

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

MAIRA SUZANA DÜRREWALD PAVLAK

**ZEÓLITA CLINOPTILOLITA COMO MELHORADOR DE DESEMPENHO PARA
FRANGOS DE CORTE**

Marechal Cândido Rondon

2020

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

MAIRA SUZANA DÜRREWALD PAVLAK

**ZEÓLITA CLINOPTILOLITA COMO MELHORADOR DE DESEMPENHO PARA
FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como requisito parcial do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição Animal, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Cinthia Eyng

Marechal Cândido Rondon
2020

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

Pavlak, Maira Suzana Dürrewald
Zeólita clinoptilolita como melhorador de desempenho para frangos de corte / Maira Suzana Dürrewald Pavlak; orientador(a), Ricardo Vianna Nunes; coorientador(a), Cinthia Eyng, 2020.
98 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2020.

1. Zootecnia. 2. Avicultura. 3. Nutrição animal. I. Nunes, Ricardo Vianna. II. Eyng, Cinthia. III. Título.

MAIRA SUZANA DÜRREWALD PAVLAK

Zeólita Clinoptilolita como melhorador de desempenho para frangos de corte

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de “Mestra em Zootecnia”, Área de Concentração “Produção e Nutrição Animal”, Linha de pesquisa Produção e Nutrição de Não-Ruminantes, APROVADA pela seguinte Banca Examinadora:

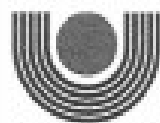
Orientador / Presidente – Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - *Campus* de Marechal Cândido Rondon
(UNIOESTE)

Membro – Prof.^a Dr.^a Aline de Marco Viott
Universidade Federal do Paraná - *Campus* de Palotina (UFPR)

Membro – Prof. Dr. Bruno Serpa Vieira
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Membro – Prof. Dr. Flávio Medeiros Vieites
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

Marechal Cândido Rondon, 3 de agosto de 2020.



unioeste

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



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

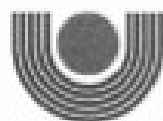
DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **PROF. DR. RICARDO VIANNA NUNES**, declaro como **ORIENTADOR** que presidi os trabalhos de defesa à distância, de forma síncrona e por videoconferência, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação da candidata **Maira Suzana Dürrewald Pavlak**, aluna de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, a apresentação e a arguição dos membros da banca examinadora, formalizo como Orientador, para fins de registro, por meio desta declaração, a decisão da banca examinadora de que a candidata foi considerada **APROVADA** na banca realizada em 03/08/2020, com o trabalho intitulado **"Zeólita Clinoptilolita como melhorador de desempenho para frangos de corte"**.

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

PROF. DR. RICARDO VIANNA NUNES - ORIENTADOR/PRESIDENTE
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) / Campus de Mal. Cândido Rondon
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marçal Cândido Rondon - CNPJ 79680337/0003-48

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

Fone: (48) 3284-7878 - Fax: (48) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marçal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

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

Eu, Prof.^a Dr.^a Aline de Marco Viott, declaro que participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação da candidata Maira Suzana Dürrewald Paviak, aluna de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, formalizo como membro externo, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada APROVADA na banca realizada em 03/08/2020, com o trabalho intitulado "Zeólita Clinoptilolita como melhorador de desempenho para frangos de corte".

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

Nada consta.

PROF.^a DR.^a ALINE DE MARCO VIOTT
Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Marochal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-48
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (41) 3284-7878 - Fax: (41) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marochal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA


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

Eu, **Prof. Dr. Bruno Serpa Vieira**, declaro que participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação da candidata **Maira Suzana Dürrewald Pavlak**, aluna de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

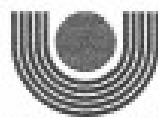
Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como membro externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada **APROVADA** na banca realizada em 03/08/2020, com o trabalho intitulado **"Zeólita Clinoptilolita como melhorador de desempenho para frangos de corte"**.

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

Nada mais a declarar



PROF. DR. BRUNO SERPA VIEIRA
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Campus Alta Floresta



unioeste

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



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

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

Eu, Prof. Dr. Flávio Medeiros Vieites, declaro que participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação da candidata Maira Suzana Dürrewald Pavlak, aluna de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, formalizo como membro externo, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada APROVADA na banca realizada em 03/08/2020, com o trabalho intitulado "Zeólita Clinoptilolita como melhorador de desempenho para frangos de corte".

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

PROF. DR. FLÁVIO MEDEIROS VIEITES
Universidade Federal de Juiz de Fora
Faculdade de Medicina

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais, Osmar e Hulda Dürrewald e irmão, Fábio, pelo apoio, incentivo e por sempre estarem ao meu lado.

Ao meu esposo, André Felipe Pavlak, por sempre acreditar em meu potencial e por seu companheirismo.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pela estrutura e ensino.

Ao meu orientador, Professor Ricardo Vianna Nunes, pelo apoio irrestrito na condução desta jornada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos membros da banca, pela prontidão em aceitar o convite da defesa, os meus sinceros agradecimentos.

Ao secretário do Programa de Pós-Graduação, Paulo Henrique Morsh, pela dedicação e paciência.

À equipe do grupo de pesquisa GEMADA: Lucas, Jomara, Nilton, Gabriela, Patrícia, Emanuelle, Tânia, Cleison, Vaneila, Frantielo, Edinan, Guilherme, Felipe, Emerson, Nathan, Giovana, Daniela, Cristine e Keli pela colaboração e dedicação na realização dos experimentos e análises.

Aos meus inesquecíveis amigos: Cristine, Giovana, Daniela e Nathan.

A todas as pessoas que, embora não citadas nominalmente, contribuíram para que este sonho pudesse se realizar. Muito obrigada!

ZEÓLITA CLINOPTILOLITA COMO MELHORADOR DE DESEMPENHO PARA FRANGOS DE CORTE

Resumo - Objetivou-se com este trabalho avaliar a utilização de zeólita clinoptilolita como melhorador de desempenho em frangos de corte. No experimento I foi realizado um ensaio de metabolismo utilizando 150 aves de 14 a 24 dias de idade, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos foram constituídos por uma ração referência (RR), e duas rações com substituição de 40% por dois diferentes tipos de milho (1 e 2). Os milhos utilizados possuíam diferentes quantidades de micotoxina, o milho 1 apresentou $>6000 \mu\text{g kg}^{-1}$ de fumonisina e o milho 2 possuía $4200 \mu\text{g kg}^{-1}$ de fumonisina e $160 \mu\text{g kg}^{-1}$ de desoxinivalenol (DON). No experimento II, 1275 frangos de corte machos foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2×3 , constituído dos dois tipos de milho e a inclusão de zeólita clinoptilolita (0; 5000 e 10000 g ton^{-1}). No período de 1 a 21 dias houve interação ($P < 0,05$) entre os tipos de milho e a inclusão de zeólita para conversão alimentar (CA). Na fase de 1 a 42 dias de idade houve interação ($P < 0,05$) entre os tipos de milho e os níveis de inclusão de zeólita sobre os níveis sérico de creatinina (CREA), níveis de energia bruta digestível (EBdig), sobre a análise visual e frequência de lesão agressiva do fígado, aos 42 dias. No período de 1 a 42 dias o milho 2 foi o responsável pela queda ($P < 0,05$) no ganho de peso (GP), aumento da quantidade de gordura abdominal e aumento da frequência de lesão agressiva de fígado. Os níveis de inclusão de zeólita foram responsáveis pelo aumento ($P < 0,05$) da PB digestível e MM digestível, assim como pelo aumento ($P < 0,05$) do peso de pâncreas e do rendimento de carcaça quente. No experimento III foram utilizados 900 frangos de corte machos distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 9 repetições. As rações foram formuladas utilizando o milho 1 com a inclusão de 4 concentrações de zeólita clinoptilolita (0; 2500; 5000 e 10000 g ton^{-1}). Os diferentes níveis de inclusão de zeólita influenciaram ($P < 0,05$) a quantidade de amônia liberada pela cama aos 21 dias e aos 42 dias, ocorrendo comportamento linear crescente. O coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS) aumentou ($P < 0,05$), enquanto os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta (CDPB), energia bruta (CDEB) e matéria mineral (CDMM) não foram influenciados. Os níveis de inclusão de zeólita impactaram ($P < 0,05$) os valores de PBdig, EBdig e MMdig, sendo que a EBdig apresentou efeito quadrático e a MMdig apresentou efeitos linear e quadrático. A porcentagem de gordura abdominal e o peso relativo do pâncreas apresentaram comportamento quadrático. Em conclusão, o milho 2 proporcionou pior desempenho às aves, aumentou a quantidade de

gordura abdominal e promoveu piora na aparência macroscópica do fígado aos 42 dias de idade. A zeólita não alterou o desempenho, níveis séricos e qualidade da cama das aves aos 42 dias de idade, sendo responsável pela melhora da porcentagem de nutrientes digestíveis (PB, EB e MM), influenciou o peso de pâncreas e não causou alterações nos demais órgãos.

Palavras-chave: micotoxina, histopatologia, qualidade da cama, níveis séricos, nutrição

ZEOLITE (CLINOPTILOLITE) AS A PERFORMANCE IMPROVER FOR BROILERS

Abstract - The objective of this work was to evaluate the use of zeolite (clinoptilolite) as a performance enhancer in broilers. In experiment I, a metabolism assay was performed using 150 birds from 14 to 24 days of age, distributed in a completely randomized design. The treatments consisted of a reference diet (RR), and two diets with 40% replacement by two different types of corn (1 and 2). The corn used had different amounts of mycotoxin, corn 1 had $>6000 \mu\text{g kg}^{-1}$ of fumonisin and corn 2 had $4200 \mu\text{g kg}^{-1}$ of fumonisin and $160 \mu\text{g kg}^{-1}$ of Deoxynivalenol (DON). In experiment II, 1275 male broilers were distributed in a completely randomized design in a 2x3 factorial arrangement, consisting of the two types of corn and the inclusion of zeolite (0; 5000 and 10000 g ton⁻¹). In the period from 1 to 21 days, there was an interaction ($P < 0.05$) between the types of corn and the inclusion of zeolite for feed conversion (CA). In the phase from 1 to 42 days of age, there was an interaction ($P < 0.05$) between the types of corn and the levels of inclusion of zeolite on serum creatinine levels (CREA), gross digestible energy levels (EBdig), and on visual analysis, and frequency of aggressive liver damage at 42 days. In the period from 1 to 42 days, corn 2 was responsible for the decrease in weight gain (GP), increase ($P < 0.05$) in the amount of abdominal fat and increased frequency of aggressive liver damage. The inclusion levels of zeolite were responsible for the increase ($P < 0.05$) of the digestible PB and digestible MM, as well as for the increase ($P < 0.05$) in the weight of the pancreas and hot carcass yield. In experiment III, 900 male broilers were used, distributed in a completely randomized design, with 4 treatments and 9 repetitions. The diets were formulated using corn 1 with the inclusion of 4 concentrations of clinoptilolite zeolite (0; 2500; 5000 and 10000 g ton⁻¹). The different levels of zeolite inclusion influenced ($P < 0.05$) the amount of ammonia released by the litter at 21 and 42 days, with increasing linear behavior. The dry matter digestibility coefficient (CDMS) increased ($P < 0.05$), while the digestibility coefficients of crude protein (CDPB), crude energy (CDEB), and mineral matter (CDMM) were not influenced. The inclusion levels of zeolite impacted ($P < 0.05$) the values of PBdig, EBdig and MMdig, with EBdig showing a quadratic effect and MMdig showing linear and quadratic effects. The percentage of abdominal fat and the relative weight of the pancreas showed a quadratic effect. In conclusion, corn 2 provided worst performance to poultry, increased the amount of abdominal fat, and worsened the macroscopic appearance of the liver at 42 days of age.

