

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo deste documento será disponibilizado somente a partir de 17/11/2027.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

“METALOPROTEÔMICA DO SELÊNIO E ZINCO NO TECIDO
HEPÁTICO DE GALINHAS POEDEIRAS SOB ESTRESSE TÉRMICO
SUPLEMENTADAS COM ÓLEO DE SEMENTE DE MARACUJÁ”

LUANE BENEDITA GONÇALVES ANDRADE

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Zootecnia como parte
das exigências para obtenção de Título de
Mestre em Zootecnia

BOTUCATU – SP
OUTUBRO 2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

“METALOPROTEÔMICA DO SELÊNIO E ZINCO NO TECIDO
HEPÁTICO DE GALINHAS POEDEIRAS SOB ESTRESSE TÉRMICO
SUPLEMENTADAS COM ÓLEO DE SEMENTE DE MARACUJÁ”

LUANE BENEDITA GONÇALVES ANDRADE
Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Pedro de Magalhães Padilha
Coorientador: Prof. Dr. José Roberto Sartori

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Zootecnia como parte
das exigências para obtenção de Título de
Mestre em Zootecnia

BOTUCATU – SP
OUTUBRO 2025

A553m Andrade, Luane Benedita Gonçalves

 Metaloproteômica do selênio e zinco no tecido hepático de galinhas poedeiras sob estresse térmico suplementadas com óleo de semente de maracujá / Luane Benedita Gonçalves Andrade. -- Botucatu, 2025

 65 p. : il., tabs.

 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu

 Orientador: Pedro de Magalhães Padilha

 Coorientador: José Roberto Sartori

 1. Metaloproteômica. 2. Avicultura. 3. Nutrição Animal. 4. Estresse térmico. 5. Biomarcadores. I. Título.

ATESTADO DE APROVAÇÃO - DEFESA

Atestamos que LUANE BENEDITA GONÇALVES ANDRADE, RA nº: ZNP230197, RG nº 7312500, expedido pela /PA, defendeu, no dia 17/11/2025, a dissertação intitulada Metaloproteômica do selênio e zinco no tecido hepático de galinhas poedeiras sob estresse térmico suplementadas com óleo de semente de maracujá, junto ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Curso de Mestrado Acadêmico, tendo sido 'APROVADA'.

Atestamos ainda que a obtenção do título dependerá de homologação pelo Órgão Colegiado competente.

Botucatu, 17 de novembro de 2025

Documento emitido às 07:17 do dia 01/12/2025
Código de autenticidade: 5CD5-545A-FAAE-09DB-78A2-0F53-EE44-B657
Documento válido até às 07:17 do dia 30/01/2026



BIOGRAFIA DO AUTOR

Possui graduação em Zootecnia pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), campus Belém, formada no ano de 2023, em 2020 participou do Programa Institucional Voluntário de Iniciação Científica (PROIC), no Núcleo de Pesquisa em Animais Não Ruminantes, com o trabalho intitulado: “Uso de óleo vegetal da Amazônia na qualidade de carne de frangos de crescimento rápido”. No ano de 2021, iniciou estágio na área de Nutrição de Cães e gatos – Biotério Canil/Gatil na UFRA. Em 2022, realizou estágio obrigatório na Universidade de São Paulo, Campus de Pirassununga, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, na área de Avicultura. Atualmente está cursando mestrado no Programa de Pós-graduação em Zootecnia na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, FMVZ-UNESP, Campus de Botucatu-SP.

DEDICATÓRIA

À minha mãe e meu pai, por
todo incentivo e apoio.

De todo meu coração, dedico.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à Deus por todas as oportunidades que me foram concedidas durante esses anos de estudo que me trouxeram até aqui, pela saúde, força, sabedoria, fé e coragem para seguir com os meus sonhos e superar todos os obstáculos que surgiram durante esse período.

Agradeço aos meus pais, Maria Luzia Gonçalves e Hélio Palheta Andrade, que sempre, apesar de todas as dificuldades, me incentivaram e apoiaram os meus sonhos, por mais que isso me fizesse ficar longe deles, obrigada por nunca me deixar falta nada, principalmente amor. Agradeço aos meus irmãos, Alan e André, pelo companheirismo, amizade e amor, vocês são essenciais em todas as etapas da minha vida, sempre me incentivando e me inspirando ser melhor a cada dia. Aos meus pets, Minnie e Joe, por todo amor que não é expresso por palavras, mas é sentido.

A minha família que construir em Botucatu, Evelyn, Sophya e Gaspar, dividimos não apenas uma casa, mas sonhos e sentimentos, sou grata por conviver com vocês, mudar para outro estado não é fácil e vocês conseguiram deixar isso mais leve, com todo amor e companheirismo que construímos nesses anos.

