Henrique Cangussu de Souza

<http://lattes.cnpq.br/1794782169527831>

Gabriella Cavazzini Pavarina

<http://lattes.cnpq.br/8262436320266804>

Caio César dos Ouros

<http://lattes.cnpq.br/0924704955621679>

Antonio Carlos de Laurentiz

<http://lattes.cnpq.br/1089498254814711>

Ligia Maria Neira

<http://lattes.cnpq.br/4172348756813111>

Luiz Flávio José dos Santos

<http://lattes.cnpq.br/5888302973425312>

Joao Martins Pizauro Junior

<http://lattes.cnpq.br/3958124498479090>

RESUMO

Este estudo avaliou o efeito da adição de goma de soja (0%; 1,25%; 2,5%) e de diferentes fontes lipídicas (óleo de soja ou gordura suína em 0%; 1,3%; 2,6%; 3,9%) sobre as atividades enzimáticas digestivas e hepáticas em frangos de corte. Foram utilizados 600 pintainhos Cobb 500, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. As atividades da tripsina, quimotripsina e fosfatase alcalina hepática foram analisadas aos 7, 14 e 21 dias de idade. Os resultados demonstraram variação significativa nas enzimas pancreáticas em função da idade e do tipo de lipídeo, sem padrão claro relacionado aos níveis de goma ou lipídeos. A fosfatase alcalina hepática manteve-se estável em todos os tratamentos, indicando ausência de comprometimento hepático. A gordura suína promoveu atividades enzimáticas superiores às do óleo de soja, possivelmente devido ao seu perfil de ácidos graxos. Conclui-se que a gordura suína é uma alternativa metabolicamente viável ao óleo de soja, sem efeitos negativos sobre as enzimas avaliadas, oferecendo uma opção de menor custo para dietas de frangos de corte.

Palavras chave: dietas alimentares; lipídeos; emulsificantes; enzimas digestivas.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of adding soybean gum (0%; 1.25%; 2.5%) and different lipid sources (soybean oil or pork fat at 0%; 1.3%; 2.6%; 3.9%) on digestive and hepatic enzyme activities in broilers. Six hundred Cobb 500 chicks were distributed in a completely randomized design. Trypsin, chymotrypsin, and hepatic alkaline phosphatase activities were analyzed at 7, 14, and 21 days of age. The results demonstrated significant variation in pancreatic enzymes according to age and lipid type, with no clear pattern related to gum or lipid levels. Hepatic alkaline phosphatase remained stable across all treatments, indicating no hepatic impairment. Pork fat promoted higher enzyme activities than soybean oil, possibly due to its fatty acid profile. It is concluded that pork fat is a metabolically viable alternative to soybean oil, with no negative effects on the enzymes evaluated, offering a lower-cost option for broiler diets.

Keywords: food diets; lipids; emulsifiers; digestive enzymes.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil consolida-se como um dos maiores produtores e exportadores de carne de frango do mundo, com uma produção de 14,972 milhões de toneladas em 2024, atrás apenas dos Estados Unidos (ABPA, 2025). Além disso, o setor avícola nacional é responsável por significativa parcela das exportações do agronegócio, com mais de 5 milhões de toneladas, 36% da sua produção, destinadas ao mercado externo em 2024, gerando receita de US\$ 9.928 milhões e empregando direta ou indiretamente cerca de 3,5 milhões de pessoas (ABPA, 2017; ABPA 2025). Diante desse cenário, a busca por eficiência produtiva e redução de custos torna-se

imperativa, especialmente considerando que a alimentação representa até 70% do custo total de produção de frangos de corte (BUTERI, 2003; SANTOS et al., 2023). Nesse contexto, a inclusão de fontes lipídicas alternativas e de menor custo nas dietas avícolas tem ganhado destaque. Lipídeos de origem vegetal, como o óleo de soja, e animal, como a gordura suína, são amplamente utilizados por sua alta digestibilidade e valor energético (BRANDÃO, 2008; ROSTAGNO et al., 2011). No entanto, a eficiência de utilização dessas fontes varia conforme a composição em ácidos graxos, a idade das aves e a presença de emulsificantes na dieta (MACARI; MAIORKA, 2017). A gordura animal, por exemplo, contém maior proporção de ácidos graxos saturados de cadeia longa, o que pode limitar sua digestibilidade em comparação ao óleo de soja, rico em ácidos graxos insaturados (DVORIN; ZOFEF; MOKADY, 1998).