Zeolite did not alter the performance, serum levels and quality of the poultry litter at 42 days of age, being responsible for the improvement of the percentage of digestible nutrients (PB, EB, and MM), which influenced the weight of the pancreas and did not cause changes in the other organs.

Keywords: mycotoxin, histopathology, litter quality, serum levels, nutrition

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 Revisão de literatura.....	15
2.1 Milho	15
2.2 Micotoxinas.....	17
2.2.1 <i>Aspergillus</i>	18
2.2.2 <i>Penicillium</i>	20
2.2.3 <i>Tricotecenos</i>	21
2.2.4 <i>Fusarium</i>	24
2.3 Adsorvente de micotoxinas.....	26
2.4 Zeólita.....	28
2.5 Referências bibliográficas	34
3 ZEÓLITA CLINOPTILOLITA EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE COM DOIS TIPOS DE MILHOS	41
3.1 Introdução	43
3.2 Material e métodos	44
3.2.1 Metabolismo	45
3.2.2 Desempenho	47
3.3 Resultados	55
3.4 Discussão	65
3.5 Conclusão	71
3.6 Referências bibliográficas	71
4 ZEÓLITA CLINOPTILOLITA EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE	75
4.1 Introdução	77
4.2 Material e métodos.....	78
4.3 Resultados	85
4.4 Discussão	92
4.5 Conclusão	95
4.6 Referências bibliográficas	95
5 Considerações finais.....	98

1 INTRODUÇÃO

A nutrição é um dos pilares da produção avícola, pois torna possível a alimentação das aves com rações balanceadas e a produção de dietas especiais para todas as categorias e fases de desenvolvimento. São empregados valores de disponibilidade e digestibilidade dos nutrientes das matérias-primas nas formulações de rações, beneficiando assim a qualidade do produto final e a redução do custo de produção, satisfazendo as exigências do mercado consumidor que almeja por alimentos seguros e de qualidade (AZEVEDO et al., 2016).

O milho é uma cultura muito importante no mundo, amplamente utilizada na alimentação animal e consumo humano, contudo, é suscetível à contaminação por micotoxinas. Esses compostos são metabólitos secundários produzidos por cepas toxigênicas de fungos e podem estar presentes na água, no solo ou serem transportados pelo vento, sendo a fumonisina, aflatoxina e desoxinivalenol (DON) as mais encontradas em grãos (PRESTES et al., 2019).

Um dos grandes problemas da produção animal é a presença das micotoxinas nos alimentos. Para que o crescimento dos frangos de corte seja rápido, seguro e saudável, é necessária a utilização de tecnologias eficientes para que os procedimentos de descontaminação sejam realizados, evitando assim, a proliferação de fungos e contaminação da matéria prima por micotoxinas.

Nesta circunstância, a inclusão de adsorventes, que inibam a atuação das micotoxinas no trato gastrointestinal por ligação com as mesmas, mostra-se como uma alternativa eficaz para impedir seus efeitos nocivos ao animal. Assim, minerais como aluminossilicato de sódio e cálcio hidratado, zeólitas, carvão ativado e bentonita têm sido utilizados para diminuir a toxicidade das micotoxinas (DAL POZZO et al., 2016).

A zeólita clinoptilolita está sendo amplamente estudada, sendo incluída como aditivo alimentar nas rações, especialmente como adsorvente de micotoxina, devido a sua alta porosidade, tolerância a temperaturas extremas, capacidade de troca catiônica e neutralidade química (SCHNEIDER et al., 2017).

Considerando estas propriedades, a zeólita clinoptilolita pode ser utilizada como um melhorador de desempenho, aumentando a disponibilidade de cálcio sanguíneo, melhorando a atividade enzimática na digestão e absorção dos nutrientes, por meio da estabilidade da microbiota intestinal, redução da velocidade do trânsito gastrointestinal, além de reduzir a emissão de amônia (CORIOLANO et al., 2015).

Assim, este estudo teve como objetivo avaliar o uso da inclusão de zeólita clinoptilolita em rações para frangos de corte utilizando dois tipos de milho com diferentes composições bromatológicas e com presença de micotoxinas.

2 Revisão de literatura

2.1 Milho

As dietas elaboradas para frangos de corte, têm como principal ingrediente os grãos, sendo o milho o cereal mais utilizado em muitas regiões do mundo como fonte de energia, ocupando de 50 a 70% das formulações, correspondendo de 20 a 30% da proteína bruta e aminoácidos e 65% da energia metabolizável da dieta para as aves (FRANK; RUFINO, 2017).

No Brasil, aproximadamente 51% deste cereal é voltado para o setor avícola (CORTE REAL et al., 2014), sendo utilizado de variadas formas, como milho em grãos, farelo de milho, farelo de milho moído, farelo de glúten de milho, glúten de milho, fubá grosso, farinhas pré-gelatinizadas, entre outras.

Conforme dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a produção mundial de milho possivelmente atingirá 1,054 bilhão de toneladas na safra 2019/2020, apresentando ligeira variação comparada ao ano anterior, quando ficou em 1,033 bilhão de toneladas (USDA, 2017). De acordo com a CONAB (2019) a produção de milho no Brasil, na safra 2018/2019, alcançou os 100,046 milhões de toneladas, quando somadas a primeira e segunda safras.

O milho é um alimento especialmente energético, com os grãos compostos principalmente por carboidratos possuindo aproximadamente 10% de proteína, que é considerado um baixo teor (OLIVEIRA et al., 2004). Além disso contém em sua composição, em média, 66% de amido, 41% de fibra e 4% de gordura (ROSTAGNO et al., 2017).

No entanto, a composição bromatológica do milho é influenciada pelas condições climáticas, tipo de solo, nível de adubação e estágio de maturação da planta (GOMES et al., 2004). De acordo com Scotta et al. (2016), os valores nutricionais do milho podem ser também alterados por outros fatores, como: fornecedor, variedade genética da planta, região, colheita e armazenamento.

Uma característica dos cereais é a possibilidade de serem armazenados por um longo período e a qualidade de armazenamento está relacionada com a qualidade inicial dos grãos. Contudo, o armazenamento prolongado pode ser executado apenas quando se introduz ao

manejo dos grãos o monitoramento de umidade relativa do ar, temperatura, o combate a insetos, pragas e a prevenção do surgimento de fungos, pois estes fatores alteram a qualidade do grão (BARONI et al., 2017).

As alterações que podem ocorrer durante o armazenamento geram perdas qualitativas e quantitativas. As qualitativas são devidas, principalmente, às reações químicas e enzimáticas, à presença de impurezas, materiais estranhos e ao ataque microbiano, ocasionando perdas de valor germinativo, nutricional e comercial, havendo a possibilidade de formação de substâncias tóxicas no produto armazenado. Já as quantitativas são mais facilmente identificadas, refletem o metabolismo dos grãos e organismos associados e resultam na redução da quantidade da matéria seca dos grãos (PARAGINSKI et al., 2015).

A demanda por cereais é contínua durante o ano e para que esta seja atendida faz-se necessário o armazenamento dos grãos. Contudo, em muitas ocasiões, por falta de local adequado, os grãos são armazenados de forma incorreta, em condições impróprias, comprometendo assim a qualidade do produto (PARK et al., 2012). No período de estocagem, assim como no campo e no processamento, podem ocorrer vários problemas, dentre eles, a contaminação fúngica e, possivelmente, a produção de micotoxinas, tornando-os inadequados à alimentação animal e humana, pois a ingestão de grandes doses deste contaminante podem reverter-se em doenças agudas e ocasionar a morte (ZAIN, 2011).

O uso de milho de má qualidade pode ser fator de prejuízos no ciclo de produção das aves. Milhos com distintas infestações por fungos ou insetos, são responsáveis por reduzir o consumo de ração, taxas de crescimento, eficiência alimentar, aumentar a taxa de mortalidade e a ocorrência de problemas metabólicos nas aves, além de ocasionar maior incidência de condenação das carcaças no frigorífico (STRINGHINI et al., 2000).

De acordo com os parâmetros aprovados pela Instrução Normativa nº60 de 22/12/2011, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), o milho é classificado em grupos, classes e tipos, segundo sua consistência, coloração e qualidade.

Conforme sua consistência e formato do grão, este é classificado em:

I – Duro: quando apresentar o mínimo de 85 % em peso, com as características de duro;

II – Dentado: quando apresentar o mínimo de 85 % em peso, com as características de dentado, com consistência parcial ou totalmente farinácea;

III – Semiduro: quando apresentar o mínimo de 85 % em peso, de consistência e formato intermediários entre duro e dentado;

IV – Misturado: quando não estiver compreendido nos grupos anteriores.

Conforme a sua coloração, este é ordenado em quatro classes:

I – Amarelo: desde que contenha no mínimo 95%, em peso, de grãos amarelos, amarelo pálido, amarelo alaranjado, vermelha e/ou rósea;

II – Branca: quando constituído de milho que contenha no mínimo 95% em peso, de grãos brancos, marfim ou palha;

III – Cores: quando constituída de milho que contenha no mínimo 95%, em peso, de grãos de coloração uniforme, mas diferentes das classes amarela e branca; e

IV – Misturada: constituída de milho que não se enquadra em nenhuma das classes anteriores.