Agradeço pelas amizades que fiz durante esses dois anos de mestrado, graças a vocês o caminho na pós foi mais leve, compartilhando momentos inesquecíveis na vida acadêmica e fora dela, guardo em meu coração cada memória dos dias que passamos juntos, seja dos dias ruins ou dos dias bons, todos eles nos trouxeram ao dia de hoje, agradecendo assim, a equipe do Laboratório de Nutrição de aves que se tornou uma família, em especial Joyce, Júlia, Gabrieli, Laís, Vinicius e Paola, agradeço pelos incentivos e por tornarem meus dias melhores.

Ao meu orientador Prof. Dr. Pedro de Magalhães Padilha, pela oportunidade de me orientar no mestrado. Sou imensamente grata pelos ensinamentos e por dedicar seu tempo e compartilhar seu conhecimento, que são essenciais para meu crescimento profissional. Agradeço ao meu coorientador Prof. Dr. José Roberto Sartori, pela oportunidade que me foi concedida quando entrei em contato para realização do mestrado na UNESP, e por todo ensinamento compartilhado nesse período. Agradeço ao Dr. José Cavalcante de Souza Vieira, pelos ensinamentos no laboratório e pela paciência em sempre estar auxiliando durante os experimentos.

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, aos professores do programa que contribuíram para aperfeiçoamento na minha área de atuação, um agradecimento especial à Cláudia, que sempre é muito solícita com todos. À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” campus de Botucatu.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Agradeço a concessão de bolsa de mestrado.

EPÍGRAFE

“Quem caminha sozinho pode
até chegar mais rápido, mas
aquele que vai acompanhado,
com certeza vai mais longe.”

— *Clarice Lispector*

RESUMO GERAL

A busca por produtos de origem animal que garanta valores nutritivos consideráveis para alimentação humana, cresceu expressivamente nos últimos anos, entre os alimentos que proporcionam valor nutricional e de acessibilidade para os consumidores, destaca-se os ovos de galinhas poedeiras. Na garantia de manter a qualidade do produto, condições de saúde e bem-estar devem ser prioridade na criação de galinhas poedeiras, no entanto, o aumento da temperatura global, compromete os índices zootécnicos dos animais de produção, principalmente, aves comerciais por conta de suas características fisiológicas que dificulta a dissipação de calor. Nesse contexto, a aplicação de estratégias nutricionais, como a utilização de fitogênicos na dieta para mitigar os efeitos ocasionados pelo estresse térmico, em conjunto com ferramentas analíticas, como a metaloproteômica, na investigação de microminerais, como selênio e zinco, no processo biológico do organismo animal, para estudos mais amplos da importância dos minerais para aves que são expostas as condições de estresse por calor. Dessa forma, este estudo teve como objetivo, avaliar os efeitos do óleo de semente de maracujá nas concentrações de selênio e zinco no tecido hepático de galinhas poedeiras. Portanto, foram alojadas um total de 96 aves da linhagem Lohmann White de 26 semanas, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em arranjo fatorial 2x2, sendo duas temperaturas, com dois tratamentos e seis repetições, com quatro aves cada. Os tratamentos foram distribuídos da seguinte forma, suplementação de 0,9% de óleo de semente de maracujá (OSM): TM (termoneutra + 0,9% OSM), TC (termoneutra controle), ME (estresse + 0,9% OSM) e CE (estresse controle). A metaloproteômica das amostras de tecido hepático foi realizada por meio da estratégia 2D-PAGE - LC MS/MS, onde se foi caracterizado a abundância das proteínas diferencialmente expressas relacionadas ao estresse térmico em galinhas poedeiras alimentadas com OSM. As proteínas GRP78 (Glucose-Regulated Protein 78 kDa) e HSPs: *heat shock cognate 71 kDa protein* (HSP70), *heat shock 70 kDa protein* (HSP70), *heat shock protein HSP 90-alpha* (HSP90), *stress-70 protein mitochondrial* (HSP70) e *60 kDa heat shock protein mitochondrial* (HSP60), apresentam características que são responsáveis pela adaptação do fígado em condições de estresse por calor, além disso, o OSM atua na proteção da concentração de selênio e zinco no tecido hepático de galinhas poedeiras, minimizando os impactos causados pelo estresse térmico.

Palavras-chave: índices zootécnicos, 2D-PAGE – LC MS/MS, proteínas, microminerais.