Os emulsificantes, como a goma de soja – subproduto do refino do óleo bruto –, atuam facilitando a emulsificação lipídica e melhorando a digestão e absorção de gorduras, especialmente em aves jovens, que possuem capacidade limitada de produção de bile e lipase pancreática (JEASON; KELLOG, 1992). A goma de soja é produzida em larga escala no Brasil, com cerca de 750 mil toneladas geradas na safra 2016/2017 (EMBRAPA, 2017), e seu uso na alimentação animal representa uma alternativa sustentável para evitar descarte ambiental.

A digestão lipídica envolve processos sequenciais de emulsificação, hidrólise enzimática, formação de micelas e absorção (SANTOS et al., 2016; MACARI; MAIORKA, 2017). Enzimas digestivas como a tripsina e a quimotripsina pancreáticas desempenham papel crucial não apenas na digestão proteica, mas também indiretamente na lipólise, ao ativar enzimas como a fosfolipase A2, essencial para a formação de micelas (MORAN JR., 1994). Por outro lado, a fosfatase alcalina hepática é um marcador enzimático associado à saúde hepática e ao metabolismo ósseo, podendo refletir alterações metabólicas decorrentes da dieta (BURTIS; ASHWOOD, 2002; PAVARINA *et al.*, 2025).

Estudos indicam que a atividade enzimática digestiva em aves aumenta com a idade, atingindo maturidade por volta dos 10 a 14 dias de vida (NIR, 1998; VIEIRA; MORAN, 1999). No entanto, pouco se sabe sobre como a suplementação com emulsificantes e diferentes fontes lipídicas influencia a atividade de enzimas pancreáticas e hepáticas em frangos de corte nas primeiras semanas de vida.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo analisar o efeito da inclusão de diferentes níveis de goma de soja associada a diferentes níveis e fontes lipídicas nas dietas de frangos de corte, sobre as atividades enzimáticas da tripsina e quimotripsina pancreáticas e da fosfatase alcalina hepática.

2 METODOLOGIA

O presente estudo foi conduzido utilizando amostras biológicas e dados provenientes de experimento aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP (protocolo nº 08/2014), em conformidade com os Princípios Éticos na Experimentação Animal do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal.

2.1 Animais e desenho experimental

Foram utilizados 600 pintainhos de corte machos da linhagem Cobb 500, alojados em gaiolas de arame galvanizado sob condições controladas de temperatura (aquecimento inicial com lâmpadas incandescentes de 100 W) e com acesso *ad libitum* à água e ração. O período experimental foi de 21 dias, e as amostras foram coletadas aos 7, 14 e 21 dias de idade.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 × 3, compreendendo 12 tratamentos resultantes (Tabela 1) da combinação de quatro níveis de inclusão de lipídeos (0%; 1,3%; 2,6%; e 3,9%) e três níveis de goma de soja (0%; 1,25%; e 2,5%). Dois experimentos independentes foram realizados: um com óleo de soja como fonte lipídica e outro com gordura suína. As dietas foram formuladas para serem isocalóricas e isoproteicas, utilizando como base milho, farelo de soja e protenose de milho (para dietas com óleo de soja) ou farinha de carne e ossos (para dietas com gordura suína), conforme trabalho de Ouros (2016).

Tabela 1 - Composição dos tratamentos experimentais

Níveis de óleo de soja ou gordura suína				
Níveis de goma	0%	1,3%	2,6%	3,9%
0%	T1 (0/0)	T2 (0/1,3)	T3 (0/2,6)	T4 (0/3,9)
1,25%	T5 (1,25/0)	T6 (1,25/1,3)	T7 (1,25/2,6)	T8 (1,25/3,9)
2,5 %	T9 (2,5/0)	T10 (2,5/1,3)	T11 (2,5/2,6)	T12 (2,5/3,9)

Fonte: Ouros (2016), adaptado pelo autor.