O milho, conforme a sua qualidade, é classificado em três tipos:

TIPO 1 - constituído de milho grãos regulares, sadios, secos e com umidade máxima de 14%, com tolerância máxima de 6% de grãos ardidos, 1% de matérias estranhas e impurezas; 3% de grãos quebrados e 2% de carunchados;

TIPO 2 - constituído de milho grãos regulares, sadios, secos e com umidade máxima de 14%, com tolerância máxima de 10% de grãos ardidos, 1,5% de matérias estranhas e impurezas; 4% de grãos quebrados e 3% de carunchados;

TIPO 3 - constituído de milho grãos regulares, sadios, secos e com umidade máxima de 14%, com tolerância máxima de 15% de grãos ardidos, 2% de matérias estranhas e impurezas; 5% de grãos quebrados e 4% de carunchados.

Pode também ser classificado como “fora de tipo”, onde se incluem grãos regulares, sadios, secos e com umidade máxima de 14%, com tolerância máxima de 20% de grãos ardidos, maior que 2% de matérias estranhas e impurezas; maior que 5% de grãos quebrados e 8% de carunchados (BRASIL, 2011b).

Segundo Corte Real et al. (2014), a qualidade do milho é pouco valorizada no mercado brasileiro, pelo fato de o pagamento diferenciado, gratificando esse atributo, ser pouco significativo. O que se vende é a quantidade ao invés da qualidade. Porém, nos grãos de qualidade inferior, pode-se encontrar modificações na composição química, diminuição da biodisponibilidade de alguns nutrientes e aparecimento de fungos com ou sem a produção de micotoxinas.

2.2 Micotoxinas

As micotoxinas são metabólitos secundários, produzidos por fungos que se desenvolvem naturalmente nos alimentos. As condições necessárias para a sua produção pelo fungo compreendem genótipo e fisiologia, caracterizando-o como produtor ou não, além de

fatores externos, como umidade e temperatura, e fatores internos, como atividade de água e pH (KATSURAYAMA; TANIWAKI, 2017).

São conhecidos, atualmente, por volta de 500 tipos de micotoxinas, produzidas por diversas espécies fúngicas. São consideradas ameaças para a indústria de produção alimentícia, pois podem causar uma grande variedade de efeitos tóxicos em diversas espécies animais. (GUTERRES et al., 2017).

As micotoxinas, em praticamente toda sua totalidade, são citotóxicas, pois resultam na ruptura de membranas celulares e outras estruturas ou interferem em processos vitais como síntese proteica de DNA ou RNA, quadros nervosos e hemorrágicos, imunossupressão, deficiências bioquímicas e metabólicas, diminuição da eficiência produtiva e reprodutiva, enfermidades autoimunes, gastroenterites, alterações genéticas, deficiências em vitaminas e/ou minerais, carcinogenicidade, teratogenicidade, e morte, em alguns casos (MINAFRA et al., 2018).

A via digestiva é a principal porta de entrada de micotoxinas no organismo, e a sua absorção pode ocasionar hemorragias e necroses. Várias toxinas mostram atração por determinado tecido ou órgão, sendo os rins, o fígado e o sistema nervoso regularmente os mais afetados (SANTURIO, 2000).

Frangos de corte são especialmente sensíveis aos efeitos adversos das micotoxinas encontradas nos alimentos utilizados para a produção de ração, especialmente o milho (KOBASHIGAWA et al., 2019).

Espécies de fungos do gênero *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicillium* são as com maior proliferação em cereais de armazenamento (DOMENICO et al., 2015).

2.2.1 *Aspergillus*

O principal gênero de fungo que desenvolve micotoxinas em grãos de milho é o *Aspergillus*, que precisa do substrato ideal, umidade relativa do ar e temperatura apropriados para o seu desenvolvimento. Segundo Dilkin et al. (2000), quantidade de água dos grãos de 17%, umidade relativa de 80 a 85%, presença de oxigênio e temperatura de 24 a 35°C são circunstâncias normalmente encontradas em silos de armazenamento e ótimas condições para o desenvolvimento de aflatoxinas, sintetizadas pelo gênero *Aspergillus*, em grãos de milho.

Na atualidade, 20 compostos de aflatoxina são conhecidos, contudo, são quatro os principais tipos de interesse médico-sanitário: B1, B2, G1 e G2, sendo o B1 o mais predominante e tóxico em cereais usados nas rações (SANTOS et al., 2014).

As aflatoxinas B1, B2, G1 e G2 estão entre as micotoxinas mais encontradas no milho. Ocorrem naturalmente em cereais, contaminando-os na colheita, estocagem ou no processamento. Na avicultura de corte, as aflatoxinas produzidas pelos fungos *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus* são as mais frequentes, e são responsáveis por ocasionar efeitos tóxicos, porque possuem potencial mutagênico, carcinogênico (MINAFRA et al., 2018), teratogênico, imunossupressor e hepatotóxico, podendo provocar lesões no fígado e nos rins (JAGER et al., 2013).

As aflatoxinas afetam negativamente a produção avícola, reduzindo a ingestão de ração, o ganho de peso e piorando a conversão alimentar, além de causar alterações histopatológicas, de cor e tamanho no fígado, assim como imunossupressão e aumento das taxas de mortalidade (KOBASHIGAWA et al., 2019). Após a rápida absorção no trato gastrointestinal, elas se ligam à proteína albumina sérica, e a outras proteínas em menor intensidade, possibilitando que as toxinas ligadas se distribuam pelos tecidos (BOCHIO et al., 2017).

Uma das maneiras de diagnosticar surtos de aflatoxicose a campo é avaliar as excretas das aves, pois partículas de ração mal digeridas poderão ser encontradas nas mesmas (SANTURIO, 2000). Adicionalmente, pode-se identificar os primeiros sinais por meio de necropsia, encontrando-se alterações de tamanho e coloração de órgãos como rins e fígado. Além de provocarem perdas na eficiência reprodutiva e/ou produtividade, carcaças de má qualidade, assim como diminuição na produção de ovos, casca do ovo com qualidade inferior e vulnerabilidade às doenças (IAMANAKA et al., 2010).

Muitas aves que apresentam aflatoxicose desenvolvem erosões na moela, mas esta característica não está ligada à toxicose e sim ao contato direto da aflatoxina com o órgão no decorrer da digestão (SANTURIO, 2000).

A nocividade das aflatoxinas para frangos de corte é maior na fase inicial de criação (1 a 21 dias de idade); contudo, afeta negativamente o ganho de peso até a fase final de criação (RAOTA; GIOVANELA, 2016). Os mesmos autores relataram que a toxicidade das aflatoxinas depende da dose, grau e tempo de exposição, estado nutricional e fase de vida podendo assim, determinar intoxicações crônicas ou agudas.

A síndrome crônica ocorre quando o animal ingere pequenas concentrações de aflatoxinas por um longo tempo, sendo a diminuição da taxa de crescimento de animais jovens o principal sinal deste tipo de intoxicação. Já a síndrome tóxica aguda ocorre pela ingestão de alimento com altas concentrações de aflatoxinas. Seus efeitos são: hepatite aguda, perda de apetite, icterícia, hemorragias e morte, os quais podem ser percebidos rapidamente.

Os primeiros efeitos da aflatoxicose em aves são utilizados como orientação para diagnóstico clínico da doença. A mudança inicia-se pela modificação no tamanho dos órgãos internos como baço, fígado e rins, que se tornam maiores, ao passo que o timo e a *bursa de fabricius* sofrem hipoplasia (DHAMA et al., 2007).

As análises clínicas de soro sanguíneo, que quantificam as proteínas séricas (globulinas, albumina e proteína total) e as enzimas hepáticas (gama-glutamil transferase, alanina aminotransferase, aspartato aminotransferase), podem detectar eficientemente intoxicações por aflatoxicose. A queda nos valores das proteínas e a elevação das enzimas são uma indicação de intoxicação por aflatoxina (MINAFRA et al., 2018).

Para cada 1,0 ppb de aflatoxina presente na ração, o crescimento de frangos de corte é reduzido em 5% (DERSJANT-LI et al., 2003). Segundo a Portaria do Ministério da Agricultura nº 7, de 18 de fevereiro de 2011, o valor máximo permitido de aflatoxinas é de 20 $\mu\text{g kg}^{-1}$ para milho, milho grão (inteiro, amassado, moído, partido), farinhas ou sêmolos de milho (BRASIL, 2011a). Na União Europeia a lei nº 178/2010, recomenda até 20 ppb de aflatoxinas B1 para rações completas para suínos e aves, exceto animais jovens. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), na resolução 183 de 21/03/96, recomenda o mesmo valor, sendo esses 20 ppb, a soma das aflatoxinas B1 + B2 + G1 + G2 (BOCHI et al., 2017).

2.2.2 *Penicillium*

Ocratoxinas (OCRA)

Isoladas em 1965, pela primeira vez, em fungos da espécie *Aspergillus ochraceus*. São produzidas por diversas espécies de fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, formando um grupo de sete metabólitos tóxicos. Quando produzidas em ambiente com pH entre 6,0 e 7,0, atividade de água até 0,8 e temperatura entre 20 e 30°C, as ocratoxinas estão associadas ao gênero fúngico *Penicillium*, contaminando principalmente carnes e cereais. A espécie *Aspergillus ochraceus* produz seus metabólitos em temperatura de 8 a 37°C, e atividade de água até 0,77. Já a espécie *Aspergillus carbonarius* possui atividade de água ótima de 0,82 e temperatura entre 32 a 35°C. A *Aspergillus niger* tem desenvolvimento entre 8 a 47°C e atividade de água de 0,72 (BRETAS, 2018).

Há diversas espécies de Ocratoxinas conhecidas, entretanto, somente a ocratoxina A (OTA) possui importância toxicológica (IAMANAKA et al., 2010).

Sintetizada por espécies fúngicas dos gêneros *Penicillium* e *Aspergillus*, a OTA pode afetar o desempenho produtivo das aves, causando nefropatia decorrente da degeneração e

atrofia dos rins, podendo, em casos crônicos e severos, causar necrose e atrofia do órgão (MINAFRA et al., 2018). Imunossupressão, diminuição do desempenho e conversão alimentar, anemia, gota, diminuição da pigmentação da pele, patologia renal e morte são os sinais clínicos decorrentes desta intoxicação (OLIVEIRA et al., 2015).

Segundo Duarte et al. (2011) a hipocarotenoidemia se torna grave em intoxicação por OTA, pois a mesma causa distúrbios hepáticos, diminuindo a síntese endógena de lipoproteínas, e assim, diminuindo o transporte sanguíneo de lipídeos, e conseqüentemente, diminuem a concentração de carotenóides no sangue, por isso ocorre a diminuição da pigmentação da pele. Concomitantemente, a absorção de carotenóides pela mucosa torna-se debilitada.

A OTA interfere na metabolização das enzimas hepáticas, leucina aminopeptidase, gamaglutamil transferase e atividade do fosfoenolpiruvato citosólico carboximexina (PEPCK) nos rins. Esta micotoxina possui capacidade mutagênica sobre o DNA e RNA, sendo que esta capacidade pode ser a responsável pelas modificações nos níveis dos produtos metabólicos citados acima, pois o DNA e o RNA são os principais limitantes destes processos (MINAFRA et al., 2018).