ABSTRACT

The search for animal products that guarantee considerable nutritional value for human consumption has grown significantly in recent years. Among the foods that provide nutritional value and accessibility for consumers, eggs from laying hens stand out. To ensure product quality, health and well-being conditions must be a priority in the raising of laying hens. However, the increase in global temperature compromises the zootechnical indices of production animals, especially commercial poultry, due to their physiological characteristics that hinder heat dissipation. In this context, the application of nutritional strategies, such as the use of phytogenics in the diet to mitigate the effects caused by heat stress, in conjunction with analytical tools, such as metalloproteomics, in the investigation of microminerals, such as selenium and zinc, in the biological processes of the animal organism, is crucial for broader studies of the importance of minerals for birds exposed to heat stress conditions. Therefore, this study aimed to evaluate the effects of passion fruit seed oil on selenium and zinc concentrations in the liver tissue of laying hens. A total of 96 Lohmann White hens, 26 weeks old, were housed in a completely randomized design (CRD) in a 2x2 factorial arrangement, with two temperatures, two treatments, and six replicates of four birds each. The treatments were distributed as follows, supplementation with 0.9% passion fruit seed oil (PFO): TM (thermoneutral + 0.9% PFO), TC (thermoneutral control), ME (stress + 0.9% PFO), and CE (stress control). Metalloproteomics of liver tissue samples were performed using the 2D-PAGE - LC MS/MS strategy, where the abundance of differentially expressed proteins related to heat stress in laying hens fed PFO was characterized. The proteins GRP78 (Glucose-Regulated Protein 78 kDa) and HSPs: heat shock cognate 71 kDa protein (HSP70), heat shock 70 kDa protein (HSP70), heat shock protein HSP 90-alpha (HSP90), stress-70 protein mitochondrial (HSP70) and 60 kDa heat shock protein mitochondrial (HSP60), exhibit characteristics that are responsible for the liver's adaptation to heat stress conditions. Furthermore, OSM acts to protect the concentration of selenium and zinc in the liver tissue of laying hens, minimizing the impacts caused by heat stress.

Keywords: zootechnical indexes, *2D-PAGE* – LC MS/MS, proteins, microminerals.

Lista de Ilustrações

Capítulo I

Figura 1. Componentes do maracujá amarelo (<i>Passiflora edulis f. flavicarpa</i>).....	20
--	----

Capítulo II

Figura 1. Eletroforese 2D-PAGE do proteoma hepático (grupo TM). Exemplo representativo do gel obtido a partir do <i>pool</i> de amostras do tecido hepático de poedeiras alimentadas com dieta suplementada com OSM.....	38
---	----

Figura 2. Resultados da análise funcional das <i>Se/Zn-metal binding proteins</i> obtidos via <i>software</i> STRING. Os resultados estão categorizados em: A) Componentes Celulares; B) Funções Moleculares e C) Processos Biológicos.....	47
--	----

Figura 3. Rede de interações proteína-proteína (<i>Protein-Protein Interaction Network</i>) das <i>Se/Zn-metal binding proteins</i> construída utilizando o <i>software</i> STRING.....	48
--	----

Lista de Tabelas

Capítulo II

Tabela 1. Concentrações médias e Coeficientes de Correlação de Pearson (ρ) de *pellets* proteicos do tecido hepático de galinhas poedeiras expostas à termoneutralidade e ao estresse por calor, com e sem a inclusão de OSM na dieta.....37

Tabela 2. Concentrações de selênio e zinco nos *spots* proteicos do tecido hepático de galinhas poedeiras dos grupos TM (termoneutra controle), TC (termoneutra maracujá), ME (maracujá estresse) e CE (controle estresse).....39

Tabela 3. Concentração média de selênio e zinco no óleo de semente de maracujá.....40

Tabela 4. Proteínas identificadas por LC-MS/MS nos *spots* proteicos associados ao Se e Zn do tecido hepático de galinhas poedeiras suplementadas 0,9% de óleo de semente de maracujá.....42

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

SAM	Adrenomedular simpática
HPA	Hipotálamo-hipófise-adrenal
EROs	Espécies reativas de oxigênio
Se	Selênio
Zn	Zinco
GPx	Glutathione peroxidase
DNA	Ácido desoxirribonucleico
RNA	Ácido ribonucleico
MS	Espectrometria de Massa
P	Fósforo
OSM	Óleo de semente de maracujá
HOBO	Once data loggers
IEF	Focalização isoelétrica
pIs	Pontos isoelétricos
HNO ₃	Ácido nítrico
PUFAs	Ácidos graxos poli-insaturados
IgM	Imunoglobulina M
IgG	Imunoglobulina G
LA	Ácido linoleico
AA	Ácido araquidônico
LNA	Ácido linolênico
EPA	Ácido eicosapentaenoico
DHA	Ácido docosaexaenoico

Sumário

CAPÍTULO 1.....	14
1. Considerações Iniciais.....	15
2. Revisão de Literatura.....	16
2.1 Consequências do estresse por calor na avicultura.....	16
2.2 Importância dos minerais para fisiologia de aves.....	17
2.3 Funções do Selênio e Zinco.....	18
2.4 Maracujá (<i>Passiflora edulis f. flavicarpa</i>).....	20
2.5 Metaloproteômica.....	21
2.6 Metaloproteômica e suas implicações para produção animal.....	22
3. Referências.....	23
CAPÍTULO 2.....	29
1. Introdução.....	31
2. Material e Métodos.....	32
2.1 Animais, tratamentos e dietas.....	31
2.1.1 Configuração experimental.....	32
2.1.2 Dietas e Iluminação.....	32
2.1.3 Condições climáticas.....	32
2.2 Coleta de amostras.....	32
2.3 Extração e precipitação das proteínas.....	33
2.4 Determinação da proteína total.....	33
2.5 Eletroforese bidimensional (2D-PAGE).....	33
2.6 Determinação de Selênio e Zinco nas amostras de tecido hepático, <i>pellets</i> e <i>spots</i> proteicos.....	34
2.7 Análises por espectrometria de massas em sequência acoplada a cromatografia líquida (LC-MS/MS).....	35
2.7.1 Caracterização dos <i>spots</i> proteicos associados ao Se e Zn por LC-MS/MS.....	35
2.8 Análise de caracterização mineral do óleo de semente de maracujá.....	35
2.8.1 Determinação de selênio e zinco.....	35
2.8.2 Análise dos compostos voláteis.....	35
3. Resultados.....	36