2.2 Obtenção e processamento das amostras

Após o abate, pâncreas e fígados de cinco aves por tratamento foram coletados e homogeneizados para formar *pools* representativos, sendo cada agrupamento considerado uma amostra. Os tecidos foram homogeneizados em homogeneizador Turrax (OMNI, modelo GLH-2511) em tampão Tris-HCl 0,005 M, pH 7,5, contendo CaCl_2 0,005 M (pâncreas) ou MgCl_2 0,002 M e ZnCl_2 0,001 M (fígado), na proporção de 1 g de tecido para 10 mL de tampão. Os homogeneizados foram centrifugados a 10.000xg por 10 min a 4°C, e os sobrenadantes foram armazenados a -70°C para análises posteriores.

2.3 Determinação das atividades enzimáticas

- Atividade da tripsina: Foi determinada conforme método de Kakade et al. (1974), com adaptações do LEIA. O tripsinogênio foi ativado com enteroquinase (0,08 U) em tampão Tris-HCl 0,005 M, pH 8,2, com CaCl_2 0,005 M, a 37°C por 30 min. A reação foi iniciada com BAPNA (1 mL) como substrato, interrompida após 10 min com ácido acético 30% (v/v) e lida a 410 nm. A atividade foi expressa em U.mg⁻¹ de proteína.
- Atividade da quimotripsina: Seguiu o método de Erlanger et al. (1966). A ativação do quimotripsinogênio foi realizada com enteroquinase (0,08 U) em tampão Tris-HCl 0,002 M, pH 7,6, com CaCl_2 0,005 M. O substrato GAPNA (0,3 mL) foi adicionado, e a reação foi interrompida após 25 min com ácido acético 30%. A leitura foi realizada a 410 nm, e a atividade expressa em U.mg⁻¹ de proteína.
- Atividade da fosfatase alcalina hepática: Foi determinada pela hidrólise de *p*-nitrofenil fosfato (1 mM) em tampão AMPOL 100 mM, pH 10,5, a 37°C. A

reação foi interrompida após 10 min com NaOH 1 M, e a absorbância foi medida a 410 nm. A atividade foi expressa em nmol de *p*-nitrofenolato liberado por minuto por mg de proteína.

- A concentração de proteína nos extratos foi determinada pelo método de Hartree (1972), utilizando albumina bovina sérica (BSA) como padrão.

2.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o software Assistat versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016). A normalidade dos resíduos foi verificada pelo teste de Cramér-von Mises. Quando necessário, os dados foram transformados por $\sqrt{y}$ para atendimento dos pressupostos estatísticos. Na presença de interação significativa entre os fatores, realizou-se o desdobramento das interações, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As dietas com inclusão de diferentes níveis de goma de soja (0%; 1,25%; 2,5%) e lipídeos (0%; 1,3%; 2,6%; 3,9% de óleo de soja ou gordura suína) foram bem aceitas pelos animais e os resultados das atividades enzimáticas digestivas e hepáticas em frangos de corte aos 7, 14 e 21 dias de idade apresentarem diferenças.

3.1 Atividade da tripsina e quimotripsina

Os resultados indicaram que a atividade da tripsina e quimotripsina variou estatisticamente em função da idade, do tipo de lipídeo (Figura 1) e nível de emulsificante. Para a dieta com gordura suína, observou-se interação significativa ($p < 0,01$) entre os fatores em todas as idades. A atividade da tripsina apresentou valores mais elevados aos 14 e 21 dias, com pico no tratamento T9 (2,5% goma; 0% gordura) aos 14 dias (341,20 U.mg⁻¹). Por outro lado, a menor atividade foi registrada no tratamento T5 (1,25% goma; 0% gordura) aos 7 dias (165,67 U.mg⁻¹). Esses resultados sugerem que a maturação do sistema digestivo, conforme descrito por Vieira e Moran (1999) e Nir (1998), influencia diretamente a atividade proteolítica, com aumento progressivo até a segunda semana e declínio posterior.