Os níveis da enzima limitante proteína quinase podem ser utilizados para avaliar a presença de OTA, quando em níveis reduzidos na corrente sanguínea, indica toxidez, podendo resultar também, em distúrbios na metabolização do glicogênio no fígado a níveis elevados (OLIVEIRA et al., 2015).

Krüger et al. (2015) também explicam que no Brasil os dados epidemiológicos a respeito de presença de OTA em alimentos são deficientes, mesmo o país sendo um dos maiores produtores e exportadores de carnes e grãos. Com relação à legislação, os limites de tolerância para OTA são variáveis. A União Europeia recomenda nível máximo de 0,25 ppm em matérias primas destinadas à alimentação animal. Limites para OTA foram estabelecidos somente recentemente no Brasil, contemplando cereais, café, vinhos, produtos de cacau e frutas secas, com níveis máximos variando de 2,0 a 10,0 mg kg⁻¹, dependendo do produto (BRASIL, 2011a).

2.2.3 *Tricotecenos*

Estas micotoxinas são específicas de campo, cujo desenvolvimento e crescimento dependem das condições de umidade na planta ou no armazenamento dos cereais, podendo também estar presentes nos ingredientes da ração. Estas compõem um grupo de cerca de 150 metabólitos. São produzidos por fungos dos gêneros *Fusarium*, *Stachybotrys*, *Myrothecium*,

Trichoderma, *Phomopsis*, *Verticimonosporium* e *Trichotecium*. Dentre os tricotecenos mais importantes, podem ser citados o nivalenol (NIV), deoxinivalenol (DON), o diacetoxiscirpenol (DAS), a toxina HT2 e a toxina T-2 (OLIVEIRA et al., 2015).

Alguns sinais clínicos são característicos dos efeitos tóxicos dos tricotecenos, como: lesões orais, diarreia, vômito, anorexia, retardo no crescimento, diminuição na produção de ovos e qualidade da casca do ovo, angina necrótica, distúrbios neurológicos, alterações hematológicas, destruição da medula óssea, imunossupressão, hemorragias generalizadas e morte. Os tricotecenos, em sua maioria, afetam o metabolismo proteico, causam dermatite, lesões orais, falta de apetite, irritação e hemorragias no trato gastrointestinal (REIS et al., 2012).

Em aves, intoxicação por tricotecenos pode ser aguda ou crônica. A fase aguda tem um quadro clínico característico e pode ser prontamente diagnosticado, enquanto a crônica mostra sinais clínicos inespecíficos (RESANOVIC et al., 2009).

Segundo Minafra et al. (2018), quando se refere a efeito imunossupressor, os tricotecenos estão atrás apenas das aflatoxinas. Eles afetam primeiramente a resposta imune celular, ocasionando efeitos diretos no baço, medula óssea, timo, mucosa intestinal e tecidos linfoides, danificando as células durante a multiplicação celular.

Com alta capacidade irritante da pele e agindo como agente inflamatório, a toxicidade da toxina T-2 afeta negativamente o desempenho das aves devido às lesões na mucosa da via oral e na língua, ou ulcerações no palato e na comissura do bico (KOSICKI et al., 2016).

No início as feridas surgem ao longo da margem da língua e no palato duro, apresentam cor branca amarelada e textura caseosa, avança para as papilas e a raiz da língua, atingindo a parte inferior da língua e bico, impedindo assim, que as aves fechem a boca. As lesões podem afetar o fígado, quando os casos forem mais graves, ocasionando inchaço no órgão, erosões no estômago e intestinos, levando a hemorragia e morte (REIS et al., 2012).

A toxina T-2 diminui radicalmente o consumo de ração e conseqüentemente o ganho de peso, devido às lesões orais que causa. Essas lesões podem levar à necrose dos tecidos hematopoiético, linfóide e em casos mais graves empenamento irregular e distúrbios nervosos. Em poedeiras, por reduzir a ingestão de alimentos e o seu aproveitamento, reduz a espessura da casca dos ovos, produção de ovos, conversão alimentar e pode causar diarreia e vômito (MINAFRA et al., 2018).

Filazi et al. (2017) relataram que a toxina T2 diminui a resposta imune, representada pela diminuição das células linfóides na medula óssea, timo e baço, causando debilidade a

doenças infecciosas, como as ocasionadas por *Salmonella spp.* e *Escherichia coli*, e causam resistência a tratamentos dessas doenças em aves.

Em frangos de corte, a toxina T-2 pode causar decréscimo no ganho de peso e alteração no peso da bursa de fabricius, timo e baço, bem como aumento, descoloração e amarelamento do fígado e vesícula biliar distendida (MANAFI et al., 2015).

Achados microscópicos incluem hiperplasia aumentada em epitélio do ducto biliar; atividade das células de Kupffer e infiltração de células inflamatórias no fígado; degeneração vacuolar com núcleos picnóticos no rim; linfocitose e redução de células endoteliais proeminentes em órgãos linfoides; descamação de células epiteliais vilosas e intrusão linfoide na submucosa do proventrículo; hemorragia leve junto com células inflamatórias no coração; descamação e erosão da mucosa na traqueia e o espessamento dos sacos aéreos juntamente com edema e a presença de células inflamatórias nos sacos aéreos. O efeito tóxico também se manifesta pela redução da proliferação de linfócitos estimulados por fitohemaglutinina e lipopolissacarídeo em patos (RAFAI et al., 2000).

Rações contaminadas com diacetoxiscirpenol (DAS) causam redução da produção de ovos, por causa das lesões orais, localizadas frequentemente na ponta da língua, causando decréscimo no consumo de alimento. Dietas com concentrações superiores a 2 ppm de DAS, e existência de outras micotoxinas como ocratoxina ou aflatoxina, põem em risco a saúde de animais jovens, em consequência da interação entre as micotoxinas, potencializando seus efeitos adversos, ocasionando aumento das lesões na cavidade orofaríngea (REIS et al., 2012).

Tendo como referência a toxina T2 e DAS, as aves são mais resistentes aos tricotecenos que os suínos, entretanto são mais susceptíveis do que ruminantes, principalmente quando nos referimos à redução do consumo alimentar (FILAZI et al., 2017).

Segundo Manafi et al. (2015) uma das micotoxinas mais encontradas em grãos é o desoxinivalenol (DON), seus níveis são geralmente menores que 10 ppm, sendo que níveis de 15 a 40 ppm ocorrem esporadicamente.

Quando em rações contaminadas, seus níveis estão por volta de 0,35 a 8,0 ppm. Esta quantidade não ocasiona lesões orais ou afeta o desempenho zootécnico das aves, contudo, quando seus níveis são exacerbados, ocorre o aparecimento de lesões leves em poedeiras com efeito negativo sobre a qualidade dos ovos. Concentrações de 16 a 18 ppm podem ocasionar alterações nos componentes hematológicos, alterações na função imune e redução do desempenho, causam variações nos níveis de triptofano, dopamina e serotonina no cérebro (GHAREEB et al., 2014).

De acordo com Filazi et al. (2017) a DON é menos tóxica do que a toxina T-2, e o nível de DON que afeta o desempenho do pinto de um dia ainda é contestado.

O nivalenol (NIV) é produzido por várias espécies de *Fusarium* que infestam as plantações. Pode ocorrer em cereais e sua transferência dos grãos para os produtos de origem animal é baixa, contribuindo marginalmente à alimentação humana, sendo rapidamente absorvido, distribuído e eliminado sem acumulações. Induz à anorexia, pois interage com a colecistoquinina, peptídeo intestinal que estimula a saciedade (KNUTSEN et al., 2017). O tricoteceno nivalenol tipo B afeta o sistema imunológico, causa vômitos, retardo de crescimento e distúrbios reprodutivos e tem um efeito hematotóxico/mielotóxico (WU et al., 2013). O NIV tem como alvo o ribossomo, levando a uma inibição da síntese de proteína, RNA e DNA. Os tecidos de proliferação rápida, como o tecido hepático, são alvos do nivalenol, levando a leucopenia, eritropenia e trombocitopenia, possivelmente devido à indução de apoptose (SCHWARTZ-ZIMMERMANN et al., 2019).

2.2.4 *Fusarium*

Também conhecidos como “fungos de campo”, as toxinas dos fungos do gênero *Fusarium* são facilmente encontradas em cereais expostos nas lavouras, sendo sua principal incidência no milho, com contaminações ocorrendo no campo, especialmente no procedimento de colheita. As fusariotoxinas têm várias estruturas químicas, como os tricotecenos, zearalenona, fumonisinas, ácido fusárico e moniliformina (FILAZI et al., 2017).

Fungos do gênero *Fusarium* produzem a fumonisina, que com seu potencial tóxico, diminui o desempenho produtivo dos animais (DIAS, 2018). Vinte e oito estruturas relacionadas às fumonisinas foram isoladas e identificadas, contudo, as formas predominantemente produzidas pelos fungos são a FB1, FB2 e FB3 (REISINGER et al., 2016).

A fumonisina B1 é o metabólito encontrado em maior quantidade e corresponde a cerca de 70% no milho e seus coprodutos infectados por este grupo de micotoxina, logo as fumonisinas B2 e B3 podem ocorrer em menor quantidade (BRETAS, 2018). Ainda de acordo com este autor, estes fungos desenvolvem-se em temperatura de 25 a 35°C, com atividade de água (Aa) de 0,94 a 0,98. Nessas condições ambientais, os fungos crescem e se proliferam também em produtos alimentícios como milho, trigo, amendoim, feijão, entre outros.

Inúmeras observações foram relatadas sobre os efeitos nefrotóxicos do FB1, dependendo da duração da exposição e da magnitude das doses aplicadas. Tais efeitos,

segundo Filazi et al. (2017), incluem apoptose e necrose, bem como o desenvolvimento de adenoma e carcinoma, em que a ação citotóxica do FB1 desempenha um papel. Os metabólitos secundários de *Fusarium moniliforme* podem induzir alterações patológicas no tecido renal como: aumento da basofilia tubular e vacuolização citoplasmática, hiperplasia das células epiteliais tubulares e sua infiltração no lúmen, assim como processos necróticos.

Além disso, pode ocasionar algumas alterações tubulares nefróticas, o FB1 também pode causar danos morfológicos associados, entre outros, com hiperplasia nas células hepáticas e nas vias biliares (KÓCSÓ et al., 2018).

Na avicultura, níveis acima de 100 mg kg⁻¹ de FBs causam diminuição no consumo e no ganho de peso, aumento do peso relativo do fígado e rins e incidência de necrose hepática e diarreia (TESSARI et al., 2010).