3.1	Determinação de Se e Zn nos <i>pellets</i> proteicos do tecido hepático.....	36
3.2	Análise de imagem do gel e mapeamento do Se e Zn nos <i>spots</i>	37
3.3	Determinação de Se e Zn no óleo de semente de maracujá e identificação de compostos voláteis por GC-MS.....	40
3.4	Caracterização dos <i>spots</i> proteicos associados ao Se e Zn por LC – MS/MS e análise funcional das <i>Se/Zn – metal binding proteins</i> utilizando o software STRING.....	40
4.	Discussão.....	48
4.1	Determinação de Se e Zn nos <i>pellets</i> proteicos de compostos voláteis no OSM....	48
4.2	Caracterização dos spots proteicos associados ao Se e Zn por LC – MS/MS.....	50
4.2.1	Análise funcional das <i>Se/Zn – metal binding protein</i>	53
5.	Conclusão.....	54
6.	Referências.....	54
CAPÍTULO 3		61
1.	Implicações.....	62

CAPÍTULO I

1. Considerações Iniciais

O setor agrícola apresenta grande importância no sistema de alimentação global, sendo fundamental para solução de questões sociais, como diminuição da pobreza, garantia de segurança alimentar e progresso econômico de países, como o Brasil (Chitkara et al., 2025).

A demanda por produtos de origem animal expandiu nos últimos anos, com o advento do crescimento da população mundial, e para atender à crescente demanda, busca-se intensificar a produção para alcançar os objetivos esperados. Entretanto, é necessário integrar práticas de sustentabilidade na produção animal, visando ultrapassar desafios gerados a partir das mudanças climáticas, práticas que consistem no bem-estar e saúde animal, assim como, aplicabilidade de recursos naturais e uso de tecnologias que auxiliam na produção econômica e sustentável, no qual estão relacionadas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) representados pela Agenda 2030 da ONU, entre os objetivos citados, destaca-se: fome zero e agricultura sustentável, consumo e produção responsáveis (Silveira et al., 2024).

O mundo passa por uma série de mudanças ambientais, no qual os eventos climáticos extremos tornaram-se mais frequentes (Dong et al., 2023). O estresse térmico é responsável por impacto substancial em humanos e animais. Aves de produção são consideradas mais sensíveis ao estresse por calor, sob influência de condições fisiológicas como, ausência de glândulas sudoríparas, excesso de penas e metabolismo acelerado, ocasionando declínio no bem-estar, refletindo negativamente na produção e reprodução dos animais (Wasti et al., 2021; Olutumise, 2023; Wu et al., 2023). A exposição de galinhas poedeiras em condições severas de calor, provocam a redução na coloração da gema, espessura e resistência de casca, além de comprometer as unidades Haugh dos ovos (Kim et al., 2024).

A busca por estratégias nutricionais que visam diminuir as consequências causadas pelas altas temperaturas é um processo de grande relevância para cadeia de produção, pois o uso de fitogênicos na ração, como os extratos vegetais, possui propriedades que auxiliam em respostas para melhor desempenho animal. Entre as características desejáveis, destacam-se suas propriedades antimicrobianas, anti-inflamatórias e capacidade antioxidante (Brene; Roura, 2010).

A inserção de ferramentas relacionadas a ciências ômicas, como a proteômica, tem auxiliado em uma visão mais ampla de estudos da ciência animal, permitindo visualizar âmbitos mais complexos que envolve pesquisas veterinárias e biológicas, incluindo abordagens direcionadas ao campo de pesquisa para o setor avícola (Almeida et al., 2015; Ribeiro et al., 2020; Alessandrini et al., 2024).

Dessa forma, a manipulação dos aditivos fitogênicos, como o óleo de semente de maracujá, poderá resultar em melhores condições de desempenho animal, favorecendo os impactos danosos resultantes do estresse (Abdel-Moneim et al., 2021). A inclusão do óleo na dieta de poedeiras permite o entendimento da sua capacidade antioxidante e seus mecanismos de defesa no metabolismo dos animais, além da busca por biomarcadores relacionados a diminuição do estresse.

3. Referências

ALMEIDA, A. M.; BASSOLS, A.; BENDIXEN, E.; BHITE, M.; CECILIANI, F.; CRISTOBAL, S.; ECKERSALL, P. D.; HOLLUNG, K.; LISACEK, F.; MAZZUCCHELLI, G.; MCLAUGHLIN, M.; MILLER, I.; NALLY, J. E.; PLOWMAN, J. E.; RENAUT, J.; RODRIGUES, P.; RONCADA, P.; STARIC, J.; TURK, R.. Animal board invited review: advances in proteomics for animal and food sciences. **Animal**. v. 9, n. 1, p. 1-17, 2015.

