

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

VINICIUS SANTOS MOURA

**USO DE ADITIVO ANTI-MICOTOXINA EM DIETAS DE MATRIZES DE FRANGO DE
CORTE DESAFIADAS COM ZEARALENONA**

Pirassununga

2023

VINICIUS SANTOS MOURA

**USO DE ADITIVO ANTI-MICOTOXINA EM DIETAS DE MATRIZES DE FRANGO DE
CORTE DESAFIADAS COM ZEARALENONA**

VERSÃO CORRIGIDA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Departamento:

Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição e Produção Animal

Orientador:

Prof. Dra. Cristiane Soares da Silva Araújo

Pirassununga

2023

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

Moura, Vinicius Santos

Uso de aditivo anti-micotoxina em dietas de matrizes de frango de corte desafiadas com zearalenona / Vinicius Santos Moura ; orientadora Cristiane Soares da Silva Araújo – versão corrigida. – Pirassununga, 2023.

89 f. : il.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal – Departamento de Nutrição e Produção Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, 2023.

1. Desempenho. 2. Micotoxina. 3. Qualidade de ovos. 4. Qualidade de sêmen. 5. Reprodução.
I. Título.



CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Uso de adsorvente em dietas de matrizes de frangos de corte desafiadas com zearalenona.", protocolada sob o CEUA nº 9838181120 (ID 008649), sob a responsabilidade de **Cristiane Soares da Silva Araújo e equipe; Vinicius Santos Moura; Lúcio Francelino Araújo; Fabrícia de Arruda Roque** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **APROVADA** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Universidade de São Paulo (CEUA/FMVZ) na reunião de 04/02/2021.

We certify that the proposal "Use of adsorbent in broiler breeders diets challenged with zearalenone.", utilizing 352 Birds (32 males and 320 females), protocol number CEUA 9838181120 (ID 008649), under the responsibility of **Cristiane Soares da Silva Araújo and team; Vinicius Santos Moura; Lúcio Francelino Araújo; Fabrícia de Arruda Roque** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **APPROVED** by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo) (CEUA/FMVZ) in the meeting of 02/04/2021.

Finalidade da Proposta: Pesquisa

Vigência da Proposta: de 01/2021 a 04/2023 Área: Nutrição E Produção Animal

Origem: Animais provenientes de estabelecimentos comerciais

Espécie: Aves

sexo: Fêmeas

idade: 20 a 65 semanas Quantidade: 320

Linhagem: Linhagem disponível

Peso: 2300 a 4000 g

Origem: Animais provenientes de estabelecimentos comerciais

Espécie: Aves

sexo: Machos

idade: 20 a 65 semanas Quantidade: 32

Linhagem: Linhagem disponível

Peso: 2900 a 5000 g

São Paulo, 03 de abril de 2023

Prof. Dr. Marcelo Bahia Labruna

Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Camilla Mota Mendes

Vice-Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Universidade de São Paulo





CERTIFICADO : EMENDA v04/04/2023

Certificamos que a EMENDA (versão de 04/04/2023) da proposta intitulada "USO DE ADITIVO ANTIMICOTOXINA EM DIETAS DE MATRIZES DE FRANGO DE CORTE DESAFIADAS COM ZEARALENONA", CEUA nº 9838181120 (ID 041260), sob a responsabilidade de **Cristiane Soares da Silva Araújo e equipe; Fabrícia de Arruda Roque; Lúcio Francelino Araújo; Vinicius Santos Moura** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos vigentes para sua apresentação, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), sendo assim **APROVADO** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Universidade de São Paulo (CEUA/FMVZ) em 05/04/2023.

Término previsto: 04/2023

Origem: Animais provenientes de estabelecimentos comerciais

Espécie: Aves sexo: Fêmeas idade: 20 a 65 semanas Quantidade mantida: 0

Linhagem: Linhagem disponível Peso: 2300 a 4000 g

Origem: Animais provenientes de estabelecimentos comerciais

Espécie: Aves sexo: Machos idade: 20 a 65 semanas Quantidade mantida: 0

Linhagem: Linhagem disponível Peso: 2900 a 5000 g

ANIMAIS UTILIZADOS

		Total Aprovado	Quantidade Utilizada
Aves	Machos e Fêmeas	1296	0
Aves	Machos	32	0
Aves	Fêmeas	32	0

São Paulo, 06 de abril de 2023

Prof. Dr. Marcelo Bahia Labruna

Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Camilla Mota Mendes

Vice-Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Universidade de São Paulo



FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: MOURA, Vinicius Santos

Título: **Uso de aditivo anti-micotoxina em dietas de matrizes de frango de corte desafiadas com zearalenona.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

À mulher mais forte, intensa, verdadeira e dona do seu próprio caminho.

Você me ensinou muito mais do que ser forte; me ensinou a percorrer o meu caminho sempre acreditando e buscando a minha felicidade. Por isso e por tantos outros momentos que estão eternizados na minha memória, eu dedico esse trabalho à sua vida, à sua memória, aos seus ensinamentos e principalmente, ao amor que eu tenho por você.

Maria Lélia Gomes de Sousa, minha avó,

a você eu dedico esse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Utilizando do trecho da música de Sued Nunes para exemplificar o sentimento e a gratidão que eu tenho “*Quem falou que eu ando só? Tenho em mim mais de muitos, sou um, mas não sou só*”. Embora rotineiro, é impossível não ser grato a Deus! A relação forte e protetiva que tenho com Ele vai além das palavras. Ele foi, e é minha fonte de fé, esperança, conhecimento e força durante minha caminhada. Além de ser meu suporte e zelo, durante todos os desafios enfrentados.

Aos meus pais, Cláudia e Altair, por me apoiarem e serem fonte constante de amor, carinho, e força. Por sempre acreditarem e me apoiarem. Por se fazerem presentes em todos os momentos, e principalmente por estarem ali com os braços abertos e cheios de afeto para me receber a cada retorno. Nunca vou me esquecer de quando sai de casa; da saudade, mas dos momentos repletos de alegria que ocorriam a cada reencontro.

Ao meu irmão Raphael por estar comigo, ser fonte de inspiração e amor.

À Allana Vitória por inundar a minha vida com tanto amor e alegria.

Aos meus avós, Maria Lélia, Alfi e Carlos por nutrirem um sentimento de força e amor tão grande dentro de mim. Vocês possuem o meu amor incondicional.

À minhas tias Nalva, Dula e Luciana, e aos meus tios Nilton e Nil, por acompanharem toda a minha trajetória, e se fazerem presentes em cada conquista.

À minhas primas Hanna e Grécia, por serem fonte de inspiração, incentivo, amor e força. Obrigado por torcerem e acreditarem em mim.

À todos da minha família, minha eterna gratidão por compartilharem tantos momentos comigo, e por sempre serem presentes com tanto amor, humor, carinho e cuidado!

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Cristiane Araújo, e ao seu esposo Prof. Dr. Lúcio Araújo pela oportunidade de crescimento intelectual e pessoal, parceria, compartilhamento de conhecimentos e acompanhamento durante todo esse período.

Aos amigos que a pós-graduação me proporcionou Lúcia Rizzanti, Leonardo Mazzero, Leonardo Príncipe, e Carlos Granguelli. Muito obrigado por todo apoio e carinho.

À Hyezza Ament, Jennifer Motta e Julia Veronez vocês foram meu porto seguro em momentos decisivos dessa jornada, sempre terei vocês em um espaço muito especial do meu coração. Com vocês a minha humanidade se expandiu, e serei eternamente grato por isso!

Aos estagiários que me auxiliaram durante a condução do experimento, Lucas Cunha, Marcelo Vianini, Vitor Souza, Lucas Butturi, Sarah Alves, Deivid Felipe, Thais Vaz, e tantos outros que passaram pelo setor durante os anos de 2021 e 2022, muito obrigado pelo carinho, atenção e cuidado.

À Vinicius Soares, por ser fonte de amor, inspiração, carinho, e cuidado. Obrigado pelo compartilhamento de momentos e experiências únicas.

Aos amigos que Pirassununga me deu, Cristian Ferreira, Andre Portes, André Leão, Lucas Gabriel, Camila Polo, Giovanna Machado, Mirian Watanabe, Luan Boriollo e Amanda Zambon, muito obrigado por serem fonte de alegria e felicidade.

Aos amigos que mesmo com a distância sempre se fizeram presentes, Lorena Salim, Taína Lopes, Carla Dantas, Giuliana Braccini, Flávia Praes, Igor Nery, Luisa Azevedo, Aline Castro, Karol Sampaio, Maria Luiza Resende, Daniele Oliveira, Gabrielle Olivia, Bruna Alvarenga, Larissa Godoy, Ana Elisa Scalabrini e Ketlen Grossi, obrigado por todo o suporte, carinho, ânimo e apoio.

À Lorrán Gabardo pelo aprendizado, auxílio, dicas e por todas as conversas. Você é uma verdadeira força da natureza! Obrigado por ser exemplo de bondade, humanidade e profissionalismo.

Aos funcionários do LPA, Pedro, China e em especial ao Edinho. Pelo apoio, cuidado, suporte e momentos de alegria que compartilhamos. Sem vocês eu não teria conseguido!

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e ao Departamento de Nutrição e Produção Animal, obrigado pela oportunidade.

Ao campus Fernando Costa por me desacelerar e me fazer apreciar e dar mais valor a natureza, as sensações que ela proporciona, e aos ensinamentos que ela carrega e transmite.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Fazer pesquisa em uma sociedade que ainda desvaloriza a educação se torna difícil, e muitas vezes questionável. Mas ainda assim, mantenho a fé na evolução e na possibilidade de um futuro melhor.

Às “minhas meninas e rapazes” que foram muito mais que objetos de estudo.

A junção e a colaboração de tantas personalidades citadas aqui, e as inúmeras outras que se fizeram presentes, e também foram importantes do início até a conclusão dessa etapa, só mostram que eu sou quem sou devido aos numerosos amigos, familiares e conhecidos que me amaram e acreditaram no meu potencial. Existe muita luz, paciência e resiliência sobre toda ação, especialmente sobre àquelas conduzidas em momentos de crescimento e aprendizado! Todos vocês são como frestas de sol que entram pela janela após um momento de escuridão; iluminam e inundam o ambiente com luz e conforto.

Obrigado a cada um de vocês!

Eu me lembrava de que o mundo real era vasto, e que uma quantidade enorme de esperanças e medos, de sensações e emoções, estava a espera daqueles que ousassem sair por ele afora, buscando, em meio a seus perigos, o verdadeiro conhecimento do que é a vida.

Charlotte Bronte – Jane Eyre

RESUMO

MOURA, V. S. **Uso de aditivo anti-micotoxina em dietas de matrizes de frango de corte desafiadas com zearalenona**. 2022. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciência animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2022.

O objetivo deste estudo foi verificar a ação de um aditivo anti-micotoxina sobre as características produtivas e reprodutivas de reprodutores pesados consumindo dietas contaminadas com zearalenona (ZEA). Assim, foram utilizadas 288 matrizes e 32 galos de corte da linhagem Cobb, distribuídos em um delinemente experimental totalmente casualizado totalizando quatro tratamentos de nove matrizes e um galo por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em 4 dietas experimentais, sendo: controle, controle + aditivo, controle + ZEA, e controle + ZEA + aditivo. As dietas foram isonutritivas e isocalóricas recebendo apenas a inclusão da ZEA (1 ppm) e/ou aditivo (0,040 g/tonelada) de acordo com o grupo experimental. O período experimental se iniciou na 28^o semana de vida das aves e foi finalizado no 65^o semana de vida das aves. As características de desempenho, e as reprodutivas foram analisadas. Para as fêmeas, considerou-se produção e qualidade interna e externa de ovos, taxa de fertilidade, eclosão, eclodibilidade e qualidade de pintinhos. Em relação aos machos, foram analisadas a morfologia e a qualidade espermática (vigor, motilidade e concentração). A presença da ZEA não afetou a produção de ovos, mas prejudicou a qualidade dos ovos, a eclosão, a fertilidade e a qualidade dos pintos ao nascimento quando comparada ao grupo controle ($p < 0,05$). A inclusão do aditivo minimizou a ação da ZEA sobre a eclosão, fertilidade e a qualidade dos pintos ao nascimento ($p < 0,05$). Não se observou efeito significativo dos tratamentos experimentais sobre a morfologia espermática, independentemente da idade analisada. Em relação a qualidade espermática, foi possível observar efeito significativo dos tratamentos experimentais sobre a motilidade e a concentração. Assim, é possível concluir que o aditivo anti-micotoxina impediu a ação da ZEA sobre a qualidade interna dos ovos, a fertilidade das matrizes, e a qualidade dos pintos ao nascimento. Contudo, a dieta contaminada com ZEA prejudica o desempenho e os índices reprodutivos dos galos.

Palavras chave: Desempenho, micotoxina, qualidade de ovos, qualidade de sêmen, reprodução.

ABSTRACT

MOURA, V. S. **Use of antimycotoxin additive in diets of broiler breeders challenged with zearalenone**. 2022. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2022.

The aim of this study was to verify the action of an antimycotoxin additive on the productive and reproductive characteristics of broiler breeders consuming diets contaminated with zearalenone (ZEA). A total of 288 broiler breeders and 32 roosters were used, distributed in a completely randomized experimental design, totaling four treatments of nine broilers and one rooster per experimental unit. The treatments consisted of 4 experimental diets, being: control, control + additive, control + ZEA, and control + ZEA + additive. The diets were isonutritive and isocaloric receiving only the inclusion of the ZEA (1 ppm) and/or additive (0.040 g/ton) according to the experimental group. The experimental period began in the 28th week of life of the birds and ended in the 65th week of life of the birds. Performance and reproductive characteristics were analyzed. Production and internal and external egg quality, fertility rate, hatching, hatchability, and chick quality were considered for females. Regarding males, sperm morphology and quality (vigor, motility, and concentration) were analyzed. The presence of ZEA did not affect egg production, but impaired egg quality, hatching, fertility, and chick quality at birth when compared to the control group ($p < 0.05$). The inclusion of the additive minimized the action of the ZEA on hatching, fertility, and the quality of chicks at birth ($p < 0.05$). The experimental treatments had no significant effect on sperm morphology, regardless of the age analyzed. Regarding sperm quality, it was possible to observe a significant effect of experimental treatments on motility and concentration. Thus, it is possible to conclude that the antimycotoxin additive prevented the action of the ZEA on the internal quality of the eggs, the fertility of the broiler breeders, and the quality of the chicks at birth. However, a diet contaminated with ZEA impairs roosters' performance and reproductive indices.

Keywords: Performance, micotoxyn, egg quality, semen quality, reproduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo e distribuição de metabólito pelo organismo de aves.....	24
Figura 2 - ZEA (ZON) e seus metabólitos produzidos durante a 1º fase da metabolização.....	27
Figura 3 - Vista externa do galpão experimental.....	48
Figura 4 - Vista interna do galpão experimental.....	49
Figura 5 - Máquina <i>Digital Egg Tester</i> para avaliação da qualidade do ovo.....	50
Figura 6 - Transferência de ovos para as bandejas de nascimento.....	51
Figura 7 - Separação de pintos eclodidos para avaliação da qualidade.....	52
Figura 8 - Realização da qualidade de pintos pós eclosão.....	53
Figura 9 - Grupo experimental já alojado no box.....	78
Figura 10 - Contenção de macho para coleta de sêmen.....	79
Figura 11 - Coleta de sêmen após massagem estimulatória.....	80
Figura 12 - Visualização de espermatozoides para análise de morfologia.....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos tratamentos e inclusão de aditivo e/ou ZEA.....	44
Tabela 2. Composição percentual da dieta basal para matrizes de frango de corte.....	46
Tabela 3. Programa alimentar de reprodutores a partir da 22° semana de idade.....	47
Tabela 4. Produção de ovos de matrizes de frango de corte desafiadas com ZEA recebendo ou não a inclusão do aditivo anti-micotoxina pesadas.....	54
Tabela 5. Qualidade interna e externa de ovos de matrizes de frango de corte desafiadas com ZEA recebendo ou não a inclusão do aditivo anti-micotoxina na 33, 45 e 63ª semana de vida.....	56
Tabela 6. Taxas de eclosão, eclodibilidade, fertilidade e embriodiagnósticos matrizes de frango de corte desafiadas com ZEA recebendo ou não a inclusão do aditivo anti-micotoxina.....	58
Tabela 7. Qualidade de pintos de matrizes de frango de corte desafiadas com ZEA recebendo ou não a inclusão do aditivo anti-micotoxina na 40, 50 e 65ª semana de vida.....	60
Tabela 8. Descrição dos tratamentos e inclusão de aditivo e/ou ZEA.....	74
Tabela 9. Composição percentual da dieta basal para reprodutores.....	76
Tabela 10. Programa alimentar de reprodutores a partir da 22° semana de idade.....	77
Tabela 11. Análise da morfologia espermática de reprodutores desafiados com ZEA e/ou suplementados com aditivo anti-micotoxina, na 45º e 64º semana de vida.....	83
Tabela 12. Análises da qualidade e morfologia de espermatozóides de reprodutores desafiados com a ZEA e/ou suplementados com aditivo anti-micotoxina na 23ª, 45ª e 64ª semana de vida pelo CASA.....	84

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO.....	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
2.1. CARACTERÍSTICAS, CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO FÚNGICO.....	21
2.2. MICOTOXINAS E SUAS AÇÕES SOBRE O ORGANISMO ANIMAL.....	22
2.3. ZEARALENONA: AÇÕES NO ORGANISMO ANIMAL.....	25
2.4. USO DE ADITIVOS COMO MÉTODO DE CONTROLE DE MICOTOXINAS.....	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

CAPÍTULO II - EFEITO DE ADITIVO ANTI-MICOTOXINA SOBRE A QUALIDADE DE OVOS, DESEMPENHO PRODUTIVO E REPRODUTIVO DE MATRIZES PESADAS DESAFIADAS COM ZEARALENONA.

3. INTRODUÇÃO.....	42
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
4.1. AVES, DIETAS EXPERIMENTAIS, E INSTALAÇÕES.....	44
4.2. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE OVOS, DESEMPENHO PRODUTIVO E REPRODUTIVO DE MATRIZES.....	49
4.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	54
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
6. CONCLUSÕES.....	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

CAPÍTULO III - EFEITO DE ADITIVO ANTI-MICOTOXINA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS SEMINAIS DE GALOS DESAFIADOS COM ZEARALENONA.

7. INTRODUÇÃO.....	72
8. MATERIAIS E MÉTODOS.....	74
8.1. AVES, DIETAS EXPERIMENTAIS, E INSTALAÇÕES.....	74
8.2. ANÁLISES DE QUALIDADE ESPERMÁTICA.....	79
8.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SÊMEN.....	80
8.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	82
9. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	82
10. CONCLUSÕES.....	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87

Capítulo I – Considerações gerais

1. INTRODUÇÃO

O Brasil se consolidou como um dos principais modelos do agronegócio animal no mundo devido à competitividade do setor e ao trabalho executado em diversas áreas da produção animal. Nesse contexto, a avicultura brasileira assume papel de destaque frente à produção e exportação de carne de frango, produção de pintos de um dia e ovos férteis. (ABPA, 2022), sendo o maior exportador mundial de carne de frango.

Além disso, o Brasil foi o responsável pelo alojamento de mais de 55 milhões de reprodutoras pesadas no ano de 2021 (ABPA, 2022). Nesse cenário é importante destacar a busca por tecnologias que, associadas ao correto manejo dos reprodutores pesados, propiciem o pleno desenvolvimento da capacidade reprodutiva, e conseqüentemente, a produção de ovos férteis. Dentro de uma instalação voltada para reprodução avícola, o principal objetivo é a geração de ovos férteis em quantidade e qualidade, sendo o manejo das aves e dos ovos um dos principais parâmetros para o sucesso (OLIVEIRA; SANTOS, 2018). O correto manejo, assim como cuidados com a nutrição, sanidade, e bem-estar das aves são fatores primordiais para a obtenção de ovos férteis de qualidade (LARA, 2015).

A seleção genética aplicada sobre as aves de corte na busca de melhores índices zootécnicos, favoreceram o desenvolvimento de sua voracidade. (LARA, 2015). Assim, o controle da ração ofertada à ave por meio da nutrição não é apenas responsável pela manutenção do organismo animal por meio do fornecimento de energia e outros compostos, como, vitaminas, minerais, proteínas e carboidratos, mas também pela formação de um lote uniforme e produtivo (EMAMVERDI *et al.*, 2019). Além disso, diversos fatores também irão influenciar a produção de uma boa progênie, dentre eles a idade da matriz, o peso, fatores estressantes e a nutrição (MORAES *et al.*, 2014).