Dados disponíveis sobre efeitos toxicológicos de aflatoxinas e fumonisinas em frangos de corte são, em sua maioria, baseados em experimentos conduzidos em laboratório. Contudo, não há informação sobre os impactos destas micotoxinas à saúde sob condições de ocorrência natural a campo ou em produção comercial de frangos de corte no Brasil (KOBASHIGAWA et al., 2019).

De acordo com Kobashigawa et al. (2019), os fungos toxicogênicos mais comuns encontrados em grãos de milho no Brasil são do gênero *Aspergillus* e *Fusarium*, os quais produzem as aflatoxinas (AFs) e fumonisinas (FBs), respectivamente. Consequentemente, aflatoxinas e fumonisinas são as micotoxinas mais diagnosticadas nas rações para frangos de corte no país.

A zearalenona é produzida por diversos fungos do gênero *Fusarium*, contudo o *Fusarium graminearum* é o principal contaminante identificado nos grãos de milho, arroz, aveia, milheto, sorgo e trigo. Apresenta-se na forma de 6 (10-hidroxi-6-oxo-trans-1-undecil) ácido resorcílico-lactona e apresenta característica estrogênica não esteroide, sendo considerada microestrogênica, que intervém no sistema reprodutivo dos animais, pois atrapalha o efeito de hormônios esteroides (REIS et al., 2012).

Sua semelhança aos estrogênios predispõe a um conflito com esses metabólitos endógenos, impelindo a fêmea a um estado de hiperestrogenismo, produção em excesso de hormônios sexuais, com decorrente aumento dos órgãos que constituem o sistema reprodutor, principalmente nos mamíferos, prolongando ou interrompendo o cio e podendo causar pseudogestação (BRETAS, 2018). Em grandes concentrações, a micotoxina zearalenona pode contaminar as carcaças das aves, o que gera efeito anabolizante em humanos. Nas aves ocasiona diminuição da conversão alimentar, da fertilidade, do peso dos órgãos, hipertrofia de

ovidutos nas fêmeas, queda no número de leucócitos, aumento no peso da bursa de fabricius, diminuição do tamanho da crista em frangos de corte (MINAFRA et al., 2018).

O desenvolvimento fúngico altera a quantidade e disponibilidade de nutrientes nos grãos, como lipídios, carboidratos, proteínas e vitaminas, ocasionando menor rendimento na indústria fabricante de ração, juntamente com as micotoxinas, podem ocasionar desenvolvimento dos animais abaixo do esperado, pois podem afetar o ganho de peso, qualidade e rendimento de carcaça, além de originar doenças (DIAS, 2018).

Os cereais podem ser contaminados com micotoxinas em outras fases do processo de produção e beneficiamento além da armazenagem, podendo ser após o processamento dos grãos ou mesmo no campo (CHAVES NETOS et al., 2018).

Além do desenvolvimento de fungos, durante a armazenagem também pode ocorrer perda de qualidade dos grãos como vigor, massa, qualidade da moagem, volume, descoloração, diminuição do valor nutricional, mudanças químicas, aquecimento e odor desagradável (DOMENICO et al., 2015).

2.3 Adsorventes de micotoxinas

Um método bastante utilizado para o controle das micotoxinas é o uso de adsorventes nas rações. Distintamente dos meios utilizados para controle de fungos nas lavouras, esse princípio é empregado na formulação da ração.

Os adsorventes são aditivos alimentares especiais, que podem ser polímeros sintéticos, orgânicos ou minerais, que adsorvem ou sequestram as micotoxina e são muito utilizados para prevenir ou tratar micotoxicoses em rações para animais. Os adsorventes evitam a absorção das micotoxinas pelo trato gastrointestinal e são eliminados juntamente nas fezes (SOBRANE FILHO et al., 2016).

Após serem retiradas da fase líquida, as micotoxinas interagem com a superfície do adsorvente ficando aderidas. Neste processo diversos tipos de interações intermoleculares podem estar envolvidos. Na adsorção química ocorre uma troca eficiente de elétrons entre a substância e o adsorvente, gerando um complexo sobre a superfície sólida de forma irreversível. Enquanto no processo físico, as interações que ocorrem são eletrostáticas, de repulsão e atração, polarização e força de Van der Waals, sendo, dessa maneira, um fenômeno reversível (DAL POZZO et al., 2016).

A adsorção, por ser um fenômeno basicamente superficial, é influenciada por várias características físicas da substância. Se tratando das micotoxinas, influenciam no processo a sua área de superfície, tamanho, solubilidade, forma, polaridade, desacoplamento e

distribuição de cargas no caso de compostos ionizados (ROSIM et al., 2018). O parâmetro mais importante para avaliação de adsorventes é a estabilidade da ligação adsorvente-toxina, em uma ampla faixa de pH, pois espera-se que o produto funcione durante a passagem pelo trato gastrointestinal (SOBRANE FILHO et al., 2016).

Considerados aditivos das rações, os adsorventes agem reduzindo os efeitos nocivos no trato gastrointestinal, causados pelas micotoxinas. Também influenciam na diminuição da absorção de outros metabólitos tóxicos pelo animal (SWAMY et al., 2002).

Grande parcela das substâncias adsorventes usadas possui em sua composição argilas selecionadas e processadas. Assim, nas fábricas de rações, o acréscimo destas argilas está cada vez mais frequente no processamento de rações. Algumas argilas são mais eficazes, pois têm propriedade hidrofóbica, ou seja, apresentam afinidade com os compostos orgânicos e por isso mais utilizadas, sendo elas a aluminossilicato de sódio e de cálcio (bentonitas) a sepiolita, e a diatomitos (RAUBER et al., 2013).

Para a eliminação das micotoxinas da ração animal pelos adsorventes, deve-se levar em consideração a eficiência do produto na redução das micotoxinas, além disso, a substância adsorvente não pode ser originada de produtos de degradação tóxica para os animais e não deve causar redução do valor nutritivo dos alimentos tratados (BOCHIO et al., 2017).

Os adsorventes inorgânicos como aluminossilicatos hidratados de sódio, também conhecidos como HSCAS, bentonitas, zeólitas, entre outros, adsorvem micotoxinas específicas. Podem ser obtidos por tratamento térmico de argilas de cálcio ou naturalmente. Suas estruturas têm moléculas de água ligadas a um complexo metálico, com afinidade para adsorver compostos carregados positivamente. Estes são apresentados como materiais inertes a nível nutricional e baratos, contudo, possuem menor proteção contra as micotoxinas. Por sua vez, os adsorventes orgânicos são as substâncias retiradas de leveduras, como *Saccharomyces cerevisiae*, que têm a capacidade de adsorver variadas micotoxinas, sendo estes adsorventes pectina, celulose, extratos de parede celular de levedura, farelo de trigo e casca de aveia. São considerados materiais biodegradáveis e são incluídos em baixos níveis, pois possuem grande área de superfície (ROSIM et al., 2018).

A inserção de adsorventes nas rações está relacionada à capacidade de ligação de determinado adsorvente à micotoxina e ao nível de contaminação da dieta. Entretanto, altos níveis de inclusão de adsorventes poderão alterar as propriedades físicas da dieta e assim comprometer todo o processamento. Para que uma perfeita ligação ocorra faz-se necessária a adsorção física e química, envolvendo ligação iônica ou covalente (RAUBER et al., 2013).

Qualquer produto que se utilize como adsorvente precisa ter o tamanho das partículas reduzido, para que este tenha total contato com as micotoxinas, atingindo assim, grande superfície de absorção (BRETAS, 2018).

A inclusão destas substâncias nas rações tem sido considerada uma alternativa econômica e ambientalmente viável, possibilitando o uso seguro dos grãos nas dietas animais e inibindo ou controlando os efeitos nocivos causados pelas micotoxinas no desempenho e na saúde dos animais de produção (DIAS, 2018).

Além da utilização de adsorventes de micotoxina, algumas medidas pré e pós colheita podem ser adotadas para que haja redução na quantidade de fungos presentes nos alimentos, entre elas estão: a adoção de práticas agrícolas corretas, com a utilização de equipamentos de colheita adequados com pouco dano mecânico; realização da colheita dos grãos assim que os mesmos cheguem à maturidade; secagem do produto em níveis seguros de umidade; retirada da matéria orgânica de sementes de oleaginosas e de grãos; utilização de sementes quebradas apenas se estas estiverem limpas e armazenadas em local com ausência de insetos e/ou roedores e protegidas das variáveis climáticas; seleção de cultivares geneticamente modificados para controlar a presença de fungos nos grãos (BOCHIO et al., 2017).

A utilização de controle químico na produção de grãos, para controlar a presença de fungos, é outra maneira que pode ser realizada para diminuição desse agente. Conforme Schuh et al. (2011), os fungicidas podem ser a única forma de controlar a presença de fungos nos grãos quando estão nas lavouras. Sendo então, na maioria das vezes, essencial para que se possa diminuir esse patógeno das culturas.

2.4 Zeólita

As zeólitas foram descobertas pela primeira vez no ano de 1756, pelo mineralogista Barão Axel Fredrick Constedt, na Suécia, o qual denominou este grupo de minerais a partir das palavras gregas “zeo” (ferver) e “lithos” (pedra), o que quer dizer “pedras que ferverem”, pois liberam bolhas quando imersas em água (GARCÍA, 2010). Apenas no ano de 1926 a propriedade de absorção e o termo “peneira molecular” – alusivo à incorporação de moléculas pequenas e exclusão das maiores – foram dados a zeólita cabazita.

Os aluminossilicatos cristalinos hidratados possuem estrutura tridimensional de tetraedros de SiO_4 e de AlO_4 , ligados entre si pelos quatro vértices de oxigênio e potencialmente infinita. Cada espécie de zeólita tem uma estrutura própria única. Os tetraedros de AlO_4 possuem carga negativa, que são equilibradas por cátions intersticiais (Ca^{2+} , Na^{2+} , Ba^{2+} e K^{2+}), formando uma estrutura aberta, com canais grandes, facilitando que

a água e outras moléculas alojem-se e possuam liberdade de movimento, permitindo assim a troca iônica e hidratação reversível (SCHNEIDER et al., 2017). Por possuir esta característica, quando se aquece, a água presente nos canais desprende-se com facilidade e constantemente, deixando íntegra a estrutura; após a desidratação da zeólita, os canais podem ser completos com água ou outras substâncias novamente (CARVALHO et al., 2015).