ABDEL-MONEIM, A. E.; SHEHATA, A. M.; KHIDR, R. E.; PASWAN, V. K.; IBRAHIM, N.S.; EL-GHOUL, A. A.; ALDHUMRI, S. A.; GABR, S. A.; MESALAM, N. M.; ELBAZ, A. M.; ELSAYED, M. A.; WAKWAK, M. M.; EBEID, T. A. Nutritional manipulation to combat heat stress in poultry–A comprehensive review. **Journal of Thermal Biology**, v. 98, p. 102-915, 2021.

ALESSANDRONI, L.; SAGRATINI, G.; GAGAOUA, M. Proteomics and bioinformatics analyses based on two-dimensional electrophoresis and LC-MS/MS for the primary characterization of protein changes in chicken breast meat from divergent farming systems: Organic versus antibiotic-free. **Food Chemistry: Molecular Sciences**, v. 8, p. 100-194, 2024.

ABITEW, Y. A.; REYER, H.; HADLICH, F.; OSTER, M.; TRAKOOLJUL, N.; SOMMERFELD, V.; RODEHUTSCORD, M.; WIMMERS, K.; PONSUKSILI, S. Transcriptional responses to diets without mineral phosphorus supplementation in the jejunum of two high-yielding laying hen strains. **Poultry Science**, v. 103, n. 12, p. 104-484, 2024.

AHMAD, Z.; SAHOTA, A. W.; AKRAM, M.; KHALIQUE, A.; JATOI, A. S.; SHAFIQUE, M.; USMAN, M.; KHAN, U. Pre and post-moult productive efficiency in four varieties of indigenous Aseel chicken during different production cycles. **JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 24, n. 5, 2014.

BERNABUCCI, U.; BIFFANI, S.; BUGGIOTTI, L.; VITALI, A.; LACETERA, N.; NARDONE, A. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. **Journal of dairy science**, v. 97, n. 1, p. 471-486, 2014.

BRENES, A.; ROURA, E. Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. **Animal feed science and technology**, v. 158, n. 1-2, p. 1-14, 2010.

BYRNE, L.; ROSS, S.; TAYLOR-PICKARD, J.; MURPHY, R. The effect of organic trace mineral supplementation in the form of proteinates on performance and sustainability parameters in laying hens: A meta-analysis. **Animals**, v. 13, n. 19, p. 3132, 2023.

BERTECHINI, A. G. Nutrição de monogástricos. 3. ed. Minas Gerais: UFLA, 2021. p. 19-255.

BOMBIK, E.; BOMBIK, A.; PIETRZKIEWICZ, K. Analysis of zinc and copper content in selected tissues and organs of wild mallard ducks (*Anas platyrhynchos* L.) in Poland. **Animals**, v. 14, n. 8, p. 1176, 2024.

BALDASSINI, W. A.; BRAGA, C. P.; CHARDULO, L. A. L.; SILVA, J. A. V.; MALHEIROS, J. M.; ALBUQUERQUE, L. G.; FERNANDES, T. T.; PADILHA, P. M.

Bioanalytical methods for the metalloproteomics study of bovine longissimus thoracis muscle tissue with different grades of meat tenderness in the Nellore breed (*Bos indicus*). **Food chemistry**, v. 169, p. 65-72, 2015.

BENDIXEN, E.; DANIELSEN, M.; HOLLUNG, K.; GIANAZZA, E.; MILLER, I. Farm animal proteomics—a review. **Journal of proteomics**, v. 74, n. 3, p. 282-293, 2011.

CARVALHO, L.; LIMÃO, L.; FAGUNDES, N. S.; FERNANDES, E. Níveis de excreção de microminerais em frangos de corte alimentados com minerais orgânicos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 19, p. e33086, 2018.

CANOĞULLARI, S.; AYAŞAN, T.; BAYLAN, M.; ÇOPUR, G. Yumurtacı japon bildircinlerinin karma yemlerine organik ve inorganik selenyum katkısının yumurta verim parametreleri ile yumurta selenyum içeriğine etkileri. **Kafkas Univ Vet Fak Derg**, v. 16, n. 5, p. 743-749, 2010.

CHEN, Y.; HAO, Z.; LV, Z.; NING, Z.; GUO, Y.; YUAN, J. Comparative Effects of Organic and Nano-Selenium on Egg Quality and Antioxidant Capacity in Layer Hens. **Foods**, v. 14, n. 9, p. 14-54, 2025.

CHITKARA, M.; GURAO, A.; KAUR, H.; DIGE, M.S.; SODHI, M.; MUKESH, M.; KATARIA, R.S. Omics approaches to understand impact of heat stress on semen quality and fertility in bovines. **Animal Reproduction Science**. v. 274, p. 107-786, 2025.