A nutrição das matrizes é responsável pela passagem dos nutrientes recebidos por meio da dieta para o ovo através do metabolismo hepático e durante a formação do mesmo (FIGUEIREDO *et al.*, 2021). Diferente dos mamíferos, que possuem acesso ao colostro após o nascimento, os pintos recém-eclodidos devem ser oriundos de aves que tiveram acesso a uma boa nutrição. Isso ocorre devido ao fato da dieta materna influenciar diretamente o desenvolvimento embrionário e no crescimento pós-eclosão (EMAMVERDI *et al.*, 2019; MORAES *et al.*, 2014). Assim, a nutrição também está associada ao potencial de fertilidade e ao percentual de eclosão dos ovos (VAN EMOUS *et al.*, 2014).

Neste sentido, o cuidado com os constituintes da ração se torna uma grande preocupação, visto que são diversas as possibilidades de contaminação que podem impactar o desempenho das matrizes. Dentre as possibilidades de contaminantes, têm-se as micotoxinas (GAZONI *et al.*, 2021). Atualmente existem cerca de 500 compostos identificados, no entanto, alguns se tornam foco de estudo devido a sua prevalência nas rações, e conseqüentemente, suas ações sobre o organismo animal. Dentre eles destaca-se as aflatoxinas, ocratoxinas, fumonisinas e a ZEA (OLIVEIRA *et al.*, 2018; HORK *et al.*, 2018). Esses compostos são produzidos por fungos durante o seu desenvolvimento e apresentam uma melhor produção quando encontram ambientes com nutrientes, temperatura, umidade e presença de água (BARRETO *et al.*, 2021). Nesse contexto, o Brasil possui grande variabilidade climática, apresentando condições favoráveis para o desenvolvimento de fungos e seus metabólitos (EVELYN; OLIVER; FAUSTO, 2020).

A contaminação por micotoxinas ou por metabólitos, como também são conhecidos, podem causar efeitos neurotóxicos, imunossupressores, teratogênicos, estrogênicos e carcinogênicos sobre o organismo animal (MAHATO *et al.*, 2021). A contaminação dos insumos pode ocorrer no campo, no armazenamento, durante o processamento ou após a fabricação da ração dependendo das condições climáticas, de armazenamento e de manejo (PRESTES *et al.*, 2019). Dentre os insumos utilizados na fabricação de rações, o milho é um dos principais ingredientes e é frequente a sua contaminação por micotoxinas. Isso pode ser explicado pelo alto teor de carboidratos, de umidade e de maior temperatura necessária para o crescimento deste insumo (PRESTES *et al.*, 2019). Dentre os metabólitos que podem contaminar os insumos usados na ração, têm-se a ZEA.

A ZEA é uma micotoxina produzida por fungos do gênero *Fusarium* e acomete grãos semeados em regiões que apresentam clima temperado (ROGOWSKA *et al.*, 2019). Ela se caracteriza como um composto lipofílico, não esteróide que se apresenta em forma de uma lactona de ácido β -resorcíclico macrocíclico (ALSHANNAQ; YU, 2017).

Seu mecanismo de atuação está correlacionado à sua estrutura química, que se assemelha a do hormônio 17- β estradiol, o que permite sua ligação a receptores de estrogênio em células alvos (WU, 2022; INGLE *et al.*, 2020). Esse metabólito atua diretamente sobre o sistema reprodutivo, promovendo uma série de alterações, como hipertrofia do trato reprodutivo, alterações no processo de gametogênese, no desenvolvimento embrionário e na produção de ovos (YANG *et al.*, 2018).

Devido às consequências provenientes da ação da ZEA e outras micotoxinas sobre o organismo animal, a indústria tem investido no uso de produtos para a prevenção e o controle dos efeitos desses metabólitos, como por exemplo, o uso de aditivos antimicotoxinas (GAZONI *et al.*, 2021; MAIA *et al.*, 2021). No atual contexto da produção de aves é necessário compreender os fatores que influenciam diretamente a nutrição, a sanidade, e consequentemente o status produtivo e reprodutivo do lote. Assim, se faz necessário elucidar melhor os efeitos da ZEA sobre o organismo das aves e as principais consequências produzidas por esse metabólito. A literatura é escassa e antiga quanto aos dados referentes a ao desempenho e características reprodutivas de reprodutores pesados que consumiram a ZEA por longos períodos.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar o efeito da utilização de um aditivo anti micotoxina nas dietas de matrizes pesadas desafiadas com zearalenona da 28^o a 65^o semana de vida das aves, e verificar os seus efeitos sobre a produção e a reprodução das matrizes.

Objetivos específicos

Verificar o efeito da utilização do aditivo anti micotoxina nas dietas de matrizes de frangos de corte desafiadas com zearalenona e verificar o efeito do aditivo e da zearalenona sobre:

1. Produção de ovos das matrizes.
2. Qualidade interna e externa dos ovos (peso, resistência e espessura da casca, coloração da gema, altura do albúmen, unidade Haugh).
3. Eclodibilidade.
4. Taxa de eclosão.
5. Embriodiagnóstico e qualidade do pintinho.
6. Qualidade espermática dos reprodutores.

HIPÓTESES

As principais hipóteses que esse estudo busca responder são:

1. A zearalenona vai alterar os fatores (% de postura, qualidade de ovos, eclodibilidade, taxa de eclosão, e qualidade de sêmen) associados aos índices reprodutivos das matrizes e dos galos. O que seria explicado principalmente, pelo mecanismo de ação dessa micotoxina quando presente no organismo animal.
2. O aditivo anti-micotoxina utilizado no estudo promoverá proteção da ação da ZEA no organismo das aves que estão consumindo a micotoxina. O que seria consequência do seu potencial de proteção do sistema renal, da ação dos extratos herbais presentes em sua composição, e da sua atuação em transformar os metabólitos tóxicos da ZEA em metabólitos atóxicos.

3. Os grupos de matrizes que consumiram apenas o aditivo apresentarão melhores resultados que o grupo controle. Esses resultados serão em decorrência do melhor funcionamento do organismo das aves em função da ação de bioproteção do aditivo anti-micotoxina.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Na avicultura atual a ação da ZEA em matrizes de frango corte ainda é pouco relatada. Assim, este trabalho reúne dados literários disponíveis a respeito das principais informações sobre a produção, a absorção, transformação e ação da ZEA no organismo da ave, assim como as atuais estratégias utilizadas na tentativa de inibir ou minimizar os efeitos desse metabólito.

2.1. Características, crescimento e desenvolvimento fúngico.

Os fungos são organismos pertencentes ao reino fungi, sendo classificados como eucariontes e heterotróficos. Eles podem se apresentar em forma de leveduras, filamentos ou sem forma, sendo classificados como unicelulares, pluricelulares, ou dimórficos, respectivamente (MAIA *et al.*, 2021; TAKAHASHI *et al.*, 2017). Os fungos pluricelulares formam estruturas que podem ser visualizadas sem o uso de microscopia eletrônica, sendo conhecidas como micélio. Este é composto de filamentos longos que irão se entrelaçar e ramificar, dando origem a hifas (TAKAHASHI *et al.*, 2017). Diferente dessas estruturas, alguns fungos só podem ser observados por meio do uso de microscópios (MAIA *et al.*, 2021). Eles possuem parede celular composta de quitina e glucanas, e podem ser caracterizados como heterocariontes, homocariontes, haplóides, dicarióticos ou diploides e conseguem se desenvolver em ambientes aquáticos e terrestre, desde que estejam em contato com substratos que favoreçam o seu desenvolvimento (MAIA; DE CARVALHO JUNIOR, 2010). A concepção de novos organismos pode ocorrer de forma assexuada, parassexual ou sexual (TAKAHASHI *et al.*, 2017). A manutenção e disseminação da espécie ocorre por meio de estruturas conhecidas como micélio, sendo esse o responsável por configurar os esporos (MAIA; DE CARVALHO JUNIOR, 2010).

A obtenção de nutrientes pelos fungos ocorre por meio do consumo de compostos energéticos que são fonte de carbono, como por exemplo, glicose. Como descrito

anteriormente, sobrevivem em diversos ambientes, fato atribuído à variedade de compostos orgânicos que podem ser usados como substrato na alimentação desses microrganismos (TAKAHASHI *et al.*, 2017).

No decorrer do seu crescimento, os fungos produzem uma série de metabólitos primários e secundários, o que pode ocorrer durante toda a sua existência, esse fato confere a esses organismos a terminologia de endofíticos, termo que está associado à capacidade de produzir metabólitos (BARRETO *et al.*, 2021; MAIA; DE CARVALHO JUNIOR, 2010). Os metabólitos secundários chamados de micotoxinas que são responsáveis por uma série de alterações no organismo animal, sendo a patologia gerada, conhecida como micotoxicose (MAIA *et al.*, 2021).

2.2. Micotoxinas e suas ações sobre o organismo animal

As micotoxinas ou metabólitos secundários, são estruturas produzidas por fungos endofíticos que irão contaminar os insumos durante algum estágio da sua produção (WU, 2022). Elas compreendem diversos compostos que apresentam em sua maioria baixo peso molecular, e que são agrupados de acordo com o efeito tóxico que exerce sobre o organismo humano e animal, além de serem responsáveis por grandes perdas econômicas (INGLE *et al.*, 2020; SMITH *et al.*, 2016).

Assume-se que esses compostos são originados quando há excesso de metabólitos primários. Isso ocorre para que os mesmos possam manter suas funções e atividades normais (OKUMA; HUYNH; HELLBERG, 2018). O metabolismo primário está associado ao início da vida fúngica, e é responsável pela produção de compostos essenciais à sobrevivência do fungo, uma vez que eles irão fornecer energia para o desenvolvimento e manutenção do organismo por meio de reações de anabolismo e catabolismo (GOYAL; RAMAWAT; MÉRILLON, 2017; IABANJI, 2019), enquanto o metabolismo secundário está associado à produção de compostos que não são relevantes para o crescimento fúngico. Eles podem ser produzidos em resposta ao ambiente em que se encontram, ou frente a uma ameaça, e são produzidos quando os fungos já estão desenvolvidos (IABANJI, 2019).

A produção de uma micotoxina não está associada exclusivamente à uma espécie fúngica. Um fungo pode produzir mais de uma micotoxina, ou ainda, a produção de um metabólito ocorrer por meio de diferentes espécies fúngicas (MAIA *et al.*, 2021), fato que

permite a contaminação concomitante de insumos, ou seja, a presença de mais de uma micotoxina sobre o mesmo insumo (SMITH *et al.*, 2016). No entanto, a presença da micotoxina não está ligada a presença de fungos. Isso ocorre porque a produção desses metabólitos não está associada ao crescimento de todos os fungos. Outro fator é a existência da dependência de fatores externos como, umidade relativa, temperatura, presença de oxigênio, estação do ano, condição física do grão, pH, qualidade de armazenamento dos grãos, teor de água, e a presença do fungo no insumo (PEZZINI; JAHNKE; ALEGRE, 2022).

Mais de 500 compostos já foram identificados, no entanto, a produção das principais micotoxinas está associada a três gêneros de fungos, *Aspergillus*, *Fusarium*, e *Penicillium* (ALSHANNAQ; YU, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2018; HORK *et al.*, 2018). O consumo de produtos contaminados com esses metabólitos, sejam eles grãos ou produtos de origem animal, produz uma série de alterações no organismo humano e animal, podendo ser letais em alguns casos (FURIAN *et al.*, 2022). A ingestão desses compostos pode gerar uma patologia conhecida como micotoxicose (LIEW; MOHD-REDZWAN, 2018). A absorção desses compostos se inicia por meio da ingestão de um insumo contaminado, e o posterior contato desse insumo com o trato gastrointestinal (TGI), onde será absorvido.

Dentre as funções associadas ao TGI, têm-se a função imunológica. Portanto, garantir a saúde e a funcionalidade do trato digestivo estão associadas ao melhor *status* imunológico, e conseqüentemente, a melhores graus de eficiência alimentar e desempenho zootécnico (JHA *et al.*, 2019). O TGI é um órgão funcional não apenas responsável pela absorção de nutrientes, mas também, por desenvolver respostas imunes, secretar substâncias e eliminar as excretas (CELI *et al.*, 2017). Esse órgão apresenta várias camadas sendo a mucosa a principal responsável pela absorção efetiva dos nutrientes. Posterior a ela, estão a submucosa, a camada muscular e a serosa (JHA *et al.*, 2019). O epitélio é um dos constituintes da mucosa que atua como barreira imunológica, impedindo a ação de agentes nocivos, como patógenos, toxinas e antígenos estranhos (JHA *et al.*, 2019; LIEW; MOHD-REDZWAN, 2018). Quando em contato com a mucosa, esses metabólitos serão absorvidos e, posteriormente, metabolizados no fígado, onde serão distribuídos pela corrente sanguínea para todo o organismo animal (BERTERO *et al.*, 2018), como pode ser visto na Figura 1.

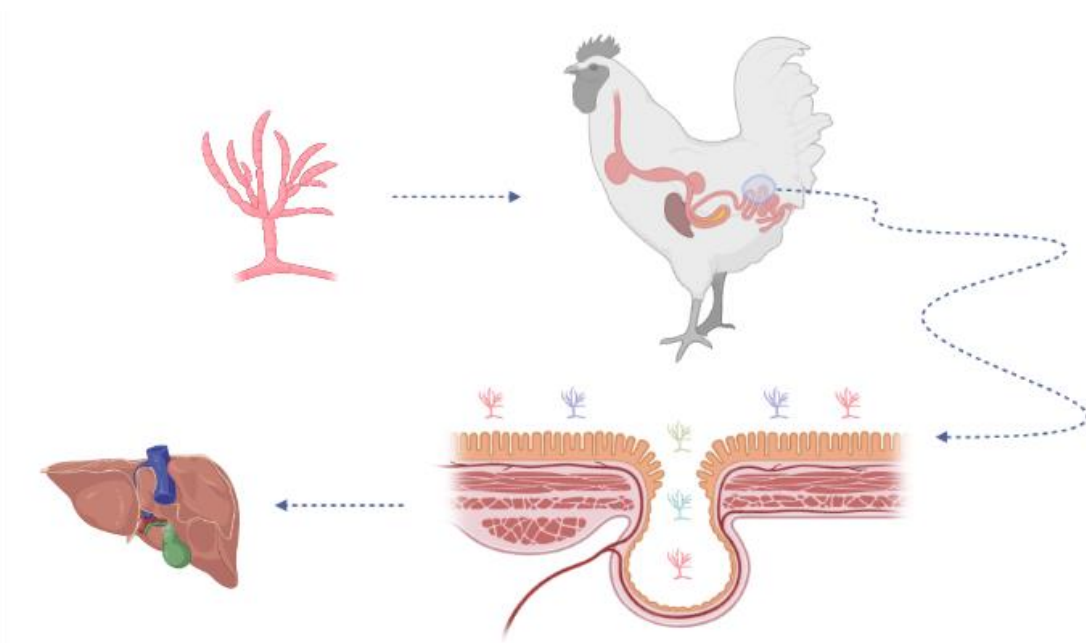


Figura 1: Consumo e distribuição de metabólito pelo organismo de aves (Adaptado de BERTERO et al., 2018).

A sensibilidade para as micotoxinas é dependente de diversos fatores, sendo eles, o grau de exposição a micotoxina, estado nutricional, estado imunológico, idade e sexo. Esses compostos atuam desenvolvendo quatro tipos de toxicidade: aguda, crônica, mutagênica e teratogênica. A sua forma de atuação, assim como os efeitos produzidos são adversos e ao mesmo tempo não específicos a um único tipo de micotoxina em alguns casos. Contudo elas podem alterar a função gastrointestinal, hepática, renal, neuronal, reprodutiva, comportamental, causar imunodeficiência e, em casos mais extensos, a morte (FURIAN *et al.*, 2022; GOYAL; RAMAWAT; MÉRILLON, 2017; LAI *et al.*, 2022; LIEW; MOHD-REDZWAN, 2018)

Em se tratando de contaminações agudas, os efeitos produzidos são visualizados de forma mais rápida, sendo muitas vezes irreversíveis e podem culminar com a morte do animal (SANTURIO, 2000). Já quando a micotoxicose ocorre de forma crônica ou subaguda, ou seja, após longos períodos de exposição a baixas dosagens desse composto, há o comprometimento do desempenho animal devido a diminuição de sua imunidade (ALSHANNAQ; YU, 2017; MAIA *et al.*, 2021), sendo essa contaminação a forma mais frequente. Isso promove alterações significativas no organismo, deixando o mesmo, vulnerável a outras infecções causadas por patógenos oportunistas, já que a

imunotoxicidade desses compostos promove efeitos adversos sobre o funcionamento de diversos sistemas do organismo animal (LAI *et al.*, 2022).

Não há parâmetro pré-estabelecido sobre a forma de contaminação e os efeitos produzidos pelos compostos, visto que, a sintomatologia será decorrente de uma série de fatores consideráveis, como citado anteriormente. Em relação as espécies, os animais não ruminantes, como aves e suídeos, ou aqueles que possuem ceco funcional como os coelhos e equinos, são mais propensos a contaminação por esses metabólitos (MAIA *et al.*, 2021). Já os ruminantes apresentam maior resistência à contaminação por esses compostos. Isso pode ser explicado pela existência de grupos de microrganismos presentes no rúmen e que são capazes de metabolizar as micotoxinas e convertê-las em metabólitos não tóxicos antes da absorção (MAIA *et al.*, 2021; SMITH *et al.*, 2016). Além dos diversos efeitos produzidos pela micotoxicoses nos animais, outro fator preocupante é a possível ingestão de produtos de origem animal contaminados por esses compostos. Isso se deve a possibilidade da presença de resíduos das micotoxinas em tecidos devido à bioacumulação desses compostos no organismo animal o que pode comprometer a saúde humana (PRESTES *et al.*, 2019).

Como relatado anteriormente, a ação das micotoxinas sobre o organismo é dependente de diversos fatores tanto intrínsecos como extrínsecos não apenas ao metabólito, mas também, ao organismo acometido.

2.3. Zearalenona: ações no organismo animal.

Historicamente, a ZEA foi descrita pela primeira vez como Composto F-2. Ela foi responsável por uma série de alterações associadas ao trato reprodutivo de suínos (STOB *et al.*, 1962), e posteriormente, teve a sua ação estudada e verificada sobre o trato reprodutivo de ratos (CHRISTENSEN; NELSON; MIROCHA, 1965). Naquela época, sua ação foi associada ao fungo *Gibberella zeae* (*Fusarium graminearum*).

O gênero *Fusarium* se destaca pela produção de micotoxinas que exerce diversos efeitos sobre o organismo humano e animal. Dentre os metabólitos produzidos pelo gênero *Fusarium*, destaca-se a ZEA. Diversas espécies são responsáveis pela produção desse composto como *F.culmorum*, *F. equiseti*, *F. crookwellwense*, *F. cerealis* e *F. semitectum*.

Contudo, é relatado que em sua maioria, a produção provém usualmente do *F. graminearum* (BERTERO *et al.*, 2018; GOYAL; RAMAWAT; MÉRILLON, 2017; MAIA *et al.*, 2021)

Essa micotoxina é frequentemente encontrada em cereais como aveia, arroz, cevada, milho e trigo (ALSHANNAQ; YU, 2017), e tem o favorecimento da sua produção quando o fungo está em regiões com alta umidade e baixa temperatura, geralmente entre 12 e 14 °C (ALSHANNAQ; YU, 2017; INGLE *et al.*, 2020). O agravamento do acometimento dos insumos pela ZEA se dá pela possibilidade da ocorrência concomitante dessa micotoxina com outras produzidas pelo *Fusarium*, como a fumonisinas e desoxynivalenol (LIEW; MOHD-REDZWAN, 2018). Isso indica a possibilidade da associação de efeitos sobre o organismo por meio de efeitos aditivos e sinérgicos. Esse metabólito acomete os insumos antes da colheita, ainda na sua fase de desenvolvimento. No entanto, quando não corretamente manuseado, o insumo pode ser contaminado pela micotoxina durante a fase de pós-colheita (SOUTO *et al.*, 2017).

Em aves, é sugerido que a metabolização da ZEA ocorre após a ingestão por via oral e conseqüente absorção e pré-metabolização no intestino e no fígado, sendo encontrada rapidamente na corrente sanguínea (BURANATRAGOOL *et al.*, 2014). Sendo os suínos os mais sensíveis a ZEA, quando ingerida e absorvida no trato digestivo, ela se liga às globulinas sanguíneas, sendo distribuída e, posteriormente, metabolizada no sistema pré-hepático, hepático e extra-hepático. Essa micotoxina possui uma rápida absorção (80 – 85%) e pode ser identificada na circulação sanguínea após 30 minutos que tiver formado a ligação com hormônios reprodutivos (SOUTO *et al.*, 2017).