Material poroso, a zeólita possibilita o peneiramento/seletividade molecular, podendo ser de origem mineral ou sintética. Pode apresentar porosidade regular em sua estrutura, tendo esta dimensão semelhante às moléculas orgânicas, com abertura de poros oscilando entre 3 e 10 Å, dependendo de sua estrutura. Diversas zeólitas possuem a função de adsorção, assim como de catalisador, pois aceleram reações e não são consumidas durante o processo. Esta tornou-se um produto bastante utilizado em refinarias de petróleo, onde são responsáveis pela quebra e seletividade molecular de hidrocarbonetos, tornando as frações mais pesadas em frações leves (CORIOLANO et al., 2015).

Segundo Carvalho et al. (2015), são 52 espécies naturais existentes de zeólitas e estas estão distribuídas em 38 diferentes tipos de estrutura e mais de 150 espécies foram sintetizadas em todo o mundo.

As zeólitas naturais e sintéticas são diferentes em suas características físicas e químicas. Uma diferença importante é a relação de silício-alumínio, que é de aproximadamente 2,5-5:1 para as zeólitas naturais e 1:1 para as sintéticas. A zeólita sintética mais comumente utilizada é a zeólita A, que possui a composição $\text{Na}_{12}[(\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)] \cdot 24\text{H}_2\text{O}$. A natural mais utilizada é a clinoptilolita, que possui a composição $\text{CaNa}_4\text{K}_4(\text{AlO}_2)_5(\text{SiO}_2)_{30} \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ (GARCÍA, 2010).

A relação silício-alumínio afeta a estabilidade das zeólitas mediante a diferentes condições de pH. As zeólitas naturais são mais estáveis que as sintéticas e não se decompõem em ambiente ligeiramente ácido, mantendo a sua estrutura, por possuírem mais silício. Entretanto, o alumínio presente na molécula de uma zeólita sintética se torna solúvel e liga-se ao fósforo da dieta, fazendo com que o fosfato de alumínio seja insolúvel no trato gastrointestinal, diminuindo a disponibilidade de fósforo (CARVALHO et al., 2015). O alumínio liberado também pode causar envenenamento, pois a adição de 1% de zeólita sintética significa a inclusão de 0,15% de Al na dieta, considerado nível tóxico para frangos de corte e poedeiras (SHINZATO, 2007).

As zeólitas naturais são criadas a partir da precipitação de fluidos, como em condições hidrotermais ou pela modificação de vidros vulcânicos, constituindo na cristalização de um composto a partir de uma substância nutriente (cristalina ou amorfa), na presença de um

agente mineralizante e água. A fusão geralmente ocorre em temperaturas entre 25°C e 300°C e sua natureza é estabelecida por fatores cinéticos. Podem ser constituintes de rochas metamórficas sedimentares e de baixo grau e ainda podem ocorrer em fendas e amígdalas de rochas ígneas, especialmente em vulcânicas básicas. As manifestações sedimentares geralmente caracterizam depósitos de grande interesse tecnológico e, frequentemente, são constituídos de cimentos formados de cristais de zeólitas de pequenas dimensões (LACERDA et al., 2016).

A produção mundial de zeólitas naturais, no ano de 2018, foi calculada em 1,1 milhão de toneladas, dados estes baseados em estimativas e informações publicadas no Diário do Comércio de alguns países. Individualmente a produção foi de: 95.000t nos Estados Unidos, 300.000t na China, 57.000t em Cuba, 20.000t na Jordânia, 120.000t na República da Coreia, 100.000t na Nova Zelândia, 70.000t na Turquia e 350.000t em outros países (USGS, 2019).

No Brasil as jazidas de zeólitas naturais estão começando a ser exploradas, devido a isto não há dados de produtividade. O país possui 5 jazidas de zeólitas conhecidas, sendo a mais importante localizada na Formação Corda (Bacia do Parnaíba), onde até o presente momento foram encontradas quarenta variedades da rocha. A zona mineralizada ocupa área superior a 1.000 km², com espessura máxima de 100m e compreendendo parte dos estados do Tocantins e do Maranhão, abrangendo um pacote de arenitos fluviais e eólicos, cujo cimento (20 - 40% da rocha) é composto principalmente por duas espécies de zeólitas – laumontita e estilbita (RABELO & NOGUEIRA, 2015). Ainda podemos encontrar as formações de Adamantina (analcima), Uberaba, Botucatu (heulandita), na Bacia do Paraná e Macau na Bacia Potiguar. Destacam-se, ainda, as zeólitas associadas a dacitos amigdaloidais e basaltos da Formação Serra Geral (Bacia do Paraná) (SHINZATO et al., 2008). Ainda segundo estes autores as principais zeólitas exploradas no mundo são a clinoptilolita, cabazita, mordenita e phillipsita, sendo a clinoptilolita a mais abundante de todas as espécies de zeólitas.

Em virtude de possuir elevado teor de pureza e grande uniformidade na composição, as zeólitas sintéticas são regularmente utilizadas como catalisadores, enquanto as zeólitas naturais, no tratamento de efluentes (ZANIN et al., 2014). Compete salientar que o baixo custo das zeólitas naturais tem oportunizado e incentivado o desenvolvimento de sistemas de tratamento mais baratos (CASAGRANDE et al., 2016). As principais finalidades das zeólitas estão associadas às propriedades catalítica, de troca iônica e de adsorção seletiva de vapores e gases, resultantes da baixa densidade, do alto grau de hidratação, grande volume de espaços vazios (quando desidratada); presença de canais de dimensões regulares nos cristais desidratados e alta estabilidade da estrutura cristalina (CARVALHO et al., 2015).

A alta superfície interna comparada à externa, devido à estrutura microporosa das zeólitas, possibilita a transferência de massa entre o espaço cristalino e o meio externo. Essa transferência, no que lhe diz respeito, é limitada pelo diâmetro dos poros da estrutura zeolítica (REIS et al., 2018). Esse processo seletivo, vinculado à uniformidade dos microporos das zeólitas, permite que estas sejam empregadas como “peneiras moleculares”. Esta aplicação consiste na extração de água por aquecimento para expandir o volume de espaços vazios no mineral e possibilitar, por exemplo, a separação de moléculas de hidrocarbonetos menores (como octano e pentano) dos ramificados, que são maiores (LACERDA et al., 2016).

Por sua capacidade de troca iônica, as zeólitas têm sido muito utilizadas no tratamento de efluentes domésticos (CASAGRANDE et al., 2016); industriais (REIS et al., 2018); água subterrânea (ALVES et al., 2018); água de abastecimento (SHINZATO et al., 2018); drenagem ácida de minerações (FUNGARO; IZIDORO, 2006) e solos contaminados (FUNGARO et al., 2004). Também têm sido usadas na indústria de construção civil, como matéria-prima para fabricação de tijolos, cimento e componentes de tintas com propriedades anticorrosivas (POLAT et al., 2004); como fertilizante na agricultura, sendo utilizadas como cargas de nutrientes, além de algumas espécies possuírem naturalmente quantidades de potássio e baixa proporção de sódio (ÁLVAREZ et al., 2018); na remoção de metais pesados (SHINZATO, 2007); na confecção de curativos para queimaduras (CORDEIRO et al., 2015); na recuperação de metais como prata (BORTOLETTO et al., 2007); na remoção de odores, capturando os compostos nitrogenados e prevenindo a formação dos mesmos (MAIA et al., 2010).

Na alimentação animal, a zeólita proporciona aumento de ganho de peso e nas taxas de crescimento, melhorando a conversão alimentar e reduzindo problemas sanitários, pois também atuam como adsorventes de micotoxina (ROSIM et al., 2018), entre outras utilidades.

Quando se refere à nutrição animal, existem duas características que determinam a efetividade da zeólita. Primeiro sua capacidade de adsorção, pois esse grupo de minerais possui a capacidade de perder e ganhar água reversivelmente. Em segundo lugar está a troca iônica, na qual há um intercâmbio de cátions sem trocas básicas em sua estrutura (GARCÍA, 2010).

Sua utilização na nutrição animal tem como objetivo adsorver água e gases do trato gastrointestinal (TGI) dos animais e, dessa forma, melhorar as características fecais. Como removem 60% da umidade e absorvem mais de 60% de seu peso em água, quando em contato com o solo, reduzem os odores e diminuem a atração de moscas e insetos indesejáveis às fezes (LOWNDES et al., 2018).

A inclusão de zeólita nas rações de aves e suínos proporciona aumento da digestibilidade e absorção dos nutrientes, o que gera melhor eficiência alimentar. Isto ocorre devido à diminuição da velocidade de trânsito do alimento no intestino, ocasionando proteção à mucosa gástrica e intestinal e evitando diarreias (MAIA et al., 2010).

Há relatos na literatura da inclusão de 1% a 6% de aluminossilicato, como aditivo alimentar, na dieta de frangos de corte. Estas inclusões provocaram modificações significativas nos índices de conversão alimentar, crescimento e ganho de peso (BASHA et al., 2016).

A adição de 1% de zeólita às dietas de frangos de corte aos 21 dias de idade melhorou a eficiência alimentar e o ganho de peso das aves (WILLIS et al., 1982). A adição de montmorilonita carregada com Cu^{2+} à dieta de frangos de corte melhorou significativamente a morfologia intestinal e as atividades de fosfatase alcalina, aminopeptidase e maltase na mucosa intestinal, também ocasionando o aumento de peso e melhor eficiência alimentar (MA & GUO, 2008). Assim como, quando adicionado 2% de zeólita clinoptilolita natural e 2% de clinoptilolita modificada na ração de frangos de corte, foram observadas alterações benéficas à morfologia intestinal, como vilosidades intestinais mais altas e aumento da atividade enzimática digestiva, incluindo tripsina, quimotripsina e amilase no intestino delgado de 1 a 42 dias de idade e as contagens de *Escherichia coli* diminuíram com a suplementação de clinoptilolita natural e clinoptilolita modificada do dia 1 ao 21 e do dia 22 a 42, respectivamente (WU et al., 2013).

Quando fornecida zeólita clinoptilolita ao nível de 5% na dieta de galinhas de postura, esta mostrou efeito significativo na eficiência alimentar, produção de ovos, espessura da casca, nível de umidade dos excrementos e mortalidade (OLVER, 1997; GILANI et al., 2016).

Algumas argilas, como a bentonita, são utilizadas na alimentação animal com o mesmo propósito das zeólitas, mas há algumas diferenças entre elas. As argilas são materiais com porosidade permanente, devido à introdução de compostos químicos que atuam como pilares que mantêm as lamelas da argila afastadas, ocasionando a formação de microporos (MACHADO et al., 2018).

Enquanto as zeólitas podem se formar em diversos ambientes geológicos onde haja ativação alcalina de rochas vulcânicas ou associadas às rochas sedimentares ou vulcano/sedimentares, a bentonita é uma rocha composta essencialmente por um argilomineral esmectítico (montmorilonita), formada pela desvitrificação e imediata alteração

química de um material vítreo, de origem ígnea, usualmente um tufo ou cinza vulcânica, ácida de preferência (MENEZES et al., 2009).