DA SILVA, J. V. C.; COSTA, F. G. P.; LIMA, A. V.; NASCIMENTO, C. H.; SOUZA, P, E. L. Zinco, cobre e manganês na nutrição de poedeiras comerciais: uma revisão. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 23, n. 2, p. e9068-e9068, 2025.

DE OLIVEIRA, C. M.; FRIZZAS, M. R. Principais pragas do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) e seu manejo. **Embrapa**, 2014.

DONG, H.; ERDENEGEREL, A.; HOU, X.; DING, W.; BAI, H.; HAN, C. Herders' adaptation strategies and animal husbandry development under climate change: A panel data analysis. **Science of The Total Environment**, v. 872, p. 162-144, 2023.

EMBRAPA. **Produção brasileira de maracujá em 2023**. EMBRAPA, 2024. Disponível em:

>http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/maracuja/b1_maracuja.pdf> Acesso em 29 mai. 2025.

FALEIRO, F. G. Maracujá: fruta nativa do Brasil para o mundo. **Campo e negócios**, 2022.

FARAHANI, M. M.; HOSSEINIAN, S. A. Effects of dietary stinging nettle (*Urtica dioica*) on hormone stress and selected serum biochemical parameters of broilers subjected to chronic heat stress. **Veterinary Medicine and Science**, v. 8, n. 2, p. 660-667, 2022.

FERRARI, R. A.; COLUSSI, F.; AYUB, R. A. Caracterização de subprodutos da industrialização do maracujá-aproveitamento das sementes. **Revista Brasileira de fruticultura**, v. 26, p. 101-102, 2004.

FU, D.; FINNEY, L. Metalloproteomics: challenges and prospective for clinical research applications. **Expert review of proteomics**, v. 11, n. 1, p. 13-19, 2014.

GONZALEZ-RIVAS, P. A.; CHAUHANA, S. S.; HAA, M.; FEGANB, N.; DUNSHEAA, F. R.; WANER, R. D. Effects of heat stress on animal physiology, metabolism, and meat quality: A review. **Meat science**, v. 162, p. 108025, 2020.

HUSSAIN, A.; JIANG, W.; WANG, X.; SHAHID, S.; SABA, N.; AHMAD, M.; DAR, A.; MASOOD, S. U.; IMRAN, M.; MUSTAFA, A. Mechanistic impact of zinc deficiency in human development. **Frontiers in Nutrition**, v. 9, p. 717064, 2022.

INVERNIZZI, G.; AGAZZI, A.; FERRONI, M.; REBUCCI, R.; FANELLI, A.; BALDI, A.; DELL'ORTO, V.; SAVOINI, G. Effects of inclusion of selenium-enriched yeast in the diet of laying hens on performance, eggshell quality, and selenium tissue deposition. **Italian Journal of Animal Science**, v. 12, n. 1, p. e1, 2013.

JÚNIOR, J. P. F.; COSTA, F. G. P.; GIVISIEZ, P. E. N.; LIMA, M. R.; SILVA, J. H. V.; FIGUEIREDO-LIMA, D. F.; SARAIVA, E. P.; SANTANA, M. H. M. Substituição de minerais inorgânicos por orgânicos na alimentação de poedeiras semipesadas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 513-518, 2013.

KIM, C. H.; JEONG, S. H.; LIM, S. J.; CHEON, S. N.; KIM, K.; CHUN, J.; JEON, J. Effect of organic or inorganic mineral premix in the diet on laying performance of aged laying hens and eggshell quality. **Animals**, v. 12, n. 18, p. 2378, 2022.

KHAN, I. M.; GUL, H.; KHAN, S.; NASSAR, N.; KHALID, A.; SWELUM, A. A.; WANG, Z. Green tea polyphenol epigallocatechin-3-gallate mediates an antioxidant response via Nrf2 pathway in heat-stressed poultry: A review. **Poultry Science**, p. 105071, 2025.

KUMAR, P.; AHMED, M. A.; ABUBAKAR, A. A.; HAYAT, M. N.; KAKA, U.; AJAT, M.; GOH, Y. M.; SAZILI, A. Q. Improving animal welfare status and meat quality through assessment of stress biomarkers: a critical review. **Meat Science**, v. 197, p. 109048, 2023.

LI, Q.; ZHOU, H.; OUYANG, J.; GUO, S.; ZHENG, J.; LI, G. Effects of dietary tryptophan supplementation on body temperature, hormone, and cytokine levels in broilers exposed to acute heat stress. **Tropical animal health and production**, v. 54, n. 3, p. 164, 2022.

LIMA, P. M. DE, CAVALCANTE, J. Vieira. S.; CAVECCI-MENDONÇA, B.; FLEURI, L. F.; LEITE, A.; AFONSO, D. L.; BUZALAF, M. R.; PEZZATO, L. E.; BRAGA, C. P. (2019). Identification of Zinc Absorption Biomarkers in Muscle Tissue of Nile Tilapia Fed with Organic and Inorganic Sources of Zinc Using Metallomics Analysis. **Biological Trace Element Research**, 190, 1– 26 14.