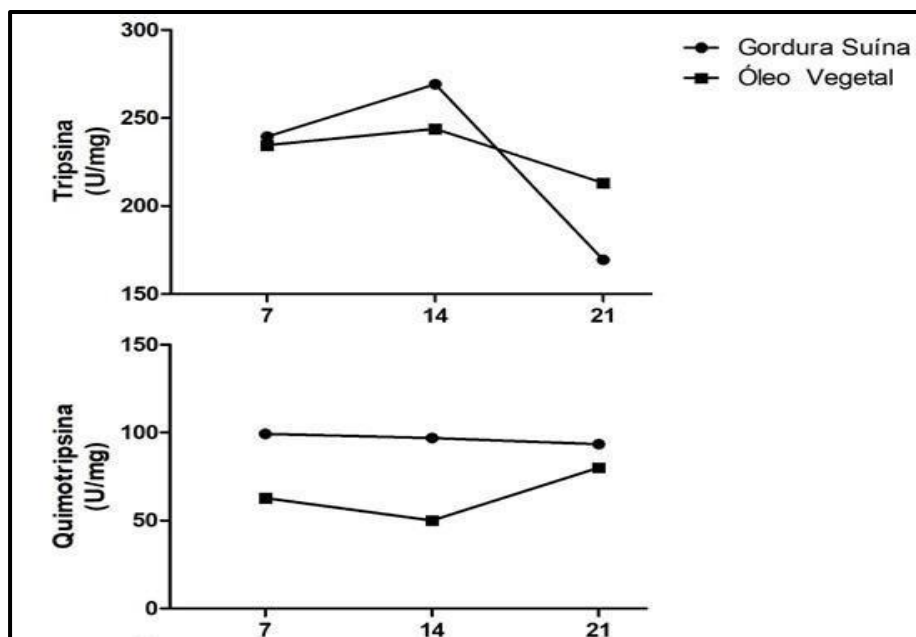


Figura 1 Atividade específica U.mg-1 de tripsina e quimotripsina de frangos de corte aos 7, 14 e 21 dias de idade, alimentados com as dietas controle (0% de goma de soja e 0% de gordura suína ou óleo de soja).

Fonte: Próprio autor

Para a dieta com óleo de soja, a tripsina não apresentou aumento linear com a idade, contradizendo parte da literatura (LIMA et al., 2002; 2003), mas alinhando-se aos controles deste estudo. A quimotripsina, por sua vez, mostrou tendência de aumento com a idade em ambas as dietas, corroborando estudos anteriores (LIMA et al., 2002; NIR, 1998). Os valores mais altos foram observados aos 21 dias, com 156,13 U.mg-1 para gordura suína (T8) e 107,71 U.mg-1 para óleo de soja (T4).

3.2 Atividade da fosfatase alcalina hepática

A fosfatase alcalina hepática apresentou variações numéricas, mas não estatisticamente significativas, em resposta às inclusões de goma ou lipídeos (Figura 2), indicando estabilidade metabólica hepática sob os tratamentos testados. Os valores médios mantiveram-se constantes nas idades em cada tratamento. Esses resultados sugerem que nem a gordura suína nem o óleo de soja, mesmo em níveis elevados (3,9%), provocaram estresse hepático ou alterações patológicas detectáveis pela enzima, concordando com a ideia de que a fosfatase alcalina é um marcador estável na ausência de lesões hepáticas significativas (BURTIS; ASHWOOD, 2002; SANTANA et al., 2025).

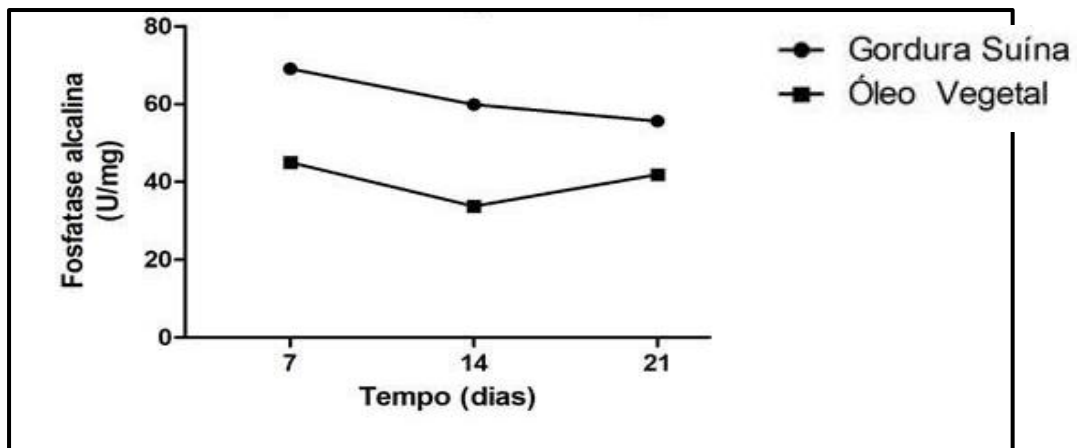


Figura 3. Atividade específica U.mg⁻¹ de fosfatase alcalina de frangos de corte aos 7, 14 e 21 dias de idade, alimentados com as dietas controle (0% de goma de soja e 0% de gordura suína ou óleo de soja).