2.5 Referências bibliográficas

- ÁLVAREZ, H.J.D.; GONZÁLEZ, R.L. e CRUZ, E.O.A. Evaluación agronómica de fertilizantes de fórmula completa mezclados con zeólita natural en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). **Revista Centro Agrícola**, v.46, n.1, p.24-30, 2019.
- ALVES F.R.S.; SILVA D.D.; BATISTA A.S.S. et al. Desenvolvimento de metodologia analítica utilizando peneiras moleculares para tratamento de águas do município de pedra lavrada-Pb. **Revista Educação, Ciência e Saúde**, v.5, n.1, 2018.
- AZEVEDO, G.S.; SOUZA, J.P.L.; CARDOSO, J.A. et al. Produção de aves em Sistema orgânico. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.10, n.4, p.327-333, 2016.
- BARONI, G.D.; BENEDETI, P.H.; SEIDEL, D.J. Cenários prospectivos da produção e armazenagem de grãos no Brasil. **Revista Thema**, v. 14, n.4, p.55-64, 2017.
- BASHA, H.A.; GOMA, A.A.; TAHA, A.E.; et al. Effect of different forms of natural zeolite (clinoptilolite) on productive performance and behavioral patterns of broiler chicken. **International Journal of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine**, v.4, n. 4, 2016.
- BOCHIO, V.; TAKAHASHI, S.E.; GROFF, P.M. et al. Efeitos da aflatoxina na produção avícola: Revisão. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.11, n.8, p.832-839, 2017.
- BORTOLETTO, E.C.; IGARASHI-MAFRA, L.; CONTRUCCI SORBO, A.C.A. et al. Remoção da prata em efluentes radiográficos. **Acta Scientiarum Technology**, v.29, n.1, p. 37-41, 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 7, de 18 de fevereiro de 2011a. **Análise de resíduos e contaminantes em alimentos**. Diário Oficial da União. 19.02.2011. Brasília, DF.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011b. **Regulamento Técnico do Milho**. Diário Oficial da União. 23.12.2011, Brasília, DF.
- BRETAS, A.A. Inclusão de adsorventes de micotoxinas para leitões. **Revista CES Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 13, n. 1, p.80-95, 2018.
- CARVALHO, C.V.M.; CAMARGO, A.J.; CAMPOS, J.D.R. et al. Zeólita clinoptilolita: estudo da sua interação com íon cálcio usando dinâmica molecular de Car-Parrinello. **Multi-Science Journal**, v.1, n.1, p.115-119, 2015.
- CASAGRANDE, L.E.M.; FREITAS, B.O. e NASCIMENTO, M.F. sistema combinado de flotação por ar dissolvido e filtração adsorptiva em zeólita para tratamento de efluente de reator UASB. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v.12, n.1, p.1-11, 2016.
- CHAVES NETO, J.R.; GUERRA, R.C.; BOSCAINI, R. et al. Desempenho agrônomo e qualidade sanitária de grãos de milho, em função da aplicação foliar de fungicidas. **Revista Científica Rural**, v.20, n.2, p.74-90, 2018.

- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, safra 2018/19**. V.6, n.6, Brasília, DF, 2019, 69p.
- CORDEIRO, P.H.Y.; ZANDONAI, C.H.; SILVA, C.F. et al. Desenvolvimento e caracterização de filmes compósitos de quitosana e zeólitas com prata. **Revista Polímeros**, v.25, n.5, p.492-502, 2015.
- CORIOLOANO, A.C.F.; BARBOSA, A.M.A.; LIMA, A.F.; et al. Aplicações ambientais de zeólitas na indústria do petróleo. **Revista Eletrônica de Petróleo e Gás**, v.3, n.2, p. 9-18, 2015.
- CORTE REAL, G.S.C.P.; COUTO, H.P.; MATOS, M.B. et al. Valores nutricionais do milho de diferentes qualidades para frangas de reposição na fase de recria. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.2, p.546-554, 2014.
- DAL POZZO, M.; VIEGAS, J.; KOZLOSKI, V. et al. Impacto dos adsorventes de micotoxinas eta-glucana ou montmorilonita sobre a fermentação ruminal de bovinos in vitro. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.44, p.1-6, 2016.
- DERSJANT-LI, Y.; VERSTEGEN, M.W.A. AND GERRITS, W.J.J. The impact of low concentrations of aflatoxin, deoxynivalenol or fumonisin in diets on growing pigs and poultry. **Nutrition Research Reviews**, v.16, p.223–239, 2003.
- DHAMA, K.; CHAUHAN, R.S.; MAHENDRAN, M. et al. Aflatoxins- hazard to livestock and poultry production: a review. **Journal of Immunology and Immunopathology**, v.9, n. 1&2, p. 1-5, 2007.
- DIAS, A.S. Micotoxinas em produtos de origem animal. **Revista Científica de Medicina Veterinária**, n.30, v.1, 2018.
- DILKIN, P.; MALLMANN, C.A.; SANTURIO, J.M. et al. Classificação macroscópica, identificação da microbiota fúngica e produção de alfa toxinas em híbridos de milho. **Ciência Rural**, v.30, n.1, p.137-141, 2000.
- DOMENICO, A.S.D.; DANNER, M.A.; BUSSO, C. et al. Análise de trilha da contaminação por aflatoxinas em grãos de milho armazenados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.6, p.441 – 449, 2015.
- DUARTE, S.C; LINO, C.M; PENA, A. Ochratoxin A in feed of food-producing animals: An undesirable mycotoxin with health and performance effects. **Veterinary Microbiology**, v. 154, p. 1-13, 2011.
- FILAZI, A.; YURDAKOK-DIKMEN, B.; KUZUKIRAN, O. et al. Mycotoxins in Poultry. In: **Poultry Science**. 1.ed. Budapest: IntechOpen. 2017. p.73-92.
- FRANK, G.G.C. e RUFINO, J.P.F. **Formulação e Fabricação de Rações (Aves, Suínos e Peixes)**. 1ª Edição. Manaus: EDUA, 2017. 118 p.
- FUNGARO, D.A. & IZIDORO, J.C. Remediação de drenagem ácida de mina usando zeólitas sintetizadas a partir de cinzas leves de carvão. **Química Nova**, V.29, n.4, p.735-740, 2006.
- FUNGARO, D.A; FLUES, M.S.M. e CELEBRONI, A.P. Estabilização de solo contaminado com zinco usando zeólitas sintetizadas a partir de cinzas de carvão. **Química Nova**, v.27, n.4, p.582-585, 2004.

- GARCÍA, H.C. La aplicación de Zeolita en la producción avícola: Revisión. **Revista de Investigación Agraria y Ambiental**, v.1, n.1, p.17-23, 2010.
- GHAREEB, K.; AWAD, W.A.; BÖHM, J. et al. Impacts of the feed contaminant Deoxynivalenol on the intestine of monogastric animals: poultry and swine. **Journal of Applied Toxicology**, v.35, p.327-337, 2015.
- GILANI, A.; KERMANSHAHI, H.; GOLIAN, A.; et al. Appraisal of the impact of aluminosilicate use on the health and performance of poultry. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 40, p.255-262, 2016.
- GOMES, M.S.; PINHO, R.G.V.; RAMALHO, M.A.P.; et al. Variabilidade genética em linhagens de milho nas características relacionadas com a produtividade de silagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n. 39, v. 9, p. 879-885, 2004.
- GUTERRES, K.; SILVA, C.; GIORDANI, C. et al. Surto de aflatoxicose aguda em cães no município de Pelotas/RS. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.37 n.11, p.1281-1286, 2017.
- IAMANAKA, B.T.; OLIVEIRA, I.S. & TANIWAKI, M.H. Micotoxinas em alimentos. In: ACADEMIA PERNAMBUCANA DE CIÊNCIA AGRONÔMICA, 7., 2013, Recife. **Anais...** Recife: Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, 2013, p.138.
- JAGER, A.V.; TEDESCO, M.P.; SOUTO, P.C.M.C. et al. Assessment of aflatoxin intake in São Paulo, Brazil. **Food Control**, v.33, n.1, p.87-92, 2013.
- KANEKO, J. J., HARVEY, J. W. & BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5th ed. San Diego: Academic Press, 2008. 904 p.
- KATSURAYAMA, A.M. & TANIWAKI, M.H. Fungos e aflatoxinas no arroz: ocorrência e significado na saúde do consumidor. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.20, e2017006, 2017.
- KNUTSEN, H.K.; BARREGARD, L.; BIGNAMI, M. et al. Appropriateness to set a group health based guidance value for nivalenol and its modified forms. **EFSA Journal**, v.15, n.4, p.4751, 2017.
- KOBASHIGAWA, E.; CORASSIN, C.H.; FRANCO, L.T.; et al. Aflatoxins and fumonisins in feed from a broiler operation system from São Paulo state, Brazil. **Ciência Rural**, v.49, n.2, 2019.
- KÓCSÓ, D.J.; SZABÓ-FODOR, J.; MÉZES, M. et al. Fumonisin b1 exposure increases hsp70 expression in the lung and kidney of rats without inducing significant oxidative stress. **Acta Veterinaria Hungarica**, v.66, n.3, p.394-407, 2018.
- KOSICKI, R.; BŁAJET-KOSICKA, A.; GRAJEWSKI, J. et al. Multiannual mycotoxin survey in feed materials and feedingstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v.215, p.165-180, 2016.
- KRÜGER, C.D.; SOBREIRO, L.G.; TORTELLY, R. et al. Níveis séricos de ocratoxina A e lesões em suínos no Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v.37, n.3, p.198-202, 2015.