MANUCHARYAN, M. Climate change impacts on sustainable agriculture: Evidence from Armenia. **Unconventional Resources**, v. 6, p. 100-159, 2025.

MASHALY, M. M.; HENDRICKS, G. L.; KALAMA, M. A.; GEHAD, A. E.; ABBAS, A. O.; PATTERSON, P. H. Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. **Poultry science**, v. 83, n. 6, p. 889-894, 2004.

MACK, L. A.; FELVER-GANT, J. N.; DENNIS, R. L.; CHENG, H. W. Genetic variations alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. **Poultry science**, v. 92, n. 2, p. 285-294, 2013.

MARTINS, I. R.; AMORIM, I. S.; SILVA, E. S. S.; AMORIM, D. S.; MONTEIRO, J. S.; SENA, K. R. C.; ARAÚJO, F. M. M.; JOELE, M. R. S. P. Farinha da casca de maracujá

(*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*): Obtenção e caracterização da composição físico-química. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos Volume 11**, p. 30, 2021.

MARTIN, F. W.; NAKASONE, H. Y. The edible species of *Passiflora*. **Economic Botany**, v. 24, n. 3, p. 333-343, 1970.

MOUNICOU, S.; SZPUNAR, J.; LOBINSKI, R. Metallomics: the concept and methodology. **Chemical Society Reviews**, v. 38, n. 4, p. 1119-1138, 2009.

NAWAB, A.; IBTISHAM, F.; LI, G.; KIESER, B.; WU, J.; LIU, W.; ZHAO, Y.; NAWAB, Y.; LI, K.; XIAO, M.; NA, L. Heat stress in poultry production: Mitigation strategies to overcome the future challenges facing the global poultry industry. **Journal of thermal biology**, v. 78, p. 131-139, 2018.

NAWAZ, A. H.; AMOAH, K.; LENG, Q. Y.; ZHENG, J. H.; ZHANG, W. L.; ZHANG, L. Poultry response to heat stress: Its physiological, metabolic, and genetic implications on meat production and quality including strategies to improve broiler production in a warming world. **Frontiers in veterinary science**, v. 8, p. 699081, 2021.

NOLLET, L.; VAN DER KLIS, J. D.; LENSING, M.; SPRING, P. The effect of replacing inorganic with organic trace minerals in broiler diets on productive performance and mineral excretion. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 16, n. 4, p. 592-597, 2007.

NORDBERG, M.; NORDBERG, G. F. Trace element research-historical and future aspects. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 38, p. 46-52, 2016.

NUNES, J. K.; SANTOS, V. L.; ROSSI, P.; ANCIUTI, M. A.; RUTZ, F.; MAIER, J. C.; SILVA, J. G. C. Qualidade de ovos e resistência óssea de poedeiras alimentadas com minerais orgânicos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 610-618, 2013.

NUTTALL, K. L.; ALLEN, F. S. Selenium detoxification of heavy metals: a possible mechanism for the blood plasma. **Inorganica chimica acta**, v. 92, n. 3, p. 187-189, 1984.

OLUTUMISE, A.I. Intensity of adaptations to heat stress in poultry farms: A behavioural analysis of farmers in Ondo state, Nigeria. **Journal of Thermal Biology**, v. 115, p. 103-614, 2023.

OLUWAGBENGA, E. M.; FRALEY, G. S. Heat stress and poultry production: a comprehensive review. **Poultry Science**, v. 102, n. 12, p. 103-141, 2023.

ONAGBESAN, O. M.; UYANGA, V. A.; OSO, O.; TONA, K.; OKE, O. E. Alleviating heat stress effects in poultry: updates on methods and mechanisms of actions. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 10, p. 1255520, 2023.

OSO, O. M.; MEJIA-ABAUNZA, N.; BODEMPUDI, V. U. C.; CHEN, X.; CHEN, C.; AGGREY, S. E.; LI, G. Automatic analysis of high, medium, and low activities of broilers with heat stress operations via image processing and machine learning. **Poultry Science**, v. 104, n. 4, p. 104954, 2025.

OLIVEIRA, L. F.; NASCIMENTO, M. R. F.; BORGES, S. V.; RIBEIRO, P. C. N.; RUBACK, V. R. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* F. *Flavicarpa*) para produção de doce em calda. **Food Science and Technology**, v. 22, p. 259-262, 2002.

POWELL, S. R. The antioxidant properties of zinc. **The Journal of nutrition**, v. 130, n. 5, p. 1447S-1454S, 2000.

QUINTEIRO-FILHO, W. M.; RIBEIRO, A.; FERRAZ-DE-PAULA, V.; PINHEIRO, M. L.; SAKAI, M.; SÁ, L. R. M.; FERREIRA, A. J. P.; PALERMO-NETO, J. Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. **Poultry science**, v. 89, n. 9, p. 1905-1914, 2010.