No que se refere a rota metabólica da ZEA, esta será direcionada de acordo com a quantidade do composto presente na corrente sanguínea, assim como a sensibilidade do organismo ao mesmo (BERTERO *et al.*, 2018; MAIA *et al.*, 2021). Seu mecanismo de ação consiste na competição e ligação aos receptores de estrogênio (ER α e ER β) provocando alterações no trato reprodutivo. Seus metabólitos, deslocam o estradiol do seu sítio de ligação associado a proteína de ligação uterina, o que resulta em respostas estrogênicas (ALSHANNAQ; YU, 2017; BERTERO *et al.*, 2018).

Além disto, a rota metabólica dará origem a diversos metabólitos que serão produzidos de acordo com sua fase de metabolização sendo eles os α -zearalenol, β -zearalenol, α -zearalanol, β -zearalanol, zearalanona, encontrados durante a primeira fase de metabolização do composto, como pode ser observado na FIGURA 2; e aqueles conjugados

a moléculas como glicose, sulfato e ácido glicurônico na segunda fase de metabolização que ocorre em plantas acometidas pelo *Fusarium* ou durante o desenvolvimento do fungo (BORZEKOWSKI *et al.*, 2018). A segunda fase pode ser vista como a responsável pela geração das micotoxinas mascaradas, que são aquelas que sofrem alterações em sua estrutura, não permitindo a sua detecção em métodos analíticos convencionais, e que podem sofrer hidrólise durante o processo de digestão, disponibilizando e favorecendo a atuação da micotoxina precursora (BERTHILLER *et al.*, 2005).

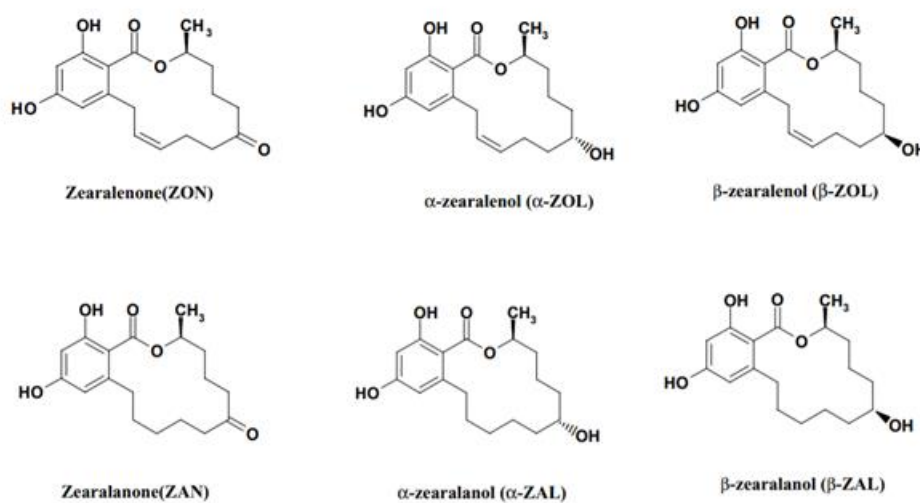


Figura 2: ZEA (ZON) e seus metabólitos produzidos durante a 1^o fase da metabolização (Adaptado de URRACA; MARAZUELA; MORENO-BONDI, 2004; LIU; APPLGATE, 2020)

As alterações provenientes da contaminação por ZEA sobre o trato reprodutivo dos animais são diversas, entre elas pode-se citar, edema de vulva e de útero, atrofia dos ovários, infertilidade, hiperestrogenismo (ALSHANNAQ; YU, 2017); desenvolvimento atípico secundário nas características sexuais de novilhos, decréscimo na produção do leite, cistos foliculares e hiperestrogenismo (IAMANAKA; OLIVEIRA; TANIWAKI, 2010; TRÉS *et al.*, 2011).

Em se tratando de aves, existem relatos de sua melhor resistência a essa micotoxina, quando comparadas a outras espécies (CHI *et al.*, 1980; GREŠÁKOVÁ *et al.*, 2012). Embora sejam mais resistentes, experimentos conduzidos com aves de produção demonstraram importantes alterações provenientes da contaminação por ZEA. CHI *et al.* (1980), ao testar

os efeitos da contaminação por ZEA, por via oral ou intramuscular em poedeiras, observaram que a medida que a dose contaminante pela inoculação oral aumentou, houve maior incremento do peso do oviduto nas doses de 400 e 800 mg/kg/dia. A contaminação intramuscular também aumentou o peso do oviduto nas doses de 0.5, 2, 4 e 8 mg/kg/dia bem como do fígado nas doses de 2, 4 e 8 mg/kg/dia.

Allen et al. (1980) conduziram experimentos com poedeiras White Leghorn e machos New Hampshire alimentados com diferentes graus de contaminação por ZEA de 10, 25, 50, 100, 200, 400 e 800 mg/Kg e não observaram efeitos adversos sobre o consumo alimentar, peso do trato reprodutivo e produção de ovos das fêmeas. Apesar disso, os autores também observaram melhor unidade *Haugh* no grupo controle em comparação ao grupo que recebeu 200 mg/kg de ZEA, piora da fertilidade das aves que consumiram 50 mg/kg em comparação àquelas que consumiram 25 mg/kg de ZEA. Em relação aos machos que consumiram a ração contaminada com 100 ou 800 mg/kg, os autores observaram maior taxa de mortalidade embrionária aos 7 dias em ovos provenientes de machos alimentados com 100 mg/kg em comparação a aqueles alimentados com 800 mg/kg de ZEA.

Yegani et al. (2006) ao conduzirem um experimento com reprodutoras pesadas observaram que na 8ª semana de experimento, a taxa de eclosão de grupos que consumiram grãos contaminados com deoxinivalenol e ZEA quando comparada a taxa do grupo controle aumentou. Também verificaram que a taxa de mortalidade inicial (1 – 7 dias de incubação) foi maior em aves que consumiram os grãos contaminados.

Em experimento conduzido por Wang, Chi; Kim (2012) para verificar a presença de micotoxinas e seus resíduos em amostras de ovos e órgãos de poedeiras comerciais, foi verificado a presença de ZEA e seus metabólitos em todos os tecidos analisados (coração, fígado e moela) e em 45% das amostras de ovos. Resultados similares foram obtidos por Iqbal et al. (2014), que verificaram a presença de 52% e 32% de amostras de carne de frango e ovos positivas para ZEA, respectivamente.

Chang et al. (2020) observaram a presença de ZEA no fígado, intestino e excreta de frangos de corte contaminados com 500 µg/Kg de ZEA em comparação ao grupo controle. Ademais, Hort et al. (2020) avaliaram o risco de transferência da ZEA e outras micotoxinas do *Fusarium* para o fígado e tecidos de aves que consumiram grãos contaminados. Eles relataram a presença do metabólito α -zearalenol em diversas amostras de fígado. Resultados similares foram encontrados por TARDIEU et al. (2021) que

verificaram a presença da ZEA e seus metabólitos no fígado de perus e poedeiras em diferentes concentrações durante a exposição à micotoxina.

Os estudos apresentados mostram os efeitos da ZEA sobre diversos parâmetros produtivos e reprodutivos das aves (ALLEN *et al.*, 1980; YEGANI *et al.*, 2006). Agrava-se o fato da potencial propagação dos efeitos desse composto sobre a alimentação humana quando ocorre o consumo de produtos de origem animal proveniente de aves contaminadas (HORT *et al.*, 2020; IQBAL *et al.*, 2014; TARDIEU *et al.*, 2021). Contudo, os efeitos sobre os parâmetros produtivos e reprodutivos dessa micotoxina sobre o organismo de reprodutoras pesadas ainda é pouco explorado na literatura.

Uma vez que a ação da ZEA e de outros metabólitos tem se tornado uma preocupação crescente para a saúde animal, e conseqüentemente humana, metodologias para o controle e diminuição dos efeitos adversos das micotoxinas têm sido empregadas (CHANG *et al.*, 2020; ESKOLA *et al.*, 2020).

2.4. Uso de aditivos como método de controle de micotoxinas.

Os gastos aplicados a nutrição se apresentam como o maior custo de produção animal, assim a contaminação dos insumos utilizados se torna uma preocupação não apenas associada à saúde e segurança animal e humana, mas também a viabilidade econômica da produção (BRYDEN, 2012; MORETTI; PASCALE; LOGRIECO, 2019). As preocupações com as micotoxinas, se tornou global e tem apresentado perdas econômicas significativas ao redor do mundo (IQBAL *et al.*, 2014; LUO; LIU; LI, 2018). Uma vez contaminados, os grãos utilizados na nutrição animal tendem a ter seu valor nutritivo comprometido, conseqüentemente, afetando o desempenho animal. Isso se deve ao fato de que a toxicidade das micotoxinas se apresenta de forma persistente e de difícil remoção (LUO; LIU; LI, 2018). Contudo, o risco de contaminação por micotoxinas pode ser controlado quando ocorre o monitoramento em todas as etapas de manipulação dos grãos, animais e produtos de origem animal (HAMAD *et al.*, 2023).

As estratégias aplicadas à descontaminação e desintoxicação de insumos e rações contaminadas estão associadas não apenas à fase de pré-colheita dos grãos, mas também, ao manuseio e tratamento dos grãos durante a pós-colheita (LUO; LIU; LI, 2018). Contudo, cada estratégia tem eficácia sobre determinado grupo ou micotoxina específica, sendo

necessário uma solução específica para cada composto. Algumas técnicas não irão remover totalmente a micotoxina desses produtos, mas auxiliarão na manutenção de níveis toleráveis na alimentação animal, sendo elas: adoção de práticas agrícolas adequadas, seleção da qualidade de grãos e rações, e controle da matéria-prima usada na produção de rações (JARD *et al.*, 2011; IAMANAKA; OLIVEIRA; TANIWAKI, 2010)

As medidas de desintoxicação podem ser aplicadas de diversas formas, sendo geralmente, agrupadas e nomeadas como métodos físicos, químicos e biológicos (LUO; LIU; LI, 2018). Dentre dos métodos físicos, pode-se destacar a aplicação da triagem e separação dos cereais e das rações, imersão e lavagem de grãos, irradiação sobre compostos, filtragem e o uso de adsorventes. Nas metodologias químicas, se aplicam o uso de compostos como agentes químicos, tais como bases químicas, agentes oxidantes e ácidos orgânicos. Já nos métodos biológicos, é comum o uso de bolores, bactérias, enzimas e leveduras que, ao serem aplicados aos insumos, irão atuar biodegradando e transformando as micotoxinas em compostos menos tóxicos (ALBERTS *et al.*, 2002; HAQUE *et al.*, 2020; LUO; LIU; LI, 2018). O uso de alternativas inovadoras como medidas de controle vêm sendo estudadas, dentre elas, pode-se falar sobre o uso de óleos essenciais, nanopartículas, plasma atmosférico frio, uso de animais geneticamente modificados e grãos modificados, entre outros (HAMAD *et al.*, 2023; HAQUE *et al.*, 2020).

Em relação a ZEA o processo se mostra dificultado. Embora ela apresente boa solubilidade em compostos alcalinos, ela é uma micotoxina termoestável, o que dificulta o seu processo de degradação quando exposta à altas temperaturas (ROGOWSKA *et al.*, 2019) . Algumas estratégias como aplicação de ozônio e peróxido, irradiação UV e radiação gama são capazes de degradar o composto, mas não completamente. (ROGOWSKA *et al.*, 2019; WU *et al.*, 2021)

Uma vez que essas medidas não se mostram completamente eficientes, é comum o uso de aditivos na tentativa inibir a ação desses metabólitos sobre a ração que será ofertada aos animais de produção. De acordo com a Instrução Normativa, 44 de 15 de dezembro de 2015, o termo aditivo se aplica à "substância, microrganismo ou produto formulado, adicionado intencionalmente aos produtos, que não é utilizada normalmente como ingrediente, tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos animais, melhore o desempenho dos animais sadios ou atenda às necessidades nutricionais". Esses aditivos são categorizados

de acordo com o objetivo do seu uso, podendo ser: tecnológicos, sensoriais, nutricionais e zootécnicos.

O emprego dos aditivos tecnológicos têm se mostrado uma boa alternativa contra a ação de micotoxinas. Dentre esses aditivos, pode-se destacar adsorventes, enzimas, extratos herbários e outros. Os adsorventes são inertes e atóxicos que são utilizados com o objetivo de impedir a absorção de metabólitos tóxicos pela mucosa do trato gastrointestinal (BOCHIO et al., 2017). Eles atuam se aderindo à superfície das moléculas de micotoxinas e impedindo a sua absorção pelo trato gastrointestinal, sendo eliminados por meio das excretas juntamente com as micotoxinas (GARCIA & GOMES, 2019). Porém, os adsorventes se mostram mais efetivos na presença de compostos que possuem baixa polaridade, como as aflatoxinas. Em relação aos outros compostos, como por exemplo a ZEA, a ação se mostra menos efetiva (ROGOWSKA et al., 2019; DI GREGORIO et al., 2014).

A literatura relata o potencial do uso dos diferentes aditivos tecnológicos em relação ao controle ou diminuição dos efeitos adversos causados por fungos. Jiang et al (2023) conduziram um experimento com óleo essencial de lúpulo para verificar a sua ação sobre o *Fusarium graminearum*. Foi verificado que o óleo atuou inibindo o crescimento de micélios, a germinação de esporos e impedindo a biossíntese das micotoxinas do fusarium no arroz.

Dazuc et al (2020) realizaram um experimento para determinar a eficiência de *Saccharomyces cerevisiae* associado a ácidos orgânicos em dietas contaminadas com micotoxinas e seus efeitos protetivos sobre a saúde, eficiência produtiva e qualidade de ovos de poedeiras comerciais. Os autores verificaram que a adição desse *blending* melhorou o peso, a produção e a massa de ovos dos grupos testados em relação ao contaminado.

Lai et al (2022) realizou um trabalho com o objetivo de avaliar a ação de um sequestrante de micotoxinas sobre os efeitos adversos no crescimento, sistema imunológico e saúde intestinal em frangos contaminados com aflatoxinas. Os autores observaram que os grupos contaminados apresentaram os piores resultados no ganho de peso, consumo, conversão alimentar e diminuição de anticorpos em relação ao grupo controle e verificaram que a inclusão do produto estudado melhorou a função protetora do TGI em comparação ao grupo controle e aos grupos contaminados.

FRUHAUF et al (2012) observaram que a ação dos adsorventes se mostrou eficaz em mais de 90% para aflatoxinas quando havia a presença de mais de 30% de cinzas na composição do produto, como é o caso das argilas. No caso da ZEA a adsorção variou entre

10 e 60%, mostrando assim a maior afinidade dos aditivos testados para compostos com baixa polaridade.

Wang; Chi; Kim (2012) conduziram um experimento para avaliar o potencial adsorptivo da argila montmorilonita sobre o desempenho e digestibilidade de suínos contaminados com a ZEA. Eles observaram que as dietas contendo apenas as inclusões de ZEA apresentaram os piores resultados para eficiência alimentar, ganho de peso médio, alterações relacionadas ao comprimento, área e largura da vulva em relação ao grupos que consumiram as dietas com a presença da argila.

Wang et al. (2018) verificaram em estudo que a bactéria identificada como *Lysinibacillus sp.* se mostrou eficaz na remoção de ZEA em um meio de cultura bacteriano em 48 horas. Os autores concluíram que a provável redução da ZEA ocorreu devido a ações enzimáticas que envolvem alguns genes da *Lysinibacillus sp.* Eles observaram que houve redução de 85% de ZEA no sobrenadante quando o meio de cultura foi submetido à temperatura de 37° com Ph de 7,0.

Tso et al (2019) conduziram um estudo para determinar o potencial de remoção de diferentes aditivos anti-micotoxinas *in vitro* em condições simulares ao TGI de aves e suínos, sendo eles o uso da inclusão de 0.05 a 0.2% de diferentes tipos de adsorvente e de reagentes de degradação enzimática. Os autores observaram que para aves e suínos os compostos estudados apresentaram capacidade de remoção das micotoxinas ZEA (0.5 mg/Kg) e deoxynivalenol (1 a 5 mg/Kg). Eles verificaram o potencial de remoção dos reagentes de degradação enzimática quando comparados aos adsorventes foi superior independente das inclusões trabalhadas. Quando observado o teste realizado para remoção da ZEA em aves, o reagente de degração enzimática mostrou a eficacia de 38 a 69%, já os adsorventes apresentaram 9% de efetividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA. Relatório anual 2022 [Annual report]. **Brazilian Association of Animal Protein**, p. 144, 2022.

ALBERTS, J. F.; LILLY, M.; RHEEDER, J. .; BURGUER, H.-M.; SHEPHARD, G. .; GELDERBLOM, W. C. . **Technological and community based methods to reduce mycotoxin exposure** *Molecular Biology of the Cell*, 2002.

ALLEN, N. K.; MIROCHA, C. J.; AAKHUS-ALLEN, S.; BITGOOD, J. J.; WEAVER, G.; BATES, F. **Effect of Dietary Zearalenone on Reproduction of Chickens** ^{1,2}, 1980.

ALSHANNAQ, A.; YU, J. H. Occurrence, toxicity, and analysis of major mycotoxins in food. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, n. 6, 2017.

BARRETO, A.; OLIVEIRA, J.; SILVA, L.; RHODEN, S. A. Fungos, diversidade e prospecção no Brasil. **Metodologias e Aprendizado**, v. 4, p. 149–163, 3 fev. 2021. Disponível em: <<https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/metapre/article/view/1959>>.

BERTERO, A.; MORETTI, A.; SPICER, L. J.; CALONI, F. Fusarium molds and mycotoxins: Potential species-specific effects. **Toxins**, v. 10, n. 6, p. 1–27, 2018.

BERTHILLER, F.; DALL’ASTA, C.; SCHUHMACHER, R.; LEMMENS, M.; ADAM, G.; KRŠKA, A. R. Masked mycotoxins: Determination of a deoxynivalenol glucoside in artificially and naturally contaminated wheat by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 9, p. 3421–3425, 2005.

BOCHIO, V., TAKAHASHI, S. E., GROFF, P. M., SCHADECK, M. M., & MAIER, G. S. Efeitos da aflatoxina na produção avícola: Revisão. **Pubvet**, 11, 744-839, 2017.

BORZEKOWSKI, A.; DREWITZ, T.; KELLER, J.; PFEIFER, D.; KUNTE, H. J.; KOCH, M.; ROHN, S.; MAUL, R. Biosynthesis and characterization of zearalenone-14-sulfate, zearalenone-14-glucoside and zearalenone-16-glucoside using common fungal strains. **Toxins**, v. 10, n. 3, p. 1–15, 2018.

BURANATRAGOOL, K., POAPOLATHEP, S., ISARIYODOM, S., IMSILP, K., KLANGKAEW, N., POAPOLATHEP, A. Dispositions and tissue residue of zearalenone and its metabolites α -zearalenol and β -zearalenol in broilers. **Toxicology reports**, 2, 351-356, 2015.

BRYDEN, W. L. Mycotoxin contamination of the feed supply chain: Implications for animal productivity and feed security. **Animal Feed Science and Technology**, v. 173, n. 1–2, p. 134–158, abr. 2012. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840111005037>>.

CELI, P.; COWIESON, A. J.; FRU-NJI, F.; STEINERT, R. E.; KLUENTER, A.-M.; VERLHAC, V. Gastrointestinal functionality in animal nutrition and health: New opportunities for sustainable animal production. **Animal Feed Science and Technology**, v. 234, p. 88–100, dez. 2017. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840117306624>>.

CHANG, J.; WANG, T.; WANG, P.; YIN, Q.; LIU, C.; ZHU, Q.; LU, F.; GAO, T. Compound probiotics alleviating aflatoxin B1 and zearalenone toxic effects on broiler production performance and gut microbiota. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 194, p. 110420, maio 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0147651320302591>>.

CHI, M. S.; MIROCHA, C. J.; WEAVER, G. A.; KURTZ, H. J. Effect of zearalenone on female white leghorn chickens. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 39, n. 5, p. 1026–1030, 1980.

CHRISTENSEN, C. M.; NELSON, G. H.; MIROCHA, C. J. Effect on the white rat uterus of a toxic substance isolated from *Fusarium*. **Applied microbiology**, v. 13, n. 5, p. 653–659, 1965.

DAZUK, V.; BOIAGO, M. M.; ROLIM, G.; PARAVISI, A.; COPETTI, P. M.; BISSACOTTI, B. F.; MORSCH, V. M.; VEDOVATTO, M.; GAZONI, F. L.; MATTE, F.; GLORIA, E. M.; DA SILVA, A. S. Laying hens fed mycotoxin-contaminated feed produced by *Fusarium* fungi (T-2 toxin and fumonisin B1) and *Saccharomyces cerevisiae* lysate: Impacts on poultry health, productive efficiency, and egg quality. **Microbial Pathogenesis**, v. 149, p. 104517, dez. 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0882401020308834>>.