Fonte: Próprio autor

Notavelmente, a atividade da fosfatase alcalina foi maior nas aves alimentadas com gordura suína em comparação com as recebendo óleo de soja. Essa diferença pode estar relacionada à composição dos ácidos graxos: a gordura suína, rica em ácidos graxos saturados de cadeia longa, exige maior esforço metabólico para digestão e absorção, possivelmente refletindo em maior atividade enzimática hepática (NELSON; COX, 2014).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições experimentais testadas até 21 dias de idade, com inclusão de até 2,5% de goma de soja e 3,9% de lipídeos conclui-se que, as atividades da tripsina e quimotripsina não apresentaram um padrão claro de resposta o que reforça a complexidade da regulação enzimática digestiva em aves jovens, já a fosfatase alcalina hepática manteve-se estável em todos os tratamentos indicando que não houve comprometimento da saúde hepática dos frangos.

Assim a gordura suína mostrou-se uma alternativa viável ao óleo de soja, do ponto de vista metabólico e enzimático, podendo ser utilizada como fonte lipídica de menor custo sem prejuízos detectáveis às enzimas estudadas.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos, teoria e prática**. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. p. 596.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL - ABPA. Relatório anual ABPA 2025. São Paulo: ABPA, 2025. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2025/04/ABPA-Relatorio-Anual-2025.pdf>. Acesso em: 11 set. 2025

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – ABPA. **Resumo do setor de aves**. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/resumo>> Acesso em: 06 de setembro de 2017.

BURTIS, C. A.; ASHWOOD E. R. **Tietz Fundamentos de química clínica**, 4^a. ed., Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2002.

BRANDÃO, T. M. **Diferentes tipos de óleos de soja e níveis de energia em dietas de frango: desempenho e característica de carcaça**. 2008. 62 f. Dissertação (Mestrado) – Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2008.

BUTERI, C. B. **Efeitos de diferentes planos nutricionais sobre a composição e o desempenho produtivo e econômico de frangos de corte**. 2003. 151 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

DVORIN, A.; ZOFFEF, Z.; MOKADY, S. Nutritional aspects of hydrogenated and regular soybean oil added to diets of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 77, p. 820-825, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Soja em números (safra 2016/2017)**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>> Acesso em: 05 de setembro de 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Tecnologia para produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos**. Acesso em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/126080/1/Doc171-OL.pdf>> Acesso em: 11 de dezembro de 2017.

ERLANGER, B. F.; VRATSANOS, S. M.; WASSERMAN, N.; COOPER, A. G. **Biochem. Biophys. Res. Commun.** 1966. p. 23-243.

HARTREE, E. F. Determination of protein. A modification of the Lowry method that gives a linear photometric response. **Analytical Biochemistry**, Rio de Janeiro, v. 48, n. 2, p. 422-427, 1972.

JEASON, S. E.; KELLOG, T. F. Ontogeny of taurocholate accumulation in terminal ileal mucosal cells of young chicks. **Poultry Science**, Oxford, v. 71, n. 2, p. 367372, 1992.

KAKADE, M. L.; RACKIS, J. J.; MCGHEE, J. E.; PUSKI, G. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: A collaborative analysis of an improved procedure. **Cereal Chem.** 1974 p. 376-382.

LIMA, A. C. F.; MACARI, M.; PIZAURUO JÚNIOR J. M.; MALHEIROS, E. B. Atividade Enzimática Pancreática de Frangos de Corte Alimentados com Dietas Contendo Enzima ou Probiótico. [Editorial]. **Revista Brasileira de Ciências Avícola**, v. 4, n. 3, p. 187-193, Set-Dez 2002.

LIMA, A. C. F.; PIZAURUO JÚNIOR, J. M.; MACARI, M.; MALHEIROS, E. B. Efeito do Uso de Probiótico sobre o Desempenho e Atividade de Enzimas Digestivas de Frangos de Corte. [Editorial]. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 1, p. 200207, 2003.