QUEIROGA, V. P.; GOMES, J. P.; LIMA, D. C.; MELO, B. A.; MENDES, N. V. B.; NETO, A. F.; ALBUQUERQUE, E. M. B. MARACUJÁ-AMARELO (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Denenger). **Embrapa**, p. 2-281, 2024.

RIBEIRO, D. M.; SALAMA, A. A. K.; VITOR, A. C. M.; ARGUELLO, A.; MONCAU, C. T.; SANTOS, E. M.; CAJA, G.; Oliveirah OLIVEIRA, J. S.; BALIEIRO, J. C. C.; HERNÁNDEZ-CASTELLANO, L. E.; ZACHUT, M.; POLETI, M. D.; CASTRO, N.; ALVES, S. P.; ALMEIDA, A. M. The application of omics in ruminant production: A review in the tropical and sub-tropical animal production context. **Journal of proteomics**, v. 227, p. 103905, 2020.

ROMERO, L. M.; PLATTS, S. H.; SCHOECH, S. J.; WADA, H.; CRESPI, E.; MARTIN, L. B.; BUCK, C. L. Understanding stress in the healthy animal – potential paths for progress. **Stress**, v. 18, n. 5, p. 491-497, 2015.

RUTZ, F.; MURPHY, R. Minerais orgânicos para aves e suínos. **I congresso internacional sobre uso de leveduras na alimentação animal**. P. 1-16, 2009.

SILVEIRA, R.M.F.; MCMANUS, C.; DA SILVA, I.J.O. Global trends and research frontiers on machine learning in sustainable animal production in times of climate change: Bibliometric analysis aimed at insights and orientations for the coming decades. **Environmental and Sustainability Indicators**, v. 26, p. 100-563, 2024.

SHABANI, R.; FRAKHRAEI, J.; YARAHMADI, H. M.; SEIDAVI, A. Effect of different sources of selenium on performance and characteristics of immune system of broiler chickens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, p. e20180256, 2019.

SANCHES, D. S.; GARCIA, E. R. M.; KIEFER, C. Nutrição mineral e seu impacto na produção de poedeiras comerciais modernas. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 17, p. e19111738862-e19111738862, 2022.

SLOUP, V.; JANKOVSKÁ, I.; NECHYBOVÁ, S.; PERINKOVÁ, P.; LANGROVÁ, I. Zinc in the animal organism: a review. **Scientia Agriculturae Bohemica**, v. 48, n. 1, p. 13-21, 2017.

STENZEL, N. M. C.; AULER, P. A. M.; MOLINA, R. O.; JÚNIOR, D. S. Cultivo do maracujá-amarelo em áreas com ocorrência do vírus do endurecimento dos frutos (CABMV). **Londrina (PR): IAPAR**, 2019.

TINGGI, U. Selenium: its role as antioxidant in human health. **Environmental health and preventive medicine**, v. 13, p. 102-108, 2008.

TOGASHI, C. K.; FONSECA, J. B.; SOARES, R. T. R. N.; COSTA, A. P. D.; SILVEIRA, K. F.; DETMANN, E. Subprodutos do maracujá em dietas para frangos de corte. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 30, n. 4, p. 395-400, 2008.

WASTI, S.; SAH, N.; LEE, C.N.; JHA, R.; MISHRA, B. Dietary supplementation of alpha-lipoic acid mitigates the negative effects of heat stress in broilers. **PloS one**, v. 16, n. 7, p. 0254-936, 2021.

WU, X.Y.; WANG, F.Y.; CHEN, H.X.; DONG, H.L.; ZHAO, Z.Q.; SI, L.F. Chronic heat stress induces lung injury in broiler chickens by disrupting the pulmonary blood-air barrier and activating TLRs/NF- κ B signaling pathway. **Poultry Science**, v. 102, n. 12, p. 103-066, 2023.

WANG, Y.; LI, H.; SUN, H. Metalloproteomics for unveiling the mechanism of action of metallodrugs. **Inorganic Chemistry**, v. 58, n. 20, p. 13673-13685, 2019.

ZHAO, Y.; XIANG, C.; ROY, B. C.; BRUCE, H. L.; BLECKER, C.; ZHANG, Y.; LIU, C.; ZHANG, D.; CHEN, L.; HUANG, C. Show more. Apoptosis and its role in postmortem meat tenderness: A comprehensive review. **Meat Science**, p. 109652, 2024.

ZHANG, Y.; ZHENG, J. Bioinformatics of metalloproteins and metalloproteomes. **Molecules**, v. 25, n. 15, p. 3366, 2020.

ZHOU, Y.; LI, H.; SUN, H. Metalloproteomics for biomedical research: methodology and applications. **Annual review of biochemistry**, v. 91, n. 1, p. 449-473, 2022.

ZUBERBUEHLER, C. A.; MESSIKOMMER, R. E.; WENK, C. Choice feeding of selenium-deficient laying hens affects diet selection, selenium intake and body weight. **The Journal of nutrition**, v. 132, n. 11, p. 3411-3417, 2002.