DI GREGORIO, M.C.; DE NEEFF, D.V.; JAGER, A.V.; CORASSIN, C.H.; CARÃO, Á.C.D.P.; De ALBUQUERQUE, R.; DE AZEVEDO, A.C.; OLIVEIRA, C.A.F. Mineral adsorbents for prevention of mycotoxins in animal feeds. **Toxin Reviews**, v. 33, n. 3, p. 125-135, 2014.

EMAMVERDI, M.; ZARE-SHAHNEH, A.; ZHANDI, M.; ZAGHARI, M.; MINAI-TEHRANI, D.; KHODAEI-MOTLAGH, M. An improvement in productive and reproductive performance of aged broiler breeder hens by dietary supplementation of organic selenium. **Theriogenology**, v. 126, p. 279–285, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.12.001>>.

ESKOLA, M.; KOS, G.; ELLIOTT, C. T.; HAJŠLOVÁ, J.; MAYAR, S.; KRŠKA, R. Worldwide contamination of food-crops with mycotoxins: Validity of the widely cited 'FAO estimate' of 25%. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 60, n. 16, p. 2773–2789, 2020.

EVELYN, M.; OLIVER, C.; FAUSTO, M. C. Micotoxinas e micotoxicoses na suinocultura : revisão de literatura. **Nutritime Revista Eletrônica, on-line, Viçosa**, 2020.

FIGUEIREDO, E. M. de; CORRÊA, G. da S. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, R. F. M. de O.; DONZELE, J. L.; PINTO, R.; DA SILVA, M. D.; CORRÊA, A. B.; TAVARES, J. M. N. FISILOGIA DA FORMAÇÃO DO OVO: UM REFERENCIAL TEÓRICO. *In*: [s.l.: s.n.].p. 109–126.

FURIAN, A. F.; FIGHERA, M. R.; ROYES, L. F. F.; OLIVEIRA, M. S. Recent advances in assessing the effects of mycotoxins using animal models. **Current Opinion in Food Science**, v. 47, p. 100874, out. 2022. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214799322000765>>.

FRUHAUF, S.; SCHWARTZ, H.; OTTNER, F.; KRŠKA, R.; VEKIRU, E. Yeast cell based feed additives: studies on aflatoxin B1 and zearalenone. **Food Additives & Contaminants: Part A**, v. 29, n. 2, p. 217-231, 2012.

GARCIA, D. A., & GOMES, D. E. A avicultura brasileira e os avanços nutricionais. **Revista Científica**, 1(1), 2019.

GAZONI, F. L.; MATTE, F.; STRAPAZZON, J. V.; SILVA, A. S. da; BOIAGO, M. M. Uso de Detoxa Plus® minimiza impactos negativos causados por micotoxinas (FB1 e DON) em frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 28, n. 2, p. 50–52, 2021.

GOYAL, S.; RAMAWAT, K. G.; MÉRILLON, J. M. Fungal Metabolites. **Fungal Metabolites**, n. January 2017, 2017.

GREŠÁKOVÁ, L.; BOŘUTOVÁ, R.; FAIX, Š.; PLACHÁ, I.; ČOBANOVÁ, K.; KOŠÍKOVÁ, B.; LENG, L. Effect of lignin on oxidative stress in chickens fed a diet contaminated with zearalenone. **Acta Veterinaria Hungarica**, v. 60, n. 1, p. 103–114, 2012.

HAMAD, G. M.; MEHANY, T.; SIMAL-GANDARA, J.; ABOU-ALELLA, S.; ESUA, O. J.; ABDEL-WAHHAB, M. A.; HAFEZ, E. E. A review of recent innovative strategies for controlling mycotoxins in foods. **Food Control**, v. 144, p. 109350, fev. 2023. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956713522005436>>.

HAQUE, M. A.; WANG, Y.; SHEN, Z.; LI, X.; SALEEMI, M. K.; HE, C. Mycotoxin contamination and control strategy in human, domestic animal and poultry: A review. **Microbial Pathogenesis**, v. 142, p. 104095, maio 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0882401019321357>>.

HORT, V.; NICOLAS, M.; TRAVEL, A.; JONDREVILLE, C.; MALEIX, C.; BAÉZA, E.; ENGEL, E.; GUÉRIN, T. Carry-over assessment of fumonisins and zearalenone to poultry tissues after exposure of chickens to a contaminated diet – A study implementing stable-isotope dilution assay and UHPLC-MS/MS. **Food Control**, v. 107, n. June 2019, p. 106789, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106789>>.

HORKY, P.; SKALICKOVA, S.; BAHOLET, D.; SKLADANKA, J. Nanoparticles as a solution for eliminating the risk of mycotoxins. **Nanomaterials**, v. 8, n. 9, p. 727, 2018.

IABANJI, Olesea. **Fungos endófitos: ferramentas promissoras nas ciências farmacêuticas**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de Lisboa (Portugal). Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10451/43468>>.

Iamanaka, B. T., Oliveira, I. S., & Taniwaki, M. H. (2013). MICOTOXINAS EM ALIMENTOS. *Anais Da Academia Pernambucana De Ciência Agrônômica*, 7, 138–161. Recuperado de <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/128>

INGLE, A. P.; GUPTA, I.; JOGEE, P.; RAI, M. Role of nanotechnology in the detection of mycotoxins. *In: Nanomycotoxicology*. [s.l.] Elsevier, 2020. p. 11–33.

IQBAL, S. Z.; NISAR, S.; ASI, M. R.; JINAP, S. Natural incidence of aflatoxins, ochratoxin A and zearalenone in chicken meat and eggs. **Food Control**, v. 43, p. 98–103, 2014.

JARD, G.; LIBOZ, T.; MATHIEU, F.; GUYONVARC'H, A.; LEBRIHI, A. Review of mycotoxin reduction in food and feed: from prevention in the field to detoxification by adsorption or transformation. **Food Additives & Contaminants: Part A**, v. 28, n. 11, p. 1590-1609, 2011.

JHA, R.; FOUHSE, J. M.; TIWARI, U. P.; LI, L.; WILLING, B. P. Dietary fiber and intestinal health of monogastric animals. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 6, n. MAR, p. 1–12, 2019.

JIANG, H.; ZHONG, S.; SCHWARZ, P.; CHEN, B.; RAO, J. Antifungal activity, mycotoxin inhibitory efficacy, and mode of action of hop essential oil nanoemulsion against *Fusarium graminearum*. **Food Chemistry**, v. 400, p. 134016, jan. 2023. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814622019781>>.

LAI, Y.; SUN, M.; HE, Y.; LEI, J.; HAN, Y.; WU, Y.; BAI, D.; GUO, Y.; ZHANG, B. Mycotoxins binder supplementation alleviates aflatoxin B1 toxic effects on the immune response and intestinal barrier function in broilers. **Poultry Science**, v. 101, n. 3, p. 101683, mar. 2022. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0032579121007033>>.

LARA, L. J. C. Reprodução nas aves: desafios do manejo e da nutrição. **Rev. Bras. Reprod. Anim**, n. 2014, p. 85–90, 2015. Disponível em: <www.cbra.org.br>.

LIEW, W. P. P.; MOHD-REDZWAN, S. Mycotoxin: Its impact on gut health and microbiota. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 8, n. FEB, 2018.

LIU, J.; APPLGATE, T. Zearalenone (ZEN) in Livestock and Poultry: Dose, toxicokinetics, toxicity and estrogenicity. **Toxins**, v. 12, n. 6, 2020.

LUO, Y.; LIU, X.; LI, J. Updating techniques on controlling mycotoxins - A review. **Food Control**, v. 89, p. 123–132, jul. 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956713518300227>>.

MAHATO, D. K.; DEVI, S.; PANDHI, S.; SHARMA, B.; MAURYA, K. K.; MISHRA, S.; DHAWAN, K.; SELVAKUMAR, R.; KAMLE, M.; MISHRA, A. K.; KUMAR, P. Occurrence, Impact on Agriculture, Human Health, and Management Strategies of Zearalenone in Food and Feed: A Review. **Toxins**, v. 13, n. 2, p. 92, 26 jan. 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2072-6651/13/2/92>>.

MAIA, K. M.; ALCALDE, C. R.; BARBOSA, A.; MARCATO, S. M. MICOTOXINAS E ADSORVENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL. **Ciência Animal**, v. 31, n. March, p. 82–91, 2021.

MAIA, L. C.; DE CARVALHO JUNIOR, A. A. **OS FUNGOS DO BRASIL**, 2010.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa 13/2004. 2004, 14 p.

MORAES, T. G. V.; PISHNAMAZI, A.; MBA, E. T.; WENGER, I. I.; RENEMA, R. A.; ZUIDHOF, M. J. Effect of maternal dietary energy and protein on live performance and yield dynamics of broiler progeny from young breeders. **Poultry Science**, v. 93, n. 11, p. 2818–2826, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3382/ps.2014-03928>>.

MORETTI, A.; PASCALE, M.; LOGRIECO, A. F. Mycotoxin risks under a climate change scenario in Europe. **Trends in Food Science & Technology**, v. 84, p. 38–40, fev. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224417304090>>.

OKUMA, T. A.; HUYNH, T. P.; HELLBERG, R. S. Use of enzyme-linked immunosorbent assay to screen for aflatoxins, ochratoxin A, and deoxynivalenol in dry pet foods. **Mycotoxin Research**, v. 34, n. 1, p. 69–75, 2018.

OLIVEIRA, H. F. de; SOUTO, C. N.; MARTINS, P. C.; DI CASTRO, I. C.; MASCARENHAS, A. G. Micotoxinas na produção de frangos de corte. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 2, p. 292–299, 19 jul. 2018. Disponível em: <<http://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/9019>>.

OLIVEIRA, G. S.; SANTOS, V. M. Manejo de ovos férteis : revisão de literatura. **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 15, n. 06, p. 8337–8351, 2018. Disponível em: <http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/Artigo_480.pdf>.

PEZZINI, C.; JAHNKE, S. M.; ALEGRE, P. Utilização do parasitoide *Habrobraco hebetor* (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) como estratégia de manejo na pós-colheita. **Revista Tecno-lógica**, v. 26, p. 1–8, 2022.

PRESTES, I. D.; ROCHA, L. O.; NUÑEZ, K. V. M.; SILVA, N. C. C. Fungi and mycotoxins in corn grains and their consequences. **Scientia Agropecuaria**, v. 10, n. 4, p. 559–570, 2019.

ROGOWSKA, A.; POMASTOWSKI, P.; SAGANDYKOVA, G.; BUSZEWSKI, B. Zearalenone and its metabolites: Effect on human health, metabolism and neutralisation methods. **Toxicon**, v. 162, p. 46–56, abr. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0041010119300650>>.

SANTURIO, J. Micotoxinas e Micotoxicoses na Avicultura. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 2, n. 1, p. 01–12, 2000.

SMITH, M. C.; MADEC, S.; COTON, E.; HYMERY, N. Natural Co-occurrence of mycotoxins in foods and feeds and their in vitro combined toxicological effects. **Toxins**, v. 8, n. 4, 2016.

SOUTO, P. C. M. de C.; AUGUSTO, L.; DI GREGORIO, M. C.; DE OLIVEIRA, C. A. F. **Principais micotoxicoses em suínos**, 2017.

STOB, M.; BALDWIN, R. S.; TUIE, J.; ANDREWS, F. N.; GILLETTE, K. . Isolation of an Anabolic, Uterotrophic Compound from Corn infected with *Gibberella zeae*. **Nature**, v. 10, p. 1312–1313, 1962.

TAKAHASHI, J. A.; LIMA, G. D. S.; DOS SANTOS, G. F.; LYRA, F. H.; DA SILVA-HUGHES, A. F.; GONÇALVES, F. A. G. Filamentous fungi and chemistry: Old friends, new allies. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 6, p. 2351–2382, 2017.

TARDIEU, D.; TRAVEL, A.; LE BOURHIS, C.; METAYER, J.-P.; MIKA, A.; CLEVA, D.; BOISSIEU, C.; GUERRE, P. Fumonisin and zearalenone fed at low levels can persist several days in the liver of turkeys and broiler chickens after exposure to the contaminated diet was stopped. **Food and Chemical Toxicology**, v. 148, p. 111968, 2021.

TRÉS, J. E.; DE CASSIA GOMES PEREIRA, R.; OLIVEIRA, J. P.; DIREITO, G. M.; DE JESUS, V. L. T.; JACOB, J. C. F. Influência da ZEA sobre a reprodução de novilhas mestiças. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 33, n. 1, p. 48–50, 2011.

TSO, K. H.; JU, J. C.; FAN, Y. K.; CHIANG, H. I. Enzyme degradation reagents effectively remove mycotoxins deoxynivalenol and zearalenone from pig and poultry artificial digestive juices. **Toxins**, v. 11, n. 10, 2019.

URRACA, J. L.; MARAZUELA, M. D.; MORENO-BONDI, M. C. Analysis for zearalenone and α -zearalenol in cereals and swine feed using accelerated solvent extraction and liquid chromatography with fluorescence detection. **Analytica Chimica Acta**, v. 524, n. 1–2, p. 175–183, out. 2004. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003267004004271>>.

VAN EMOUS, R. A.; KWAKKEL, R. P.; VAN KRIMPEN, M. M.; VAN DEN BRAND, H.; HENDRIKS, W. H. Effects of growth patterns and dietary protein levels during rearing of broiler breeders on fertility, hatchability, embryonic mortality, and offspring performance. **Poultry Science**, v. 94, n. 4, p. 681–691, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3382/ps/pev024>>.

WANG, J. P.; CHI, F.; KIM, I. H. Effects of montmorillonite clay on growth performance, nutrient digestibility, vulva size, faecal microflora, and oxidative stress in weaning gilts challenged with zearalenone. **Animal Feed Science and Technology**, v. 178, n. 3–4, p. 158–166, dez. 2012. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840112003136>>.

WANG, J. Q.; YANG, F.; YANG, P. L.; LIU, J.; LV, Z. H. Microbial reduction of zearalenone by a new isolated *Lysinibacillus* sp. ZJ-2016-1. **World Mycotoxin Journal**, v. 11, n. 4, p. 571–578, 2018.

WU, F. Mycotoxin risks are lower in biotech corn. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 78, p. 102792, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.copbio.2022.102792>>.

YANG, D.; JIANG, X.; SUN, J.; LI, X.; LI, X.; JIAO, R.; PENG, Z.; LI, Y.; BAI, W. Toxic effects of zearalenone on gametogenesis and embryonic development: A molecular point of review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 119, n. May, p. 24–30, 2018.

YEGANI, M.; SMITH, T. K.; LEESON, S.; BOERMANS, H. J. Effects of Feeding Grains Naturally Contaminated with *Fusarium* Mycotoxins on Performance and Metabolism of Broiler Breeders. **Poultry Science**, v. 85, p. 1541–1549, 2006.

CAPÍTULO II

**EFEITO DE ADITIVO ANTI-MICOTOXINA SOBRE A QUALIDADE DE OVOS,
DESEMPENHO PRODUTIVO E REPRODUTIVO DE MATRIZES PESADAS
DESAFIADAS COM ZEARALENONA.**

RESUMO

A nutrição animal exerce influência direta sobre a produtividade dos plantéis sendo considerada como o maior custo dentro da cadeia produtiva de aves. Assim, é importante trabalhar medidas que impeçam a contaminação e a diminuição dos teores nutricionais dos ingredientes e da ração ofertada aos animais de produção. Dentre as possibilidades de contaminação, tem-se a zearalenona (ZEA). Essa micotoxina atua diretamente sobre o trato reprodutivo levando a diminuição dos índices zootécnicos. Na avicultura, muito se discute a respeito da ação de outras micotoxinas bem como sobre o desenvolvimento de estratégias capazes de minimizar o impacto delas sobre o organismo animal. Contudo, a literatura ainda é traz poucas informações sobre a ZEA e as metodologias de controle utilizadas em seu combate acabam sendo as que exercem baixa ou limitada efetividade sobre esse composto. Diante deste contexto, este trabalho objetivou avaliar o efeito da utilização de um aditivo anti-micotoxina nas dietas de matrizes pesadas desafiadas com ZEA da 28^o a 65^o semana de vida, e verificar o seus efeitos sobre a qualidade dos ovos, índices produtivos e reprodutivos. Foram utilizadas 288 matrizes de frango de corte e 32 galos da linhagem Cobb, em um delineamento experimental inteiramente casualizado totalizando quatro tratamentos: controle (C), C + Aditivo, C + ZEA, C + Aditivo + ZEA) com oito repetições de nove matrizes e um galo por unidade experimental. Como a reprodução dos animais acontecia de forma natural, simulando o que acontece a campo, os galos estavam juntos com as matrizes. As dietas foram isonutritivas e isocalóricas recebendo apenas a inclusão da ZEA (1 ppm) e/ou aditivo (0.040 g/ton) de acordo com o grupo experimental. Foram analisados a produção total de ovos (%), a qualidade dos ovos na 33, 44 e 63^a semana; a fertilidade, eclosão, eclodibilidade, mortalidade embrionária e qualidade de pintos na 40, 50 e 65^a semana. Não foi observada a influência do aditivo sobre a produção de ovos. Contudo, foi verificada a ação do aditivo sobre a qualidade interna e externa dos ovos, melhor comprimento dos pintos ao nascimento, diminuição do número de ovos inférteis, além da melhoria nas taxas de eclosão e de eclodibilidade. Portanto, o uso do aditivo anti-micotoxina melhorou a qualidade dos ovos e as características reprodutivas das matrizes.

Palavras chaves: Contaminação, Nutrição, Micotoxina, Fertilidade, Eclodibilidade.

ABSTRACT

Animal nutrition has a direct influence on the productivity presented by the flocks, and it is considered the highest cost within the production chain. Therefore, it is important to work on measures that prevent contamination and decrease the nutritional content of ingredients and diets fed to production animals. Among the possibilities of contamination, there is zearalenone (ZEA). This mycotoxin acts directly on the reproductive tract, leading to a decrease in zootechnical indices. In poultry, much is discussed about the action of other mycotoxins, and the development of strategies capable of minimizing their impact on the animal organism. However, there is a lack of information about ZEA, and the control methods used to combat this mycotoxin end up having a low or limited effect on this compound. Given this context, this work aimed to provide the effect of using an antimycotoxin additive in the diets of broiler breeders challenged with ZEA from the 28th to the 65th week of life, and its effects on egg quality, productive and reproductive characteristics. A total of 288 broiler breeders and 32 roosters Cobb were used, in a completely randomized experimental design, totaling four treatments: Control (C), C + Additive, C + ZEA, C + Additive + ZEA with eight replications of 9 females and one male per pen. As the reproduction of the animals happened naturally, simulating what happens in the field, the roosters were together with the matrices. The diets were isonutritive and isocaloric, receiving only the inclusion of ZEA (1 ppm) and/or additive (0.040 g/ton) according to the experimental group. Total egg production (%), egg quality at 33, 44 and 63 weeks were analyzed; fertility, hatching, hatchability, embryo mortality, and quality of chicks in the 40th, 50th and 65th week. The influence of the additive on egg production was not observed. However, the antimycotoxin additive improved internal and external quality of the eggs, fertility, hatchability, hatchability of fertile eggs, and weight of the chicks at hatch. In conclusion, the antimycotoxin additive had a positive effect on egg quality characteristics and hatching performance.

Key-words: Contamination, Nutrition, Mycotoxin, Fertility, Hatchability.

3. INTRODUÇÃO

A nutrição exerce forte influência sobre todo o organismo, e conseqüentemente, sobre a produtividade animal. Nesse contexto é fundamental compreender a influência da dieta sobre as características produtivas e reprodutivas das matrizes bem como sobre a produtividade e qualidade da progênie. Uma vez que a qualidade final do frango de corte se inicia com um bom desenvolvimento dos pintos recém-eclodidos, a nutrição materna é essencial para garantir progênies de alta qualidade (SWAGGERTY et al., 2023; CHANG, HALLEY, SILVA, 2016).

A influência da dieta da matriz foi estudada por muitos pesquisadores, e o seu impacto sobre o desenvolvimento da progênie está bem estabelecido (SWAGGERTY et al., 2023; NOETZOLD et al., 2022; DE ARRUDA ROQUE et al., 2022; ZORZETTO et al., 2021; YANG et al., 2021; BUTLER et al., 2020; ARAUJO et al., 2019; CHANG, HALLEY, SILVA, 2016). Já em 2005, KENNY et al. (2005) descreve a transferência e o efeito que os nutrientes depositados no ovo exercem sobre o desenvolvimento embrionário e a eclodibilidade dos ovos.

Nesse cenário, se faz importante conhecer os ingredientes utilizados na produção de rações, como também, as possibilidades de contaminação, uma vez que as dietas podem carregar diversos microrganismos e substâncias danosas para os animais (AVILA et al., 2023; MACIOROWSKI et al., 2007). Dentre os microrganismos que podem ser carreados por meio da dieta, estão os fungos, como *Aspergillus*, *Claviceps* e *Fusarium*. Em ambientes que apresentem as condições ideais, eles se desenvolvem e produzem micotoxinas, que irão acarretar prejuízos zootécnicos, e conseqüentemente, afetar toda a cadeia produtiva (HAQUE et al., 2020; HORKY et al., 2018).