MACARI, M. MAIORKA, A. **Fisiologia das aves comerciais**. Jaboticabal: FUNEP, 2017, 806p.

MORAN JR., E. Digestão e absorção de gorduras. In: FACTA (Ed.) **Fisiologia da digestão e absorção das aves**. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1994. p.71-78.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lenhinger**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. 1336 p.

NIR, I. Mecanismos de digestão e absorção de nutrientes durante a primeira semana. CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1998. p.81-89.

OUROS, C.C. **Potencial de emulsificação do resíduo do óleo de soja (goma de soja) sobre a digestibilidade de dietas com inclusão de diferentes fontes lipídicas**. 2016. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira. 2016.

PAVARINA, GABRIELLA CAVAZZINI; FERNANDEZ ALARCON, MIGUEL FREDERICO; SANTANA, CAROLINE CARLA; SANTOS, LUIZ FLÁVIO JOSÉ DOS; FURLAN, RENATO LUIS; PIZAURUO JUNIOR, JOAO MARTINS. Avaliação da fosfatase alcalina intestinal de frangos de corte alimentados com probióticos e/ou óleos essenciais. In: **FRONTEIRAS da tecnologia: explorando o futuro da ciência e da inovação**. Ponta Grossa: Atena Edição de Livros, [s.d.]. cap.2. 2025. DOI: 10.22533/at.ed.782122512082.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 252 p, 2011.

SANTANA, CAROLINE CARLA; PAVARINA, GABRIELLA CAVAZZINI; COLOSIO, RAFAEL RODRIGUES; NEIRA, LIGIA MARIA; GONÇALVES, ADRIANO MARQUES; SANTOS, LUIZ FLÁVIO JOSÉ DOS; PIZAURO JUNIOR, JOAO MARTINS. *Estudo de padronização das atividades de fosfatases e LPS-desfosforilase presentes em fígado de*

girinos de rã-touro (Lithobates catesbeianus). **Anais...** 2025. DOI: 10.46898/autopub.87c60bf2-e993-4e41-b475-814c3f6975a3. Publicado em 6 de setembro de 2025, às 20:16:51.

SANTOS, LUIZ FLÁVIO JOSÉ DOS; OLIVEIRA-BAHIA, VERÔNICA REGINA LOBATO DE; NAKAGHI, LAURA SATIKO OKADA; STEFANI, MARTA VERARDINO DE STEFANI; GONÇALVES, ADRIANO MARQUES; PIZAURO JUNIOR, JOÃO MARTINS. Ontogeny of the Digestive Enzymes of Tadpoles of *Lithobates catesbeianus*. **Copeia**, v. 104, n. 4, p. 838–842, 2016.

SANTOS, L. F. J. et al. Effects of Supplementation of Zinc, Manganese, or Copper on Growth Performance, Bone Mineralization and Antioxidant Status of Broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 25, 2023. DOI: 10.1590/1806-9061-2022-1722.

SILVA, F. DE A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. DE. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

VIEIRA, SL.; MORAN, E.T. Effect of egg of origin and chick post-hatch nutrition on broiler live performance and meat yields. **World's Poultry Science Journal**, Wallingford, v.55, p.126-142, 1999.

DIÁLOGOS EM TEMAS DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AGRÁRIAS-Vol. 1

**É com grande satisfação que apresentamos a coletânea
DIÁLOGOS EM TEMAS DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E
AGRÁRIAS – Vol. 1, uma obra que reúne pesquisas, relatos
de experiência e reflexões produzidas por pesquisadores,
professores e estudantes que se dedicam ao estudo e ao
avanço das Ciências Biológicas e Agrárias.**

**Esta publicação busca promover um espaço de diálogo in-
terdisciplinar, dando visibilidade a diferentes abordagens
teóricas e metodológicas que tratam de temas relevantes para
o desenvolvimento científico, a sustentabilidade ambiental e a
inovação tecnológica nas áreas biológicas e agrárias.**

Autopub Editora
CNPJ 54.303.895/0001-62
Telefone: 9198473-5110
contato@autopubeditora.com
Ed. Rogélio Fernandez Business Center - Tv. Quintino Bocaiú-
va, 2301 - Batista Campos, Belém - PA, 66045-315
www.autopubeditora.com