Quando ocorre a contaminação de um substrato ou da ração por fungos *Fusarium spp.* pode ocorrer a produção da ZEA. Essa micotoxina é conhecida como um micoestrogênio, sendo capaz de se ligar aos receptores de estrogênio e desencadear uma série de alterações no sistema reprodutivo (HAQUE et al., 2020). As ações das micotoxinas estão relacionadas a sensibilidade do indivíduo, que é relacionada a fatores como idade, sexo, *status* sanitário, imunológico e nutricional (AVILA et al., 2023). A presença de microrganismos ou substâncias danosas no organismo dos reprodutores, coloca em risco a reprodução e a geração da progênie devido a transmissão vertical que pode ocorrer (WALES

& DAVIES, 2020). Isso se deve ao fato da capacidade que as aves possuem de transferir resíduos e substâncias presentes na dieta para a gema dos ovos (DA ROSA et al., 2022; ESKANDANI et al., 2022).

Devido a esse potencial, estratégias de controle das micotoxinas, em especial da ZEA se faz necessário (FRUHAUF et al., 2019). Contudo, a ação de uma determinada metodologia de controle pode ser específica ou ter uma melhor atuação sobre um tipo de micotoxina, sendo parcialmente ineficaz contra outras (VILA-DONAT et al., 2018; DI GREGORIO et al., 2014). Além disso, há uma grande preocupação em relação a algumas metodologias químicas e físicas utilizadas já que elas podem gerar perdas de nutrientes na ração final (JARD et al., 2011). Com isso é comum a inclusão de aditivos nutricionais na ração, uma vez que eles podem impedir a absorção de alguns metabólitos tóxicos pela mucosa do trato gastrointestinal (BOCHIO et al., 2017;). Entretanto, para a ZEA a adsorção não se mostra tão eficaz (FRUHAUF et al., 2012), sendo necessário o uso de outras estratégias, como por exemplo, a utilização de enzimas.

O uso de métodos biológicos como enzimas na atuação sobre micotoxinas é uma prática que vem sendo estudada já que é responsável pela biotransformação de compostos tóxicos, favorecendo assim a viabilidade da produção (XU et al., 2022; VILA-DONAT et al., 2018; TSO et al., 2019). Essa estratégia é usada quando não há a efetiva adsorção de micotoxinas específicas, como por exemplo as fumonisinas e a ZEA (KOVALSKY & GRUBER-DORNINGER, 2021). A biotransformação é realizada por microrganismos e suas enzimas, que transformam as micotoxinas em compostos atóxicos por meio de reações de hidrólise, oxidação profunda, clivagem de anéis e glicosilação (VILA-DONAT et al., 2018). Estudos realizados anteriormente demonstraram a efetividade da utilização de enzimas com o objetivo de impedir a ação das micotoxinas no organismo animal (KOVALSKY & GRUBER-DORNINGER, 2021; HAQUE et al., 2020; ZHU et al., 2016; ZHOU et al., 2014; VIKSOE-NIELSEN & SOERENSEN, 2011).

Apesar disso, ainda há poucas informações sobre a utilização de enzimas capazes de impedir a atuação da ZEA em reprodutoras pesadas. Deste modo, resultados que indiquem o potencial deste tipo de aditivo com ação antimicotoxina e os efeitos causados pela ZEA sobre os índices produtivos e reprodutivos desses são essenciais quando se trata de produção de ovos férteis e pintinhos. Diante destas considerações, o objetivo desse estudo foi o de avaliar o uso de um aditivo anti-micotoxina, que possui componente

enzimático, em dietas de matrizes de frango de corte desafiadas com ZEA sobre a características produtivas, reprodutivas, qualidade de ovos e progênes.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento experimental desta pesquisa atendeu às diretrizes aprovadas pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, nº 9838181120.

4.1. AVES, DIETAS EXPERIMENTAIS, E INSTALAÇÕES.

Foram utilizadas 288 matrizes de frango de corte e 32 galos da linhagem Cobb, provenientes de uma granja comercial. As aves foram alojadas com 22 semanas e passaram por um período de adaptação. O experimento teve início na 28ª semana de vida das aves, e foi finalizado na 65ª semana. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado totalizando quatro tratamentos com oito repetições de nove matrizes e um galo por unidade experimental. Os tratamentos experimentais estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos e inclusão de aditivo e/ou ZEA.

Tratamentos	Dietas	Inclusão	
		Aditivo (g)	ZEA (ppm)
1	Controle (C)	X	X
2	C + Aditivo	400	X
3	C + ZEA (ZEA)	X	1 ppm
4	C + Aditivo + ZEA	400	1 ppm

As práticas de manejo e alimentação durante a fase de produção seguiram as recomendações do manual da linhagem utilizada, Cobb MV Male Management Supplement para os galos e Cobb500 Slow Feather Breeder Management Supplement para as matrizes. Antes de iniciar o experimento, todas as aves foram pesadas individualmente e distribuídas de modo a obter pesos uniformes entre as parcelas experimentais. Posteriormente, as aves foram pesadas na 45ª e 64ª semana de vida.

A formulação da ração permitiu que a ingestão diária de nutrientes não diferisse entre os tratamentos e atendesse as recomendações propostas por Rostagno et al. (2017). As dietas foram isonutritivas, isocalóricas e formuladas a base de milho, farelo de soja e de trigo. Os machos utilizados no experimento receberam a ração de acordo com o tratamento experimental das fêmeas (Tabela 2). Cada grupo recebia o equivalente de ração em gramas/ave/dia, às 7h00, e essa se alterava conforme a idade da ave, seguindo o manual de objetivos de desempenho da linhagem (Tabela 3).

O aditivo anti-micotoxina utilizado nas dietas experimentais foi *Mycofix 5.0* produzido pela BIOMIN cuja formulação apresenta a combinação de compostos que promovem a adsorção, a biotransformação e a bioproteção do organismo animal. Já a micotoxina utilizada neste estudo, ZEA, foi obtida por meio da inclusão do material de cultura fúngica (BiMM—Bioactive Microbial Metabolites Group) ao trigo moído. Este material é proveniente da Universidade e Centro de Pesquisa em Tulln, Áustria. Foi utilizada a cepa de *Fusarium graminearum*, que foi cultivada em milho e continha uma concentração de 1,122 g ZEA/kg de cultura fúngica.

Tabela 2. Composição percentual da dieta basal para matrizes de frango de corte.

	Idade (Semanas)	22 – 25	26 – 40	41 – 65
Ingredientes				
Milho moído		61,93	58,29	48,84
Farelo de soja		13,77	16,72	13,97
Farelo de trigo		19,77	13,75	23,04
Calcário calcítico		1,89	6,53	7,24
Óleo de soja		0,00	1,85	4,29
Fosfato bicálcico		1,55	1,63	1,34
Premix vitamínico e mineral*		0,40	0,40	0,40
Sal comum		0,28	0,28	0,29
Bicarbonato de sódio		0,20	0,20	0,20
DI – Metionina		0,12	0,12	0,12
L – Lisina		0,08	0,03	0,05
L – Treonina		0,01	0,00	0,00
Inerte		0,00	0,20	0,20
Total		100,00	100,00	100,00
ZEA		0,00	0,035	0,035
Mycofix 5.0		0,00	0,040	0,040
Níveis calculados				
EM, kcal/kg		2,800	2,800	2,800
Cálcio, %		1,20	3,00	3,20
Fósforo disponível, %		0,42	0,42	0,38
Sódio, %		0,20	0,20	0,20
Cloro, %		0,21	0,21	0,21
Potássio, %		0,60	0,60	0,60
Ácido linoléico, %		1,58	2,73	3,98
Proteína bruta, %		15,00	15,00	14,50
Arginina digestível, %		0,88	0,88	0,86
Dig Isoleucina, %		0,53	0,53	0,48
Dig Lisina, %		0,63	0,63	0,60
Dig SAA, %		0,55	0,55	0,52
Dig Metionina, %		0,33	0,33	0,31
Dig Treonina, %		0,47	0,47	0,45
Did Triptofano, %		0,15	0,15	0,15
Dig Valina, %		0,59	0,59	0,56

*Níveis de garantia por Kg: Ácido Fólico (mínimo) 175.00 mg/kg; Ácido Pantotênico, (mínimo) 2.500.00 mg/kg; Bacillus subtilis (mínimo) 2,00 x 10¹¹, UFC/kg; Biotina (mínimo) 6,25 mg/kg; Cobre (mínimo) 2.500.00 mg/kg; Colina (mínimo) 84,63 g/kg; Ferro (mínimo) 12,50 g/kg; Fitase (mínimo) 75.000,00 FTU/kg; Iodo (mínimo) 375,00 mg/kg; Manganês (mínimo) 25.00 g/kg; Metionina (mínimo) 198,00 g/kg; Niacina (mínimo) 7.500,00 g/kg; Selênio (mínimo) 75,00 mg/kg; Vitamina A (mínimo) 3.000.000,00 U.I./kg; Vitamina B1 (mínimo) 375,00 mg/kg; Vitamina B12 (mínimo) 2.500,00 mcg/kg; Vitamina B2 (mínimo) 1.500 mg/kg; Vitamina B6 (mínimo) 500,00 mg/kg; Vitamina D3 (mínimo) 750.000,00 U.I./kg; Vitamina E (mínimo) 12.500,00 U.I./kg; Vitamina K3 (mínimo) 800,00 mg/kg; Zinco (mínimo) 25,00 mg/kg; Virgiamicina (mínimo) 5.000,00 mg/kg.

Tabela 3. Programa alimentar de reprodutores a partir da 22ª semana de idade.

Idade (semanas)	Ração fêmeas (g/ave/dia)
22	111
23	114
24	118
25	138
26	150
27	152
28	164
29	164
30	164
31	163
32	163
33	162
34	162
35	161
36	161
37	160
38	160
39	159
40	159
41	158
42	158
43	158
44	157
45	157
46	157
47	156
48	156
49	156
50	155
51	155
52	155
53	155
54	154
55	154
56	154
57	154
58	153
59	153
60	153
61	153
62	152
63	152
64	152

O galpão utilizado possuía 32 boxes experimentais de alojamento, com capacidade para 10 aves cada, e era equipado com ventiladores. Cada box (2,4m x 1,6m x 2,1m) era equipado com um comedouro tipo calha que foi usado para o arraçamento das fêmeas, um bebedouro tipo “nipple”, um comedouro adaptado para os machos, três ninhos e cama do tipo maravalha em um galpão experimental da Prefeitura do campus Fernando Costa em Pirassununga/SP (Foto 1 e 2).

Figura 3. Vista externa do galpão experimental



Fonte: DIAS, M.T. (2019)

Figura 4. Vista interna do galpão experimental



Fonte: Arquivo pessoal, 2021.

4.2. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE OVOS, DESEMPENHO PRODUTIVO E REPRODUTIVO DE MATRIZES

O desempenho produtivo das aves foi avaliado pela produção total de ovos (28 a 65 semanas) expressa em porcentagem (%). Para isso utilizou-se o número total de ovos produzidos diariamente, dividido pelo número de aves e multiplicado por 100. As avaliações de qualidade interna e externa dos ovos foram realizadas na 33^a, 44^a e 63^a semana de vida das aves. Foram avaliados o peso dos ovos (g), unidade Haugh, coloração da gema, resistência (kgf), e espessura da casca dos ovos (%). Para isso, todos os ovos do dia foram coletados e identificados de acordo com o tratamento experimental e a repetição. Para a

obtenção destes dados os ovos foram identificados e avaliados individualmente pelo aparelho *Digital Egg Tester* (DET-6000) (Figura 3).

Figura 5. Máquina *Digital Egg Tester* para avaliação da qualidade do ovo



Fonte: Arquivo pessoal, 2021.

O desempenho reprodutivo das matrizes levou em consideração o percentual de fertilidade, a taxa de eclosão, a eclodibilidade, o embriodiagnóstico e a qualidade de pintos. Para isso, na 37^a, 47^a e 62^a semana de vida das aves, os ovos foram coletados por um período de 7 a 10 dias, sendo identificados de acordo com o tratamento e repetição, e armazenados em ambiente com temperatura controlada (entre 17 e 18°C), sendo incubados de acordo com a prática padrão. Antes de serem colocados na incubadora, os ovos ficaram em uma sala de espera em temperatura ambiente, com o objetivo de se prevenir a morte

embrionária devido a diferença de temperatura entre o ambiente climatizado e a incubadora. No 18º dia de incubação, os ovos foram transferidos para as bandejas de nascimento.

Figura 6. Transferência de ovos para as bandejas de nascimento



Fonte: Arquivo pessoal, 2021.

No 21º dia, os pintos eclodidos foram contados, e posteriormente foram selecionados 40 machos e 40 fêmeas para a realização da qualidade. As características avaliadas nos pintinhos foram: comprimento (cm), presença de umbigo mal cicatrizado, incidência de desidratação e de jarretes avermelhados. Os ovos que não eclodiram foram separados para a realização do embriodiagnóstico, sendo classificados como infértil, mortalidade inicial (1-7 dias de desenvolvimento embrionário), mortalidade intermediária (8-14 dias de desenvolvimento embrionário), mortalidade final (15-21 dias de desenvolvimento embrionário), contaminado ou bicado não nascido. Além disso, avaliou-se também a taxa de eclosão (calculado pela divisão entre o número de pintos nascidos e o total de ovos incubados, multiplicado por 100), eclodibilidade (calculada pela divisão entre o número de pintos nascidos e o número de ovos férteis incubados, multiplicado por 100) e fertilidade (relação entre o número de ovos férteis e o de ovos incubados).

Figura 7. Separação de pintos eclodidos para avaliação da qualidade



Fonte: Arquivo pessoal, 2021.

Figura 8. Realização da qualidade de pintos pós eclosão



Fonte: Arquivo pessoal, 2021.

O organograma descrito na sequência apresenta o cronograma de atividades e análises realizadas de acordo com a idade das aves

22 semanas	Chegada dos animais
28 semanas	Início do experimento
33 semanas	1º Análise de qualidade de ovos
37 semanas	1º Incubação
40 semanas	Nascimento, embriodiagnóstico e qualidade de pintos
44 semanas	2º Análise de qualidade de ovos
47 semanas	2º Incubação
50 semanas	Nascimento, embriodiagnóstico e qualidade de pintos
62 semanas	3º Incubação
63 semanas	3º Análise de qualidade de ovos
65 semanas	Nascimento, embriodiagnóstico e qualidade de pintos

4.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Todos os dados obtidos no experimento foram tabulados e analisados com o auxílio do pacote estatístico SAS (2012). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, e foi realizada a análise de variância, adotando-se o nível de 5% de significância. Os dados foram comparados pelo teste Tukey.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à produção de ovos durante todo o período experimental estão disponíveis na Tabela 4. Não houve efeito do aditivo ou da ZEA ($P > 0,05$) sobre a produção de ovos. Os resultados obtidos neste estudo corroboram com os achados de JIA et al. (2016), que não verificaram alterações na produção dos ovos de aves contaminadas apenas com a ZEA. Diferente dos resultados obtidos neste estudo e por JIA et al. (2016), GABARDO et al. (2022) e YUAN et al. (2022) verificaram a diminuição da taxa de produção de ovos no grupo que consumiu a ZEA em comparação ao grupo controle. A principal hipótese para os resultados obtidos nesse experimento é a maior tolerância e menor sensibilidade das aves à ZEA, o que já foi descrito anteriormente por WU et al. (2021), FINK-GREMMELS & MALEKINEJAD. (2007), e CHI et al. (1980).

Tabela 4. Produção de ovos de matrizes de frango de corte desafiadas com ZEA recebendo ou não a inclusão do aditivo anti-micotoxina pesadas.

	Tratamentos				SEM	P
	Controle	C + Aditivo	C + ZEA	C + Aditivo + ZEA		
Produção de ovos (%) 28 – 65 semanas	69,04	66,20	65,75	66,55	0,93	0,620

Em relação a qualidade dos ovos na 33^a e 44^a semanas, a altura de albúmen foi significativamente maior para o tratamento C+aditivo+ZEA e a unidade Haugh foi superior para o mesmo tratamento na 44^a semana. Houve efeito dos tratamentos sobre a espessura de casca na 44^o e 63^a semana, porém os resultados não tiveram a mesma resposta ($p < 0,05$). O peso do ovo foi maior no tratamento C+aditivo em relação aos demais (Tabela 5). Os

resultados obtidos neste estudo para altura de albúmen e unidades Haugh se assemelham aos obtidos por YUAN et al. (2022), que verificaram queda nesse parâmetro no grupo de poedeiras que consumiu a dose de 750 µg/kg de ZEA em comparação ao grupo controle. Em relação a espessura da casca, resultados similares foram observados por DAZUC et al. (2020) que verificaram os piores resultados provenientes da ação de micotoxinas produzidas pelo *Fusarium sp.* sobre a produção e qualidade de ovos de poedeiras comerciais.

Em relação ao peso do ovo, é esperado que ocorra um aumento do peso à medida que as aves envelhecem. Isso ocorre devido à maior deposição de substâncias provenientes da síntese hepática em um menor número de folículos, conseqüentemente, aumentando o peso dos ovos (ZAKARIA et al., 1983). No caso dos ovos provenientes de aves que consumiram apenas a ZEA, a principal hipótese para a diminuição do peso seria o comprometimento da funcionalidade do sistema hepático pela ação da ZEA, e conseqüentemente, uma menor deposição de substâncias no vitelo (CHEN et al., 2019), comprometendo assim, o peso dos ovos.

Tabela 5. Qualidade interna e externa de ovos de matrizes de frango de corte desafiadas com ZEA recebendo ou não a inclusão do aditivo anti-micotoxina na 33, 45 e 63ª semana de vida.

	Tratamentos				SEM	P
	Controle	C + Aditivo	C + ZEA	C + Aditivo + ZEA		
33 Semanas						
Peso do ovo (g)	63,68	64,56	63,49	64,00	0,24	0,409
Altura de albúmen	7,52 ^d	7,96 ^c	8,82 ^b	9,25 ^a	0,17	0,001
Unidade Haugh	88,26 ^c	91,16 ^b	95,06 ^a	94,90 ^a	0,93	0,026
Resistência a quebra (kgf)	3,84	4,14	4,06	4,07	0,04	0,090
Espessura da casca (mm)	0,376	0,384	0,376	0,381	0,002	0,346
44 Semanas						
Peso do ovo (g)	70,03	71,27	71,93	70,69	0,30	0,141
Altura de albúmen	8,07 ^c	8,65 ^b	7,75 ^d	10,73 ^a	0,024	<0,001
Unidade Haugh	86,70 ^b	87,72 ^b	83,83 ^c	100,07 ^a	1,15	<0,001
Resistência a quebra (kgf)	4,01	4,17	4,26	4,23	0,06	0,506
Espessura da casca (mm)	0,395 ^b	0,371 ^d	0,389 ^c	0,402 ^a	0,002	<0,001
63 Semanas						
Peso do ovo (g)	74,52 ^b	75,02 ^a	71,95 ^d	74,01 ^c	0,42	0,045
Altura de albúmen	7,56	7,65	7,43	7,52	1,17	0,915
Unidade Haugh	82,22	83,02	82,09	82,56	0,50	0,976
Resistência a quebra (kgf)	3,63	3,55	3,56	3,56	0,87	0,983
Espessura da casca (mm)	0,396 ^b	0,398 ^a	0,376 ^d	0,381 ^c	0,01	<0,001

A contaminação das reprodutoras com a ZEA afetou significativamente o número de ovos férteis na 2^o e na 3^o análises realizadas. Além disso, verificou-se efeito significativo da contaminação por ZEA sobre a taxa de eclosão na 47^a semana, e sobre a taxa de ovos bicados e não nascidos na 62^a semana (Tabela 6). Em relação aos ovos inférteis, os resultados obtidos neste estudo corroboram com os achados de ALLEN et al. (1982), que verificaram uma diminuição no percentual de ovos férteis provenientes de aves que foram contaminadas com 100 ppm de ZEA durante o período experimental. MANAFI (2011) também verificou a queda no percentual de ovos férteis dos grupos contaminados com micotoxinas em relação ao grupo controle e ao grupo que recebeu a inclusão de um aditivo nutricional.

A taxa de eclosão é um importante parâmetro quando se analisa o aspecto reprodutivo do lote. Esse estudo mostrou que a micotoxina diminui essa taxa quando comparada aos demais grupos ($P = 0.02$). WANG et al. (2021) encontraram resultados similares ao analisarem a interação de diferentes micotoxinas sobre a taxa de eclosão dos grupos contaminados quando comparados à grupos com baixa e moderada taxa de contaminação.

Os ovos bicados são aqueles em que o pintinho conseguiu realizar a bicagem e a quebra parcial da casca dos ovos, mas não conseguiu eclodir. Nesse estudo, o melhor resultado para esse parâmetro foi proveniente do grupo controle ($P = 0.04$). Assim, é possível observar que mesmo com a inclusão de um aditivo anti-micotoxina, não houve melhoria desse parâmetro quando comparamos esse grupo com o grupo proveniente de matrizes contaminadas. No momento da eclosão, fatores inerentes a incubação, genética, nutrição da matriz, disponibilidade de nutrientes que serão utilizados como energia, entre outros, influenciam diretamente a bicagem do ovo, e conseqüentemente a eclosão (MOOLENAR et al., 2010; RONDÓN & MURAKAMI, 1998)

Tabela 6. Taxas de eclosão, eclodibilidade, fertilidade e embriodiagnósticos matrizes de frango de corte desafiadas com ZEA recebendo ou não a inclusão do aditivo anti-micotoxina.

	Tratamentos				SEM	P
	Controle	C + Aditivo	C + ZEA	C + Aditivo + ZEA		
37 Semanas						
Eclodibilidade, %	94,30	93,19	92,25	93,95	1,72	0,79
Eclosão, %	88,98	87,09	77,22	91,52	4,89	0,18
Fertilidade, %	94,12	92,67	83,53	97,33	4,26	0,14
Mortalidade inicial, %	1,12	3,11	2,82	3,83	0,93	0,18
Mortalidade intermediária, %	0,62	0,00	0,00	0,27	0,29	0,48
Mortalidade final, %	2,16	2,15	1,98	0,89	0,88	0,72
Bicados, %	1,74	0,32	1,42	0,83	0,71	0,52
N amostral	188	249	269	289		
47 Semanas						
Eclodibilidade, %	89,67	83,52	80,21	93,49	4,41	0,19
Eclosão, %	82,67 ^a	68,64 ^a	55,06 ^b	87,08 ^a	7,15	0,02
Fertilidade, %	93,86 ^{ab}	78,90 ^{ab}	67,51 ^b	93,05 ^a	6,19	0,03
Mortalidade inicial, %	6,26	1,67	9,16	4,86	2,26	0,21
Mortalidade intermediária, %	0,00	0,00	0,96	0,00	0,32	0,20
Mortalidade final, %	2,00	2,36	1,70	0,46	1,01	0,55
Bicados, %	1,86	1,03	0,87	0,66	1,00	0,80
N amostral	150	150	150	150		
62 Semanas						
Eclodibilidade, %	81,01	83,49	74,10	90,25	7,33	0,52
Eclosão, %	75,62	75,32	53,34	82,24	7,32	0,08
Fertilidade, %	93,11 ^a	89,73 ^{ab}	67,11 ^b	90,59 ^{ab}	6,22	0,04
Mortalidade inicial, %	4,74	8,63	8,78	3,94	3,99	0,73
Mortalidade intermediária, %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
Mortalidade final, %	3,44	4,15	2,72	2,72	1,73	0,89

Bicados, %	8,59 ^a	1,29 ^b	1,39 ^b	0,70 ^b	1,91	0,04
N amostral	101	102	79	122		

Diferenças estatísticas foram observadas no comprimento ao nascimento em todos os períodos analisados. Além disso, também foi observado efeito significativo sobre a incidência de umbigo mal cicatrizado em pintinhos na 50^a e 65^a semana, (Tabela 7). A idade da matriz, status nutricional, sanitário e imunológico são fatores que impactam diretamente o desenvolvimento embrionário, e conseqüentemente, o peso e o comprimento dos pintinhos no momento da eclosão (CHANG, HALLEY, SILVA, 2016). Isso é devido à maior deposição de nutrientes em um menor número de folículos, afetando assim a proporção de gema em relação ao ovo, e conseqüentemente, o peso do ovo (ROCHA et al., 2008; ALMEIDA et al., 2006). No caso das matrizes mais novas, elas produzem ovos menores, que apresentam um menor rendimento a incubação, e conseqüentemente, progênie de pior qualidade e com menor peso na eclosão (MEURER et al., 2008; SUAREZ et al., 1997). Além disso, existe uma correlação direta entre o comprimento do pintinho no momento da eclosão e o aproveitamento dos nutrientes provenientes da gema durante a vida embrionária. Isso é decorrente da dependência do embrião com os nutrientes que serão depositados na gema e utilizados como substrato para o seu desenvolvimento durante e após a eclosão. Nessa situação, a deposição dos nutrientes é fortemente dependente do metabolismo hepático, que por sua vez, pode ser influenciado pela composição nutricional da dieta oferecida às reprodutoras (CHANG, HALLEY, SILVA, 2016; SURAI, 2010). Além disso, a literatura é vasta a respeito da relação entre o peso do ovo e o peso do pinto no momento da eclosão, sendo esse peso responsável por 60 a 70% do peso dos ovos (RODRIGUES et al., 2021; BARACHO et al., 2010; NAVARRO, *apud* DE SOUZA, 2005). A contaminação por ZEA leva ao comprometimento do sistema hepático, afetando toda a sua fisiologia (LI et al., 2021; CHEN et al., 2019; BRYDEN, 2012). Assim, a hipótese que explica os resultados obtidos nesse estudo seria a que o grupo que consumiu a dieta contaminada com ZEA teve o sistema hepático comprometido, afetando a deposição de nutrientes no folículo, o tamanho da gema, dos ovos e o comprimento dos pintos ao nascimento. Neste presente estudo, verificou-se que os menores pesos dos ovos (Tabela 5), ocorreu para o grupo contaminado com ZEA, fortalecendo essa hipótese e corroborando com outros estudos (RODRIGUES et al., 2021; BARACHO et al., 2010; NAVARRO, *apud* DE SOUZA, 2005).

A incidência do umbigo mal cicatrizado ao nascimento é um parâmetro fortemente influenciado por fatores como a idade e nutrição da matriz, manejo da incubação e qualidade dos ovos. Dentre os fatores relacionados ao manejo da incubação que podem afetar o desenvolvimento embrionário, tem-se a temperatura e a umidade (LI et al., 2021; FRANCO et al., 2019). A cicatrização do umbigo está relacionada à janela de nascimento dos pintos, que vai ser influenciada pela temperatura e umidade da incubadora (LOURENS et al., 2005). Quando a eclosão ocorre no final da janela de nascimento a cicatrização do umbigo é prejudicada, sendo consequência da maior desidratação dos animais (ARAUJO et al., 2016). Não há relatos na literatura sobre a influência das micotoxinas na cicatrização do umbigo, sendo necessário a realização de pesquisas para concluir a influência desses metabólitos sobre essa característica.

Tabela 7. Qualidade de pintos de matrizes de frango de corte desafiadas com ZEA recebendo ou não a inclusão do aditivo anti-micotoxina na 40, 50 e 65ª semana de vida.

	Tratamentos				SEM	P
	Controle	C + Aditivo	C + ZEA	C + Aditivo + ZEA		
40 Semanas						
Comprimento (cm)	18.63 ^a	18.61 ^a	18.36 ^b	18.04 ^c	0.04	<0.001
Umbigo aberto, %	4.94	3.70	4.94	7.41	0.01	0.760
Desidratação, %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Jarretes avermelhados, %	1.23	0.00	0.00	0.00	0.01	0.393
50 Semanas						
Comprimento (cm)	18.94 ^b	18.93 ^b	18.78 ^c	19.08 ^a	0.03	0.009
Umbigo aberto, %	0.14 ^c	0.08 ^b	0.25 ^d	0.02 ^a	0.02	<0.001
Desidratação, %	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01	0.573
Jarretes avermelhados, %	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01	0.573
65 Semanas						

Comprimento (cm)	18.25 ^b	18.76 ^a	15.71 ^c	18.84 ^a	0.21	<0.001
Umbigo aberto, %	0.25 ^d	0.12 ^b	0.06 ^a	0.17 ^c	0.02	0.028
Desidratação, %	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.391
Jarretes avermelhados, %	0.03	0.00	0.02	0.02	0.01	0.567

6. CONCLUSÕES

A nutrição da matriz de frango de corte pesada influencia diretamente a qualidade das progênes subsequentes. A inclusão do aditivo anti-micotoxina conseguiu minimizar os efeitos da ZEA sobre algumas características de qualidade dos ovos e reprodutivas propiciando melhoria da fertilidade e do comprimento da progênie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, N. K.; PEGURI, A.; MIROCHA, C. J.; NEWMAN, J. A. Effects of Fusarium cultures, T-2 toxin, and zearalenone on reproduction of turkey females. **Poultry Science**, v. 62, n. 2, p. 282-289, 1982.
- ALMEIDA, J. G.; DAHLKE, F.; MAIORKA, A.; FARIA FILHO, D. E.; OELKE, C. A. Efeito da idade da matriz no tempo de eclosão, tempo de permanência do neonato no nascedouro e o peso do pintainho. **Archives of Veterinary Science**, v. 11, n. 2, 2006.
- ARAÚJO, I. C. S., LEANDRO, N. S. M., MESQUITA, M. A., CAFÉ, M. B., MELLO, H. H. C., GONZALES, E. Effect of incubator type and broiler breeder age on hatchability and chick quality. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 18, p. 17-25, 2016.
- ARAUJO, L. F., ARAUJO, C. S. D. S., PEREIRA, R. J. G., BITTENCOURT, L. C., SILVA, C. C., CISNEROS, F., HERMES, R. G., SARTORE, Y. G. A., DIAS, M. T. The dietary supplementation of canthaxanthin in combination with 25OHD3 results in reproductive, performance, and progeny quality gains in broiler breeders. **Poultry science**, 98(11), 5801-5808, 2019.
- AVILA, L. P., SWEENEY, K. M., SCHAEFFER, C., HOLCOMBE, N., SELBY, C., MONTIEL, E., WILSON, J. L. Broiler breeder feed treatment with a formaldehyde-based sanitizer and its consequences on reproduction, feed and egg contamination, and offspring livability. **Journal of Applied Poultry Research**, p. 100330, 2023.
- BARACHO, M. S.; NÄÄS, I. D. A.; GIGLI, A. Impacto das variáveis ambientais em incubatório de estágio múltiplo de frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, v. 30, p. 563-577, 2010.
- BOCHIO, V., TAKAHASHI, S. E., GROFF, P. M., SCHADECK, M. M., & MAIER, G. S. Efeitos da aflatoxina na produção avícola: Revisão. **Pubvet**, 11, 744-839, 2017.
- BUTLER, L. D., SCANES, C. G., ROCHELL, S. J., MAUROMOUSTAKOS, A., CALDAS, J. V., KEEN, C. A., HANNING, C. O., KIDD, M. T. Effect of pullet body weight and hen dietary amino acid treatments on their progeny fed high and low amino acid diets. **Poultry science**, v. 100, n. 1, p. 159-173, 2021.
- CHANG, A.; HALLEY, J.; SILVA, M. Can feeding the broiler breeder improve chick quality and offspring performance?. **Animal production science**, v. 56, n. 8, p. 1254-1262, 2016.
- CHEN, Y.; CHENG, Y.; WEN, C.; WANG, W.; KANG, Y.; WANG, A.; ZHOU, Y. The protective effects of modified palygorskite on the broilers fed a purified zearalenone-contaminated diet. **Poultry science**, v. 98, n. 9, p. 3802-3810, 2019.
- CHI, M. S.; MIROCHA, C. J.; WEAVER, G. A.; KURTZ, H. J. Effect of zearalenone on female white leghorn chickens. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 39, n. 5, p. 1026–1030, 1980.

DA ROSA, G.; DAZUK, V.; GALLI, G. M.; ALBA, D. F.; BOIAGO, M. M.; OLIVEIRA, F. C.; SIEBENEICHLER, T. J.; ZAMBIAZI, R. C.; GALLI, V.; COPETTI, P. M.; SCHETINGER, M. R. C.; WAGNER, R.; MEINHART, A. D.; DA SILVA, A. S. The addition of residue from pruning of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) in laying hens modulates fatty acid profile and incorporates chlorogenic acid in the egg. **Research in Veterinary Science**, v. 147, p. 28-36, 2022.

DAZUC, V.; MARCEL, M. M.; BOIAGO, G.; ROLIM, A.; PARAVISI, P.; COPPETI, P. M.; BISSACOTTI, B. F.; MORSCH, V. M.; VEDOVATTO, M.; GAZONI, F. L.; MATTE, F.; GLORIA, E. M.; DA SILVA, A. S. Laying hens fed mycotoxin-contaminated feed produced by *Fusarium* fungi (T-2 toxin and fumonisin B1) and *Saccharomyces cerevisiae* lysate: Impacts on poultry health, productive efficiency, and egg quality. **Microbial Pathogenesis**, v. 149, p. 104517, 2020.

DE ARRUDA ROQUE, F., CHEN, J., ARAUJO, R. B., MURCIO, A. L., DE SOUZA LEITE, B. G., DIAS TANAKA, M. T., GRANGHELLI, C. A., PELISSARI, P. H., CARVALHO, R. S. B., TORRES, D., VÁZQUEZ-AÑÓN, M., HANCOCK, H., ARAUJO, C. S. S., ARAUJO, L. F. Maternal supplementation of different trace mineral sources on broiler breeder production and progeny growth and gut health. **Frontiers in Physiology**, 1801, 2022.

DI GREGORIO, M.C.; DE NEEFF, D.V.; JAGER, A.V.; CORASSIN, C.H.; CARÃO, Á.C.D.P.; De ALBUQUERQUE, R.; DE AZEVEDO, A.C.; OLIVEIRA, C.A.F. Mineral adsorbents for prevention of mycotoxins in animal feeds. **Toxin Reviews**, v. 33, n. 3, p. 125-135, 2014.

ESKANDANI, M., NAVIDSHAD, B., ESKANDANI, M., VANDGHANOONI, S., AGHJEHGHEHLAGH, F. M., NOBAKHT, A., SHAHBAZFAR, A. A. The effects of L-carnitine-loaded solid lipid nanoparticles on performance, antioxidant parameters, and expression of genes associated with cholesterol metabolism in laying hens. **Poultry Science**, v. 101, n. 12, p. 102162, 2022.

FINK-GREMMELS, J.; MALEKINEJAD, H. J. A. F. Clinical effects and biochemical mechanisms associated with exposure to the mycoestrogen zearalenone. **Animal Feed Science and Technology**, v. 137, n. 3-4, p. 326-341, 2007.

FRANCO, M. J. M.; OLIVIERI, O. C. L.; FERNANDES, E. D. A.; SILVA, P. L. D.; FONSECA, R. R.; FONSECA, B. B. Embryonic Mortality and Broiler Chick Quality (*Gallus Gallus*) from Glass-Shelled Eggs. **Ciência Animal Brasileira**, v. 20, 2019.

FRUHAUF, S., NOVAK, B., NAGL, V., HACKL, M., HARTINGER, D., RAINE, V. LABUDOVÁ, S., ADAM, G., ALESCHKO, M., MOLL, W-D., THAMHESL, M., GRENIER, B. Biotransformation of the mycotoxin zearalenone to its metabolites hydrolyzed zearalenone (HZEN) and decarboxylated hydrolyzed zearalenone (DHZEN) diminishes its estrogenicity in vitro and in vivo. **Toxins**, v. 11, n. 8, p. 481, 2019.

FRUHAUF, S.; SCHWARTZ, H.; OTTNER, F.; KRŠKA, R.; VEKIRU, E. Yeast cell based feed additives: studies on aflatoxin B1 and zearalenone. **Food Additives & Contaminants: Part A**, v. 29, n. 2, p. 217-231, 2012.

GABARDO, L., STARKL, V., HOFFSTETTER, U., ARTAVIA, I., DOUPOVEC, B., ROUXEL, L. A recombinant enzyme to counteract zearalenone in layers. **Animal-science proceedings**, v. 13, n. 5, p. 646-647, 2022.

HAQUE, M. A.; WANG, Y.; SHEN, Z.; LI, X.; SALEEMI, M. K.; HE, C. Mycotoxin contamination and control strategy in human, domestic animal and poultry: A review. **Microbial Pathogenesis**, v. 142, p. 104095, maio 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0882401019321357>>.

HORKY, P., SKALICKOVA, S., BAHOLET, D., SKLADANKA, J. Nanoparticles as a solution for eliminating the risk of mycotoxins. **Nanomaterials**, v. 8, n. 9, p. 727, 2018.

JARD, G.; LIBOZ, T.; MATHIEU, F.; GUYONVARCH, A.; LEBRIHI, A. Review of mycotoxin reduction in food and feed: from prevention in the field to detoxification by adsorption or transformation. **Food Additives & Contaminants: Part A**, v. 28, n. 11, p. 1590-1609, 2011.

JIA, R.; MA, Q.; FAN, Y.; JI, C.; ZHANG, J.; LIU, T.; ZHAO, L. The toxic effects of combined aflatoxins and zearalenone in naturally contaminated diets on laying performance, egg quality and mycotoxins residues in eggs of layers and the protective effect of *Bacillus subtilis* biodegradation product. **Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association** vol. 90 (2016): 142-50. doi:10.1016/j.fct.2016.02.010

KENNY, M.; KEMP, C. Breeder nutrition and chick quality. **International Hatchery Practice**, v. 19, n. 4, p. 7-11, 2005.

KOVALSKY, P., GRUBER-DORNINGER, C. **Zearalenone Compendium**. BIOMIN, 2021.

LI, X.; RATHGEBER, B.; MCLEAN, N.; MACISAAC, J. Providing colored photoperiodic light stimulation during incubation: 1. Effects on embryo development and hatching performance in broiler hatching eggs. **Poultry Science**, v. 100, n. 9, p. 101336, 2021.

LI, Y.; YI, J.; ZENG, Q.; LIU, Y.; YANG, B.; LIU, B.; YANGWEI, L.; KHALID, M.; RIAZ, H.; ZHAOXIN, T.; HUI, Z.; LI, Y. Zearalenone exposure mediated hepatotoxicity via mitochondrial apoptotic and autophagy pathways: Associated with gut microbiome and metabolites. **Toxicology**, v. 462, p. 152957, 2021.

LOURENS, A; BRAND, H.; MEIJERHOF, R.; KEMP, B. Effect of eggshell temperature during incubation on embryo development, hatchability and posthatch development. **Poultry Science**, v.84, p.914-920, 2005.

MACIOROWKI, K. G., HERRERA, P., JONES, F. T., PILLAI, S. D., RICKE, S. C. Effects on

poultry and livestock of feed contamination with bacteria and fungi. **Animal Feed Science and Technology**, v. 133, n. 1-2, p. 109-136, 2007.

MANAFI, M. Evaluation of different mycotoxin binders on aflatoxin B1 (*Aspergillus parasiticus*) produced on rice (*Oriza sativa*) on fertility, hatchability, embryonic mortality, residues in egg and semen quality. **Adv Environ Biol**, v. 5, n. 13, p. 3818-3825, 2011.

MEURER, R. F. P.; VALLE, F. L. P.; SANTOS, S. A.; ZANATTA, C. P.; DAHLKE, F.; MAIORKA, A.; OLIVEIRA, E. G. Interação entre idade da matriz e peso do ovo no desempenho de frangos de corte. **Archives of Veterinary Science**, v. 13, n. 3, 2008.

MOLENAAR, R.; MEIJERHOF, R.; VAN DEN ANKER, I.; HEETKAMP, M. J. W., VAN DEN BORNE, J. J. G. C.; KEMP, B.; VAN DEN BRAND, H. Effect of eggshell temperature and oxygen concentration on survival rate and nutrient utilization in chicken embryos. **Poultry Science**, v. 89, n. 9, 2010.

NOETZOLD, T. L., VIEIRA, S. L., HORN, R. M., DE FREITAS, C. R., FIREMAN, A. K. Improved offspring performance of broiler breeder hens fed amino acid complexed trace minerals. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 31, n. 4, p. 100284, 2022.

ROCHA, J. S. R.; LARA, L. J. C.; BAIÃO, N. C.; CANÇADO, S. V.; BAIÃO, L. E. C.; SILVA, T. R. Efeito da classificação dos ovos sobre o rendimento de incubação e os pesos do pinto e do saco vitelino. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, p. 979-986, 2008.

RODRIGUES, C. B.; MOREIRA, T. B.; DUARTE SALES, R. R.; WANDERLEY, H. V.; CURCINO, Í. R.; AMORIM, A. F. INFLUÊNCIA DO PESO DO OVO NO PESO DO PINTINHO E EMBRIODIAGNÓSTICO DOS OVOS NÃO ECLODIDOS. In: **12ª JICE-JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO**. 2021.

RONDÓN, E. O. O.; MURAKAMI, A. E. Fatores que interferem no desenvolvimento embrionário e seus efeitos nos problemas metabólicos pós-eclosão em frangos de corte. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 20, p. 373-382, 1998.

SOUZA, A. V. C. FUNDAMENTOS TÉCNICOS PARA UTILIZAÇÃO; DE DIETAS, PÓS-ECLOSÃO PARA FRANGOS. DE CORTE. **Polinutri. Disponível em: <http://www.polinutri.com.br> Acesso em**, v. 23, n. 06, 2006

SUAREZ, M. E.; WILSON, H. R.; MATHER, F. B.; WILCOX, C. J.; MCPHERSON, B. N. Effect of strain and age of the broiler breeder female on incubation time and chick weight. **Poultry Science**, v. 76, n. 7, p. 1029-1036, 1997.

SURAI, P. F. Effect of selenium and vitamin E content of the maternal diet on the antioxidant system of the yolk and the developing chick. **British poultry science**, v. 41, n. 2, p. 235-243, 2000.

SWAGGERTY, C. L., MALHEIROS, R. D., LAHAYE, L., SALGADO, H. H., BYRD II, J. A., GENOVESE, K. J., HAIGI, H., SANTIN, E., KOGUT, M. H. Addition of a protected complex of biofactors and antioxidants to breeder hen diets confers transgenerational protection against *Salmonella enterica* serovar Enteritidis in progeny chicks. **Poultry Science**, p. 102531, 2023.

TSO, K. H.; JU, J. C.; FAN, Y. K.; CHIANG, H. I. Enzyme degradation reagents effectively remove mycotoxins deoxynivalenol and zearalenone from pig and poultry artificial digestive juices. **Toxins**, v. 11, n. 10, 2019.

VIKSOE-NIELSEN, A.; SOERENSEN, B. H. Process for degrading zearalenone in a feed product employing lacasse. **WO**, v. 77447, p. A1, 2009.

VILA-DONAT, P., MARÍN, S., SANCHIS, V., RAMOS, A. J. A review of the mycotoxin adsorbing agents, with an emphasis on their multi-binding capacity, for animal feed decontamination. **Food and chemical toxicology**, v. 114, p. 246-259, 2018.

WALES, A., DAVIES, R. Review of hatchery transmission of bacteria with focus on *Salmonella*, chick pathogens and antimicrobial resistance. **World's Poultry Science Journal**, v. 76, n. 3, p. 517-536, 2020.

WANG, Y.; QUAN, H.; LI, X.; LI, Q.; HAQUE, M. A.; SHI, Q.; QIANG, F.; HE, C. Contamination with fumonisin B and deoxynivalenol is a threat to egg safety and contributes to gizzard ulcerations of newborn chickens. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, p. 676671, 2021.

WU, K.; REN, C.; GONG, Y.; GAO, X.; RAJPUT, S. A.; QI, D.; WANG, S. The insensitive mechanism of poultry to zearalenone: A review. **Animal Nutrition**, v. 7, n. 3, p. 587-594, 2021.

XU, R., KJARIE, E. G., YIANNIKOURIS, A., SUN, L., KARROW, N. A. Nutritional impact of mycotoxins in food animal production and strategies for mitigation. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 13, n. 1, p. 69, 2022.

YANG, J., DING, X. M., BAI, S. P., WANG, J. P., ZENG, Q. F., PENG, H. W., XUAN, Y., SU, A. W., ZHANG, K. Y. Effects of dietary vitamin E supplementation on laying performance, hatchability, and antioxidant status in molted broiler breeder hens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 30, n. 3, p. 100184, 2021.

YEGANI, M.; SMITH, T. K.; LEESON, S.; BOERMANS, H. J. Effects of Feeding Grains Naturally Contaminated with *Fusarium* Mycotoxins on Performance and Metabolism of Broiler Breeders. **Poultry Science**, v. 85, p. 1541–1549, 2006.

YUAN, T.; LI, J.; WANG, Y.; LI, M.; YANG, A.; REN, C.; QI, D.; ZHANG, N. Effects of Zearalenone on Production Performance, Egg Quality, Ovarian Function and Gut Microbiota of Laying Hens. **Toxins**, vol. 14,10 653. 2022, doi:10.3390/toxins14100653

ZAKARIA, A. H.; MIYAKI, T.; IMAI, K. The effect of aging on the ovarian follicular growth in laying hens. **Poultry Science**, v. 62, n. 4, p. 670-674, 1983.

ZHOU, T., GONG, J., YU, H., LI, X. Z. **Bacterial isolate and methods for detoxification of trichothecene mycotoxins**. U.S. Patent n. 8,642,317, 4 fev. 2014.

ZHU, Y., HASSAN, Y. I., WATTS, C., ZHOU, T. Innovative technologies for the mitigation of mycotoxins in animal feed and ingredients—A review of recent patents. **Animal feed science and technology**, v. 216, p. 19-29, 2016.

ZORZETTO, P. S., ARAÚJO, C. S. D. S., ARAÚJO, L. F., ROQUE, F. D. A., GRANGHELLI, C. A., LEITE, B. G. D. S., GONÇAVES, J. G., CECCANTINI, M. L., FAGUNDES, N. S., FONTINHAS-NETTO, G. V., MARCO, M., SURAI, P. F. Replacing dietary sodium selenite with a lower level of hydroxy-selenomethionine improves the performance of broiler breeders and their progeny. **Italian Journal of Animal Science**, 20(1), 1749-1758, 2021.

CAPÍTULO III

EFEITO DE ADITIVO ANTI-MICOTOXINA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS SEMINAIS DE GALOS DESAFIADOS COM ZEARALENONA.

RESUMO

A contaminação dos animais de produção por micotoxinas é uma preocupação global recorrente. A ação desses compostos sobre os índices produtivos e reprodutivos do plantel afetam diretamente a manutenção e a viabilidade da cadeia produtiva. Assim, estratégias que diminuam o impacto desses compostos sobre o organismo animal vêm sendo estudadas. Dentre esses metabólitos, destaca-se a zearalenona (ZEA). Ela é caracterizada por exercer ação sobre o trato reprodutivo dos animais, afetando assim, os parâmetros associados a reprodução, e conseqüentemente, a viabilidade da progênie. Em um plantel de reprodutores, os machos atuam como peça fundamental para o sucesso reprodutivo. Nesse contexto, a literatura relata a correlação existente entre a fertilidade dos machos e a dos ovos, sendo esses fatores influenciados por diversos manejos, dentre eles, o nutricional. A alimentação ofertada aos animais irá influenciar o seu desenvolvimento, inclusive o peso testicular, com efeito direto sobre a produção e a qualidade espermática. Assim, é importante adotar medidas que diminuam a contaminação dos insumos e da ração utilizada durante a criação dos animais. Muito se discute sobre os efeitos de outras micotoxinas sobre o organismo das matrizes e dos galos, contudo, ainda há poucos relatos sobre os efeitos da ZEA nesses animais. Diante deste contexto, este trabalho objetivou avaliar o efeito da utilização de um aditivo anti-micotoxina nas dietas de galos desafiados com ZEA da 28^a a 65^a semana de vida, e verificar o seus efeitos sobre a qualidade e morfologia espermática. Foram utilizadas 288 matrizes e 32 galos de corte da linhagem Cobb, em um delineamento experimental inteiramente casualizado totalizando quatro tratamentos (Controle, C + Aditivo, C + ZEA, C + Aditivo + ZEA) com oito repetições de 9 matrizes e um galo por unidade experimental. Os animais foram criados juntos, devido a reprodução ocorrer de forma natural. Contudo, os machos eram separados das fêmeas para a realização das coletas e análises de sêmen. As dietas foram isonutritivas e isocalóricas recebendo apenas a inclusão da ZEA (1 ppm) e/ou aditivo (0,040/ton) de acordo com o grupo experimental. Na 30^a, 45^a e 63^a semana foram analisadas a morfologia e a qualidade espermática (vigor, motilidade e concentração) dos galos. Não foi observada diferença estatística para a morfologia espermática, independentemente da idade analisada. Em relação a qualidade espermática, foi possível observar efeito significativo dos tratamentos experimentais sobre a motilidade e a concentração espermática na 30^a semana, e para concentração espermática na 63^a semana. Assim, é possível concluir que dieta contaminada com ZEA prejudica os índices reprodutivos de galos e o aditivo anti-micotoxina não minimizou este efeito.

Palavras chaves: Aditivo, Contaminação, Qualidade espermática, Nutrição, Micotoxina.

ABSTRACT

Contamination of production animals by mycotoxins is a recurrent global concern. The action of these compounds on the productive and reproductive indices of the rooster resulted directly in the maintenance and viability of the productive chain. Thus, strategies to reduce the impact of micotoxins on the animal organism have been studied. Among these metabolites is zearalenone (ZEA). It is characterized by exerting action on the reproductive tract of animals, thus affecting the parameters associated with reproduction, and consequently, the viability of subsequent progeny. In a breeding flock, males act as a fundamental piece for reproductive success. In this context, the literature reports the existing correlation between male fertility and egg fertility, and these factors are influenced by various management practices, including nutrition. The diets offered to the animals will influence the development of the animal, which directly affects the development of testicular weight, with a direct effect on sperm production and quality. Thus, it is important to work on measures that reduce the contamination of the inputs and feed used during animal husbandry. Much is discussed about the effects of other mycotoxins on the organism of breeders and roosters, however, there are still few reports on the effects of ZEA in these animals. Given this context, this study aimed to evaluate the effect of using an anti-mycotoxin additive in the diets of roosters challenged with ZEA from the 28th to the 65th week of life, and to verify its effects on sperm quality and morphology. Two hundred and eighth breeders and 32 Cobb roosters were used, in a completely randomized experimental design, totaling four treatments (Control, C + Additive, C + ZEA, C + Additive + ZEA) with eight replications of 9 breeders and one rooster per pen. The animals were raised together, due to reproduction occurring naturally. However, males were separated from females for collection and semen analysis. The diets were isonutritive and isocaloric, with inclusion of ZEA (1 ppm) and/or additive anti-mycotoxin (0,040/ton) according to the experimental group. At the 30rd, 43rd and 63rd week, the morphology and sperm quality (vigor, motility and concentration) of roosters contaminated with ZEA and supplemented with an anti-mycotoxin additive were analyzed. No statistical difference was observed for sperm morphology, regardless of the analyzed age. Regarding sperm quality, it was possible to observe a statistical difference for the analyzes of motility and sperm concentration in the 30th week, and for sperm concentration in the 63rd week. Thus, it is possible to conclude that ZEA has negative effect on reproductive traist of roosters and the anti-mycotoxin additive did not minimize this effect.

Keywords: Additive, Contamination, Sperm Quality, Nutrition, Mycotoxin.

7. INTRODUÇÃO

O termo é micotoxina é originado da palavra grega “mykes” que significa fungo e do latim “toxican” cujo significado é toxinas. São produzidas pelo metabolismo secundário de fungos filamentosos em condições ambientais favoráveis, e que podem produzir uma patologia conhecida como micotoxicose nos animais (BARRETO *et al.*, 2021; MARIN *et al.*, 2013; IAMANAKA *et al.*, 2010). Essa patologia se tornou um problema global que, além de comprometer o abastecimento de insumos usados na nutrição animal, se consolidou como um sério risco a viabilidade da cadeia produtiva (TOLOSA *et al.*, 2021).

Atualmente, cerca de 500 compostos foram identificados como micotoxinas, entretanto, algumas se tornam foco de estudo devido a sua maior prevalência e efeitos sobre os animais de produção (OLIVEIRA *et al.*, 2018; HORK *et al.*, 2018). Dentre as mais relevantes para a produção animal tem-se a aflatoxina, fumonisina, desoxinivalenol, ocratoxina, tricotecenos e ZEA (MARIN *et al.*, 2013; RODRÍGUEZ-BLANCO *et al.*, 2020).

Na produção de aves, a ZEA compromete as características de produção e a reprodução devido a sua semelhança estrutural com o hormônio 17- β estradiol, o que permite sua ligação a receptores de estrogênio em células alvos (WU, 2022), e leva a alterações no organismo animal que promovem o aumento no peso do oviduto, diminuição da fertilidade, redução de índices zootécnicos e aumento da mortalidade da progênie proveniente de matrizes contaminadas (YEGANI *et al.*, 2006; ALLEN *et al.*, 1980; CHI *et al.*, 1980).

O tropismo da ZEA pelo trato reprodutivo leva ao comprometimento dos progenitores bem como da qualidade das progênies avícolas, devido a influência que a dieta dos pais exerce sobre os pintinhos (EMAMVERDI *et al.*, 2019; MORAES *et al.*, 2014).

Dentro de um plantel de reprodutores, manter a fertilidade é um dos principais objetivos. Embora os machos representem apenas 10% do lote, eles contribuem com 50% da carga genética a ser passada para a próxima progênie (OLIVEIRA *et al.*, 2022). Além disso, há uma correlação positiva entre a fertilidade dos machos e a dos ovos, afetando a geração dos pintos de um dia (BONGALHARDO *et al.*, 1994; MEILLI *et al.*, 1981). Assim, diversos manejos são necessários, especificamente, àqueles relacionados a fertilidade e ao desenvolvimento dos galos, como por exemplo a seleção de acordo com características sexuais secundárias e a nutrição. No caso do manejo nutricional, é importante realizar o seu

controle já que ela será responsável pela manutenção e desenvolvimento do organismo e, conseqüentemente, das características reprodutivas (OLIVEIRA et al., 2022; GÜZ et al., 2019; EMAMVERDI *et al.*, 2019). Ela irá influenciar o peso do animal, favorecendo o desenvolvimento do peso testicular, com efeito direto sobre a produção e a qualidade espermática (DU et al., 2021).

A literatura retrata os efeitos de outras micotoxinas sobre o trato reprodutivo (OGUNLADE, 2019; GARCIA et al., 2018; SHARLIN et al., 1981), contudo, ainda é escassa no que se refere a resultados provenientes de estudos conduzidos com ZEA. Após o exposto, o objetivo desse experimento foi o de avaliar os efeitos da contaminação por ZEA sobre a qualidade e a morfologia espermática de galos suplementados com um aditivo anti-micotoxina.

8. MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento experimental desta pesquisa atendeu às diretrizes aprovadas pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, nº 9838181120.

8.1. AVES, DIETAS EXPERIMENTAIS, E INSTALAÇÕES.

Foram utilizadas 288 matrizes e 32 galos de corte da linhagem Cobb, provenientes de uma granja comercial. As aves passaram por um período de adaptação de seis semanas e, após este período, o experimento foi iniciado. O experimento teve início na 28ª semana de vida das aves, e foi finalizado na 65ª semana. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado totalizando quatro tratamentos com oito repetições de 9 matrizes e um galo por unidade experimental. Os tratamentos experimentais estão apresentados na Tabela 8

Tabela 8. Descrição dos tratamentos e inclusão de aditivo e/ou ZEA.

Tratamentos	Dietas	Inclusão	
		Aditivo	ZEA
1	Controle (C)	X	X
2	C + Aditivo	400 g	X
3	C + Zearalenona (ZEA)	X	1 ppm
4	C + Aditivo + ZEA	400 g	1 ppm

As práticas de manejo e alimentação durante a fase de produção seguiram as recomendações do manual da linhagem utilizada, Cobb MV Male Management Supplement para os galos e Cobb500 Slow Feather Breeder Management Supplement para as matrizes. Antes de iniciar o experimento, todas as aves foram pesadas individualmente e distribuídas de modo a obter pesos uniformes entre as parcelas experimentais. Posteriormente, as aves foram pesadas novamente na 45ª e 64ª semana de vida.

A formulação da ração permitiu que a ingestão diária de nutrientes não diferisse entre os tratamentos e atendesse as recomendações propostas por Rostagno et al. (2011). As dietas foram isonutritivas, isoenergéticas e formuladas a base de milho, farelo de soja e de

trigo. Os machos utilizados no experimento receberam a ração de acordo com o tratamento experimental recebido (Tabela 9). Cada grupo recebia o equivalente de ração em gramas/ave/dia e essa se alterava conforme a idade da ave, seguindo o manual de objetivos de desempenho da linhagem (Cobb MV Male Management Supplement e Cobb500 Slow Feather Breeder Management Supplement, (Tabela 10). As aves eram alimentadas no período da manhã, às 7h 00.

O aditivo anti-micotoxina adicionado às dietas deste estudo (Mycofix 5.0) apresenta em sua formulação a combinação de compostos que promovem a adsorção, a biotransformação e a bioproteção do organismo animal.

No que se refere a micotoxina (ZEA) utilizada, a mesma foi obtida por meio da inclusão do material de cultura fúngica (BiMM—Bioactive Microbial Metabolites Group) ao trigo moído. Este material é proveniente da Universidade e Centro de Pesquisa em Tulln, Áustria. Foi utilizada a cepa de *Fusarium graminearum*, que foi cultivada em milho e continha uma concentração de 1,122 g ZEA/kg de cultura fúngica.

Tabela 9. Composição percentual da dieta basal para reprodutores.

IDADE (Semanas)	22 - 65
INGREDIENTES	
Milho moído	57,16
Farelo de soja	5,17
Farelo de trigo	33,57
Calcário calcítico	1,34
Óleo de soja	0,00
Fosfato bicálcico	1,44
Premix	0,40
Sal comum	0,29
Bicarbonato de sódio	0,20
DL- Metionina	0,11
L- Lisina	0,12
L - Treonina	0,00
Inerte	0,20
Total	100,00
Zearalenona	0,017
Mycofix 5.0	0,020
Níveis calculados	
ME, kcal/kg	2,700
Ca, %	0,95
Av. P, %	0,42
Na, %	0,20
Cl, %	0,22
K, %	0,60
Ácido linoléico, %	1,62
CP, %	13,00
Dig Arginina, %	0,71
Dig Isoleucina, %	0,38
Dig Lisina, %	0,50
Dig SAA, %	0,48
Dig Metionida, %	0,28
Dig Treonina, %	0,37
Did Tripitofano, %	0,12
Dig Valina, %	0,48

Níveis de garantia por Kg de ração: Ácido Fólico (mínimo) 175,00 mg/kg; Ácido Pantotênico, (mínimo) 2.500,00 mg/kg; Bacillus subtilis (mínimo) 2,00 x 10¹¹, UFC/kg; Biotina (mínimo) 6,25 mg/kg; Cobre (mínimo) 2.500,00 mg/kg; Colina (mínimo) 84,63 g/kg; Ferro (mínimo) 12,50 g/kg; Fitase (mínimo) 75.000,00 FTU/kg; Iodo (mínimo) 375,00 mg/kg; Manganês (mínimo) 25,00 g/kg; Metionina (mínimo) 198,00 g/kg; Niacina (mínimo) 7.500,00 g/kg; Selênio (mínimo) 75,00 mg/kg; Vitamina A (mínimo) 3.000.000,00 U.I./kg; Vitamina B1 (mínimo) 375,00 mg/kg; Vitamina B12 (mínimo) 2.500,00 mcg/kg;

Vitamina B2(mínimo) 1.500 mg/kg; Vitamina B6 (mínimo) 500,00 mg/kg; Vitamina D3 (mínimo) 750.000,00 U.I./kg; Vitamina E (mínimo)12.500,00 U.I./kg; Vitamina K3 (mínimo) 800,00 mg/kg; Zinco (mínimo) 25,00 mg/kg; Virgianimicina (mínimo) 5.000,00 mg/kg.

Tabela 10. Programa alimentar de reprodutores a partir da 22ª semana de idade.

Idade (semanas)	Ração machos (g/ave/dia)
22	111
23	114
24	117
25	118
26	120
27	122
28	124
29	129
30	129
31	129
32	129
33	131
34	131
35	131
36	132
37	132
38	132
39	132
40	133
41	133
42	133
43	134
44	134
45	134
46	135
47	135
48	135
49	137
50	137
51	137
52	139
53	139
54	140
55	140
56	140
57	141
58	141
59	141
60	141
61	142
62	142
63	142
64	142

O galpão utilizado possuía pressão positiva, com um ventilador em cada extremidade, tendo 32 boxes de alojamento com capacidade para 10 aves cada. Cada box (2,4m x 1,6m x 2,1m) era equipado com um comedouro tipo calha que foi usado para o arraçoamento das fêmeas, um bebedouro tipo “nipple”, um comedouro adaptado para os machos, três ninhos e cama do tipo maravalha em um galpão experimental da Prefeitura do campus Fernando Costa em Pirassununga/SP

Figura 9. Grupo experimental já alojado no box.



Fonte: Arquivo pessoal, 2021.

8.2. ANÁLISES DE QUALIDADE ESPERMÁTICA

Na 30^a, 45^a e 63^a semanas de idade, os galos foram separados das matrizes durante três dias para evitar a monta natural e facilitar a coleta do sêmen fresco para as análises espermáticas de volume (ml), vigor, motilidade (%), concentração, morfologia dos espermatozóides e número total de células.

O sêmen foi obtido em tubo cônico graduado, tomando-se o cuidado de não contaminá-lo com fezes ou urina provenientes da cloaca. Todo material utilizado para as análises foram mantidos a 30°C. A colheita do sêmen ocorreu pelo método de massagem abdominal descrito por BURROWS & QUINN (1937), que consiste na movimentação rítmica da musculatura abdominal e lombar, para estímulo da exposição do falo, e posterior ejaculação. No momento da coleta do sêmen, pode ocorrer a contaminação da amostra com penas ou excretas. Quando isso ocorreu, a amostra foi descartada e coletada novamente. A massagem estimulatória foi realizada sempre pelo mesmo operador para evitar variações durante a colheita (Figuras 3 e 4). Foi utilizado o CASA IVOS II (versão MK5; Hamilton Thorne) e o software Animal Breeder II (versão 1.11.9; Hamilton Thorne) para esta avaliação.

Figura 10. Contenção de macho para coleta de sêmen.



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

Figura 11. Coleta de sêmen após massagem estimulatória.



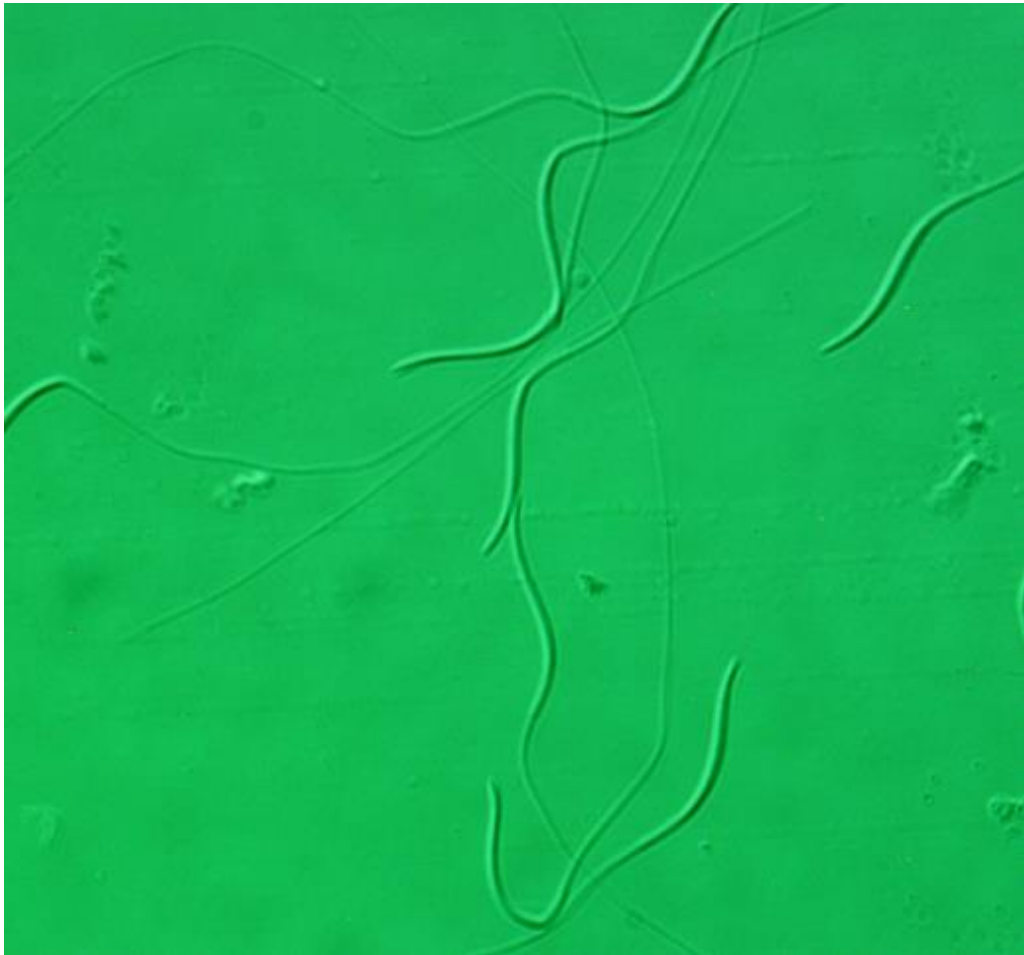
Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

8.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SÊMEN

O volume seminal representa a quantidade de sêmen ejaculado. A leitura do volume foi realizada em leitura direta em tubo graduado, sendo o volume expresso em mililitros (ml). Imediatamente após a coleta, uma segunda amostra do sêmen (4 μ L) foi colocada entre lâmina e lamínula para a avaliação da motilidade e do vigor espermáticos sob microscopia óptica (Nikon, E200) em aumento de 100x. A motilidade espermática é expressa em porcentagem (%) de espermatozoides móveis em uma amostra de sêmen. O vigor foi estimado pelo movimento progressivo retilíneo uniforme dos espermatozoides, sendo classificado de zero a cinco, sendo 0 referente a ausência de movimentos e 5 à movimentação intensa, vigorosa e progressiva, conforme Celeghini et al (2001).

Uma terceira amostra do sêmen foi diluída em solução de formol salino tampodando (4% de formaldeído em DPBS) para avaliação da morfologia espermática. Esta análise foi realizada pela técnica da câmara úmida, com uma gota (4 μL) do sêmen diluído colocada entre lâmina e lamínula e avaliada por microscopia de contraste de interferência diferencial (DIC, Nikon 80i), em aumento de 1.000x, avaliando-se 200 células espermáticas por amostra. As alterações espermáticas foram classificadas em defeitos de acrossoma, cabeça, peça intermediária, cauda e outros (protrusões citoplasmáticas, cabeça isolada e defeitos teratológicos)

Figura 12. Visualização de espermatozoides para análise de morfologia



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

No organograma abaixo é possível observar as análises realizadas de acordo com o tempo de vida dos animais.

22 semanas	Chegada dos animais
28 semanas	Início do experimento
30 semanas	1º Análise de semen
45 semanas	2º Análise de semen
63 semanas	3º Análise de semen

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Todos os dados obtidos no experimento foram tabulados e analisados com o auxílio do pacote estatístico SAS (2012). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado e foi realizada a análise de variância, adotando-se o nível de 5% de significância. Os dados foram comparados pelo teste Tukey.

9. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não há relatos na literatura que explicam a ação apenas da ZEA sobre a qualidade e a morfologia espermática de galos contaminados, dificultando a comparação com outros estudos. Os resultados para a morfologia espermática estão apresentados na Tabela 8. Não houve diferença estatística entre os grupos experimentais. Durante a coleta, foi possível observar que alguns galos não apresentaram estímulo para realizar a ejaculação. Além disso, alguns machos vieram a óbito durante a condução do experimento. Esses fatores interferiram e afetaram as análises realizadas já que houve diminuição no número de repetições. Ademais, por conta de uma tempestade que trouxe graves danos ao campus Fernando Costa, as amostras coletadas na 30ª semana de vida dos reprodutores para morfologia espermática foram perdidas pela falta de energia.

Os resultados obtidos por Lima (2018) corroboram com os achados obtidos nesse estudo. A autora não verificou diferença significativa para alterações morfológicas em galos contaminados com micotoxinas (Fumonisina 10 ppm, ZEA 300 ppb, deoxinivalenol 700 ppb, e aflatoxinas 25 ppb) em relação ao grupo controle nas análises realizadas na 59ª, 60ª, 61ª

e 62ª semana de vida dos reprodutores. Contudo, na 63ª semana foi observado que os machos alimentados com a dieta contaminada com as micotoxinas apresentaram maior porcentagem de espermatozoides anormais em relação ao grupo controle ($p < 0.05$), fato que foi justificado pela possibilidade de acúmulo das micotoxinas no organismo dos animais. Em outro estudo, Souza (2007) também não verificou diferenças na morfologia espermática em galos contaminados com a inclusão de micotoxinas em relação ao grupo controle ($p > 0.05$).

Tabela 11. Análise da morfologia espermática de reprodutores desafiados com ZEA e/ou suplementados com aditivo anti-micotoxina, na 45ª e 64ª semana de vida.

2ª avaliação – 45 Semanas de idade						
Variáveis	C	C + Aditivo	C + ZEA	C + Aditivo e ZEA	EPM	P-Valor
Acrossoma	-	-	-	-	-	-
Cabeça	3,797	2,519	4,123	1,412	0,882	0,126
P. Intermediária	3,390	1,151	0,944	0,751	0,923	0,226
Cauda	1,916	0,809	0,873	1,293	0,608	0,481
Alterações	9,176	4,504	5,715	3,772	1,662	0,118
Normalidade	90,904	95,494	94,299	96,234	1,666	0,128
Nº aves	7	7	4	7		
3ª avaliação – 63 Semanas de idade						
Variáveis	C	C + Aditivo	C + ZEA	C + Aditivo e ZEA	EPM	P-Valor
Acrossoma	-	-	-	-	-	-
Cabeça	15,588	21,396	22,042	16,328	2,912	0,125
P. Intermediária	1,344	0,750	0,750	0,790	0,626	0,871
Cauda	0,132	0,199	0,172	0,121	0,137	0,460
Alterações	17,791	22,246	18,286	15,263	3,042	0,536
Normalidade	82,530	77,763	77,273	84,214	3,119	0,224
Nº aves	4	5	5	2		

Os resultados referentes à qualidade do sêmen e a morfologia realizada pelo CASA são apresentados na Tabela 9. Foi possível observar diferenças estatísticas para a concentração espermática na 1ª análise realizada, e para a motilidade na 1ª e na 3ª análises realizadas (30 e 63 semanas de vida, respectivamente). Em relação aos resultados da concentração espermática referentes a 1ª análise (30 semanas), observou-se que o grupo controle foi significamente melhor que o grupo que recebeu dieta com aditivo e ZEA. Já em relação a motilidade, na 30ª semana os melhores resultados foram provenientes do grupo que recebeu a dieta com a inclusão do aditivo anti-micotoxina em relação ao grupo controle

e ao desafiado com ZEA ($p < 0,05$). Por outro lado, na 63ª semana, o grupo controle apresentou motilidade significativamente melhor dos que os demais tratamentos experimentais.

Os resultados obtidos neste estudo diferem dos obtidos por Yegani et al (2006), que não verificaram diferença estatística para as análises de volume seminal, motilidade e concentração espermática de galos que consumiram a inclusão de 6.2 mg/Kg de deoxynivalenol em relação aos outros grupos. Lima (2018) também não verificou diferença significativa para as análises de motilidade e concentração espermática do grupo que consumiu o mix de micotoxinas (Fumonisina 10 ppm, ZEA 300 ppb, deoxinivalenol 700 ppb, e aflatoxinas 25 ppb) em relação aos demais. Ainda, Souza (2007) também não observou efeito significativo sobre o vigor espermático em galos consumindo dietas contaminadas com aflatoxina e fumonisina.

Tabela 12. Análises da qualidade e morfologia de espermatozóides de reprodutores desafiados com a ZEA e/ou suplementados com aditivo anti-micotoxina na 23ª, 45ª e 64ª semana de vida pelo CASA.

30 Semanas de idade						
Parâmetros	C	C + Aditivo	C + ZEA	C + Aditivo e ZEA	SEM	P
Volume (ml)	0,22	0,20	0,15	0,19	0,09	0,664
Concentração (milhão por ml)	3,016 ^a	2,005 ^{bc}	2,557 ^{ab}	1,334 ^c	1,005	0,024
Atributos subjetivos						
Vigor (%)	3,63	3,88	3,60	3,83	0,26	0,154
Motilidade	71,67 ^c	79,38 ^a	76,00 ^b	79,17 ^{ab}	3,36	<0,001
Atributos morfológicos						
Motilidade (%)	1,632	1,694	2,225	1,080	168	0,145
Células espermáticas totais (Milhão por ml)	-	-	-	-	-	-
Cauda dobrada (%)	18,45	11,50	8,91	10,61	2,80	0,716
Cauda enrolada (%)	0,88	0,76	0,00	0,00	0,26	0,551
Gota distal (%)	8,77	2,87	6,22	8,61	1,56	0,440
Reflexo da peça intermediária distal, %	9,51	6,42	2,68	2,69	1,67	0,307
45 Semanas de idade						
Volume (ml)	0,26	0,22	0,23	0,25	0,14	0,967

Concentração (milhão por ml)	4,978	3,875	2,678	2,993	1,363	0,053
Atributos subjetivos						
Vigor (%)	3,30	3,83	3,88	3,75	0,54	0,320
Motilidade	77,50	77,50	80,00	77,50	4,41	0,822
Atributos morfológicos						
Motilidade (%)	80,92	89,09	89,60	92,26	2,74	0,07
Células espermáticas totais (Milhão por ml)	4222,01	2895,01	2426,87	2956,39	753,79	0,49
Cauda dobrada (%)	0,38	0,54	0,80	0,18	0,29	0,57
Cauda enrolada (%)	0,04	0,15	0,04	0,02	0,07	0,83
Gota distal (%)	0,27	0,17	0,11	0,21	0,05	0,12
Reflexo da peça intermediária distal (%)	0,43	0,20	0,13	0,10	0,10	0,19
63 Semanas de idade						
Volume (ml)	0,17	0,08	0,10	0,10	0,6	0,193
Concentração (milhão por ml)	-	-	-	-	-	-
Atributos subjetivos						
Vigor (%)	3,00	3,00	3,20	2,50	0,37	0,147
Motilidade	75,00a	74,00b	70,00c	55,00d	7,93	0,004
Atributos morfológicos						
Motilidade (%)	84,02	88,66	88,96	88,71	5,34	0,89
Células espermáticas totais (Milhão por ml)	3350,19	1920,66	1027,92	713,68	706,93	0,14
Cauda dobrada (%)	0,53	0,15	0,76	0,33	0,37	0,59
Cauda enrolada (%)	0,10	0,03	0,10	0,13	0,07	0,74
Gota distal (%)	0,14	0,16	0,16	0,15	0,06	0,95
Reflexo da peça intermediária distal (%)	0,23	0,08	0,11	0,12	0,04	0,10

10. CONCLUSÕES

A alimentação ofertada aos galos reprodutores influencia diretamente as suas características reprodutivas. Dietas contaminadas com ZEA pioraram algumas características de qualidade espermática. Além disto, foi possível observar que galos que consumiram a dieta contendo a inclusão de micotoxina possuíam dificuldade ao estímulo para a coleta do sêmen. Ademais, a inclusão do aditivo anti-micotoxina em dietas contaminadas com ZEA não minimizou os efeitos desta micotoxina sobre a qualidade seminal dos machos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, N. K.; MIROCHA, C. J.; AAKHUS-ALLEN, S.; BITGOOD, J. J.; WEAVER, G.; BATES, F. **Effect of Dietary Zearalenone on Reproduction of Chickens** ^{1,2}, 1980.

BARRETO, A.; OLIVEIRA, J.; SILVA, L.; RHODEN, S. A. Fungos, diversidade e prospecção no Brasil. **Metodologias e Aprendizado**, v. 4, p. 149–163, 3 fev. 2021. Disponível em: <<https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/metapre/article/view/1959>>.

BONGALHARDO, D., DIONELLO, N. J., CARDELLINO, R. A., BRACCINI NETO, J. (1994). Repetibilidade e correlações fenotípicas do caráter volume de sêmen de galos Withe Leghorn. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 23(6), 1002-1007.

BURROWS, W. H.; QUINN, J. P. The collection of spermatozoa from the domestic fowl and turkey. **Poultry Science**, Champaign, v. 16, p. 19-24, 1937.

CELEGHINI, E.C.C.; ALBUQUERQUE, R.; ARRUDA, R.P.; LIMA, C.G. Avaliação das características seminais de galos selecionados para a reprodução pelo desenvolvimento da crista. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 38, n. 4, p. 177-183, 2001.

CHI, M. S.; MIROCHA, C. J.; WEAVER, G. A.; KURTZ, H. J. Effect of zearalenone on female white leghorn chickens. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 39, n. 5, p. 1026–1030, 1980.

DU, X., QIN, F., AMEVOR, F. K., ZHU, Q., SHU, G., LI, D., TIAN, Y., WANG, Y., ZHAO, X. (2021). Rearing system influences the testicular development, semen quality and spermatogenic cell apoptosis of layer roosters. **Poultry Science**, 100(8), 101158.

EMAMVERDI, M.; ZARE-SHAHNEH, A.; ZHANDI, M.; ZAGHARI, M.; MINAI-TEHRANI, D.; KHODAEI-MOTLAGH, M. An improvement in productive and reproductive performance of aged broiler breeder hens by dietary supplementation of organic selenium. **Theriogenology**, v. 126, p. 279–285, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.12.001>>.

GARCIA, F. M., LIMA, H. G. S., NOBRE, J., CASTRO, P., DA GLÓRIA, E. M., & CALISTO, D. (2017). EFEITO DE MICOTOXINAS NO VOLUME SEMINAL DE GALOS SEMI-PESADOS.

GÜZ, B. C., MOLENAAR, R., DE JONG, I. C., KEMP, B., VAN DEN BRAND, H., VAN KRIMPEN, M. (2019). Effects of dietary organic minerals, fish oil, and hydrolyzed collagen on growth performance and tibia characteristics of broiler chickens. **Poultry science**, 98(12), 6552-6563.

HORKY, P.; SKALICKOVA, S.; BAHOLET, D.; SKLADANKA, J. (2018) Nanoparticles as a solution for eliminating the risk of mycotoxins. **Nanomaterials**, v. 8, n. 9, p. 727.

Iamanaka, B. T., Oliveira, I. S., & Taniwaki, M. H. (2013). MICOTOXINAS EM ALIMENTOS. *Anais Da Academia Pernambucana De Ciência Agronômica*, 7, 138–161. Recuperado de <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/128>

LIMA, H. G. S. Efeito de micotoxinas sobre características associadas ao desempenho reprodutivo de galos. 2019. 41 P. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pelotas.

MARIN, S.; RAMOS, A. J.; CANO-SANCHO, G.; SANCHIS, V. Mycotoxins: Occurrence, toxicology, and exposure assessment. **Food and chemical toxicology**, v. 60, p. 218-237, 2013.

MEILLI, H., DIONELLO, N., CARDELLINO, R. (1982). Seleção de reprodutores da raça White Leghorn, utilizando-se inseminação artificial. **CONGRESSO BRASILEIRO DE AVICULTURA**, vol. 7, pp. 157-159.

MORAES, T. G. V.; PISHNAMAZI, A.; MBA, E. T.; WENGER, I. I.; RENEMA, R. A.; ZUIDHOF, M. J. Effect of maternal dietary energy and protein on live performance and yield dynamics of broiler progeny from young breeders. **Poultry Science**, v. 93, n. 11, p. 2818–2826, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3382/ps.2014-03928>>.

OGUNLADE, J. T. Effect of Dietary Fumonisin B1 on Reproductive Organs and Semen Quality Indices of Breeder Cocks. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, n.6, p.2224-3208, 2015.

OLIVEIRA, C. O. D., TAVARES, A. T., CASTRO, J. P. N., ÁVILA, S. L. C. D., GHELLER, S. M. M., SOARES, S. L., GONÇALVES, F. M., BONGALHARDO, D. C. (2022). Reproductive parameters and weight gain of roosters fed with waste oil from olive culture. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 44.

OLIVEIRA, G. S.; SANTOS, V. M. Manejo de ovos férteis : revisão de literatura. **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 15, n. 06, p. 8337–8351, 2018. Disponível em: <http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/Artigo_480.pdf>.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RODRÍGUEZ-BLANCO, M.; RAMOS, A. J.; PRIM, M.; SANCHIS, V.; MARÍN, S. (2020). Usefulness of the analytical control of aflatoxins in feedstuffs for dairy cows for the prevention of aflatoxin M 1 in milk. **Mycotoxin research**, 36, 11-22.

SHARLIN, J. S., HOWARTH JR, B., THOMPSON, F. N., WYATT, R. D. (1981). Decreased reproductive potential and reduced feed consumption in mature white leghorn males fed aflatoxin. **Poultry Science**, 60(12), 2701-2708.

SOUZA, F.R.; Avaliação de diferentes doses de aflatoxina e fumonisina sobre os parâmetros reprodutivos de galos. 114 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

TOLOSA, J.; RODRÍGUEZ-CARRASCO, Y.; RUIZ, M. J.; VILA-DONAT, P. Multi-mycotoxin occurrence in feed, metabolism and carry-over to animal-derived food products: A review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 158, p. 112661, 2021.

WU, K.; REN, C.; GONG, Y.; GAO, X.; RAJPUT, S. A.; QI, D.; WANG, S. The insensitive mechanism of poultry to zearalenone: A review. **Animal Nutrition**, v. 7, n. 3, p. 587-594, 2021.

YEGANI, M.; SMITH, T. K.; LEESON, S.; BOERMANS, H. J. Effects of Feeding Grains Naturally Contaminated with Fusarium Mycotoxins on Performance and Metabolism of Broiler Breeders. **Poultry Science**, v. 85, p. 1541–1549, 2006.