- LACERDA, L.V.; BERUTTI, F.A.; ALVES, A.K. Síntese e caracterização de zeólitas obtidas a partir de cinzas volantes de carvão. **Revista Tecno-lógica**, v.20, n.1, p.33-38, 2016.
- LOWNDES, F. G.; SABCHUK, T. T.; SOUZA, C. M. M., et al. Avaliação da forma de inclusão de zeólita e do nível de consumo sobre a digestibilidade da dieta e as características fecais de cães. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.70, n.3, p.888-896, 2018.
- MA, Y.L. & GUO, T. Intestinal morphology, brush border and digesta enzyme activities of broilers fed on a diet containing Cu²⁺-loaded montmorillonite. **British Poultry Science**, v.49, n.1, 2008.
- MACHADO, M.C.P.; LANGBEHN, J.T.; OLIVEIRA, C.M.; et al. Estudo do comportamento e caracterização de argilas bentoníticas após processo de liofilização. **Cerâmica**, v.64, n.370, p.207-2013, 2018.
- MAGAN, N.; ALDRED, D. Post-harvest control strategies: minimizing mycotoxins in the food chain. **International Journal of Food Microbiology**, v.119, p.131-139, 2007.
- MAIA, G.V.C.; SAAD, F.B.; CHIZZOTTI, A.F.; et al. Níveis crescente de zeólitas (clinoptilolita) e *Yucca schidigera* em rações de cães - influência na digestibilidade e escore fecal. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 04, n. 01, p. 29 – 35, 2010.
- MAIA, G.V.C.; SAAD, F.M.O.B.; ROQUE, N.C. et al. Zeólitas e *Yucca schidigera* em rações para cães: palatabilidade, digestibilidade e redução de odores fecais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p.2442-2446, 2010.
- MANAFI, M. PIRANY, N. NOOR ALI, M. et al. Experimental pathology of T-2 toxicosis and mycoplasma infection on performance and hepatic functions of broiler chickens. **Poultry Science**, v.94, p.1483–1492, 2015.
- MENEZES, R.R.; SOUTO, P.M.; SANTANA, L.N.L.; et al. Argilas bentoníticas de Cubati, Paraíba, Brasil: caracterização física-mineralógica. **Cerâmica**, v.55, n.334, p.163-169, 2009.
- MINAFRA, C.S.; RODRIGUES, D.R.; VACCARI, I.C.M. et al. Lesões orais em frangos de corte provocadas por micotoxinas do milho: Revisão. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.12, n.7, p.1-11, 2018.
- MURUGESAN, G.R.; LEDOUX, D.R.; NAEHRER, K. et al. Prevalence and effects of mycotoxins on poultry health and performance, and recent development in mycotoxin counteracting strategies. **Poultry Science**, v.94, p.1298–1315, 2015.
- OLIVEIRA, F.; FRANÇA, P.M.; PIEROZA, M.K. et al. Principais micotoxinas que afetam a produção de alimentos. **Revista de Agronomia e Medicina Veterinária IDEAU**, v.02, n.03, 2015.
- OLIVEIRA, J.P.; CHAVES, L.J.; DUARTE, J.B. et al. Teor de proteína no grão em populações de milho de alta qualidade proteica e seus cruzamentos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.34, n.1, p.45-51, 2004.
- OLVER, M.D. Effect of feeding clinoptilolite (zeolite) on the performance of three strains of laying hens. **British Poultry Science**, v.38, n.2, 1997.

- PARAGINSKI, R.T.; ROCKENBACH, B.A.; SANTOS, R.F. et al. Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.4, p.358–363, 2015.
- PARK, C.E.; KIM, Y.S.; PARK, K.J. et al. Changes in physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures. **Journal of Stored Products Research**, v.48, p.25-29, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2011.08.005>.
- PATERSON, R.R.M.; LIMA, N. How will climate change affect mycotoxins in food? **Food Research International**, v.43, p.1902-1914, 2010.
- POLAT, E.; KARACA, M.; DEMIR, H.; et al. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, v. 12, 2004.
- PRESTES, I.D.; ROCHA, L.O.; NUÑEZ, K.V.M.; et al. Principais fungos e micotoxinas em grãos de milho e suas consequências. **Scientia Agropecuaria**, n.10, v.4, p.559 – 570, 2019.
- RABELO, C.E.N. & NOGUEIRA, A.C.R. O sistema desértico úmido do jurássico superior da Bacia do Parnaíba, na região entre Formosa da Serra Negra e Montes Altos, Estado do Maranhão, Brasil. **Revista do Instituto de Geociências**, v.15, n.3/4, p.3-21, 2015.
- RAFAL, P.; PETTERSSON, H.; BATA, A. et al. Effect of dietary T-2 fusariotoxin concentrations on the health and production of white Pekin duck broilers. **Poultry Science**, v.79, p.1548–1556, 2000.
- RAOTA, C.S.; GIOVANELA, M. Análise quantitativa de aflatoxinas b1, b2, g1 e g2 em ração para aves de corte por cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por fluorescência. **Scientia Cum Industria**, v.4, n.3, p.148-153, 2016.
- RAUBER, R.H.; OLIVEIRA, M.S.; MALLMANN, A.O.; et al. Effects of fumonisin B1 on selected biological responses and performance of broiler chickens. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.33, n.9, p.1081-1086, 2013.
- REIS, F.D.; LEÃO, V.A. e CUNHA, E.C. Caracterização tecnológica de uma zeólita exaurida, para remoção de íons Mn²⁺. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, v.15, n.2, p.122-128, 2018.
- REIS, J.S.; XAVIER, E.G.; ROSSI, P. et al. Efeitos dos tricotecenos na avicultura e métodos de controle. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.6, n.23, p.1-17, 2012.
- REISINGER, N.; DOHNAL, I.; NAGL, V. et al. Fumonisin B1 (FB1) Induces Lamellar Separation and Alters Sphingolipid Metabolism of In Vitro Cultured Hoof Explants. **Toxins**, n.8, v.89, p.1-11, 2016.
- RESANOVIC, R.M.; NEŠIC, K.D.; NESIC, V.D. et al. Mycotoxins in poultry production. **Matica Srpska Proceedings for Natural Science**, v.116, p.7–14, 2009.
- ROSIM, R.E.; OLIVEIRA, C.A.F.; CORASSIN, C.H. Aflatoxina M1 e Aflatoxina B1-lisina como Biomarcadores de Avaliação da Eficiência de Adsorventes para Aflatoxinas: Artigo de Revisão. **Ensaio**, v.22, n.3, p.171-178, 2018.

- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, L.F.T.; et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4ª ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 488 p., 2017.
- SANTOS, J.S.; OKANOB, W.; ARRAISB, B.C.D. et al. Aflatoxina M1 em produtos lácteos e uso de bactérias ácido lácticas para biocontrole em leite. **UNICIÊNCIAS**, v.18, n.1, p.51-56, 2014.
- SANTURIO, J.M. Micotoxinas e micotoxicoses na avicultura. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.2, p.1-12, 2000.
- SCHNEIDER, A.F.; ZIMMERMANN, O.F.; GEWEHR, C.E. Zeolites in poultry and swine production. **Ciência Rural**, v.47, n.08, p.1-8, 2017.
- SCHUH, G.; GOTTARDI, R.; FERRARI FILHO, E. et al. Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha-RS, armazenados por 6 meses. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, p.235-244, 2011.
- SCHWARTZ-ZIMMERMANN, H.E.; BINDERA, S.B.; HAMETNER, B. et al. Metabolism of nivalenol and nivalenol-3-glucoside in rats. **Toxicology Letters**, v.306, p.43-52, 2019.
- SCOTTA, B.A.; ALBINO, L.F.; BRUSTOLINI, P.C. et al. Determinação da composição química e dos valores de energia metabolizável de alguns alimentos proteicos para frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v.17, n.4, p.501-508, 2016.
- SHINZATO, M.C. Remoção de metais pesados em solução por zeólitas naturais: revisão crítica. **Revista do Instituto Geológico**, v.27-28, n.1/2, p.65-78, 2007.
- SHINZATO, M.C.; MONTANHEIRO, T.J.; JANASI, V.A. Caracterização tecnológica das zeólitas naturais associadas às rochas eruptivas da Formação Serra Geral, na região de Piraju-Ourinhos (SP). **Revista Brasileira de Geociências**, v.38, n.3, p.525-532, 2008.
- SHINZATO, M.C.; EZAKI, S.; SARAIVA, I.C.G.; et al. Métodos de remoção de íons fluoreto em água. **Revista do Instituto Geológico**, v.39, n.2, p.71-89, 2018.
- SILVESTRE, A. H.O.; VIEIRA, E. B.; BARRETO, L. S., Importância das zeólitas na indústria do petróleo e no craqueamento em leito fluidizado (fcc). **Bolsista de Valor: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**, v.2, n.1, p.63-75, 2012.
- SOBRANE FILHO, S.T.; JUNQUEIRA, O.M.; LAURENTIZ, A.C. et al. Effects of mycotoxin adsorbents in aflatoxinB1- and fumonisin B1-contaminated broiler diet on performance and blood metabolite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, n.5, p.250-256, 2016.
- STRINGHINI, J.H.; MOGYCA, N.S.; ANDRADEM M.A. et al. Efeito da qualidade do milho no desempenho de frangos de corte. **Revista Brasileira da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.191-198, 2000.
- SWAMY, H.V.; SMITH, T.K.; COTTER, P.F. et al. Effects of feeding blends of grains naturally contaminated with Fusarium mycotoxins on production and metabolism in broilers. **Poultry Science**, v.81, p.966-975, 2002.

- TESSARI, E.N.C.; KOBASHIGAWA, E.; CARDOSO, A.L.S.P. et al. Effects of Aflatoxin B1 and Fumonisin B1 on Blood Biochemical Parameters in Broilers. **Toxins**, v.2, p.453-460, 2010.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Agricultural Statistics 2017**. Washington, DC, 2017, 512p.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. **Mineral commodity summaries 2019**. Reston, Virginia, 2019, 200p. Disponível em: <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/zeolites/>, 2019>. Acesso dia 12/04/2019.
- WILLIS, W.L.; QUARLES, C.L.; FAGERBERG, D.J.; et al. Evaluation of zeolites fed to male broiler chickens. *Poultry Science*, v.61, n.3, p. 438-442, 1982.
- WU, Q.J.; ZHOU, Y.M.; WU, Y.N.; et al. Intestinal development and function of broiler chickens on diets supplemented with clinoptilolite. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.26, n.7, p.987-994, 2013.
- ZAIN, M.E.; Impact of mycotoxins on humans and animals. **Journal of Saudi Chemical**, v.15, p.129-144, 2011.
- ZANIN, E.; SCAPINELLO, J.; OLIVEIRA, M. et al. Adsorção de metais residuais do efluente de indústria gráfica em clinoptilolita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 10., 2014, Florianópolis. **Anais...** Santa Catarina: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2014. 8p.

3 ZEÓLITA CLINOPTILOLITA EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE COM DOIS TIPOS DE MILHOS

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização da zeólita clinoptilolita como adsorvente de micotoxina em rações de frangos de corte. No experimento I foi realizado um ensaio de metabolismo utilizando 150 aves de 14 a 24 dias de idade, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos foram constituídos por uma ração referência (RR), e duas rações com substituição de 40%, por dois diferentes tipos de milho (1 e 2). A composição bromatológica, na matéria natural, do milho 1 foi 86,94% de matéria seca (MS), 7,6% de proteína bruta (PB), 3899 kcal kg⁻¹ de energia bruta (EB) e 1,19% de matéria mineral (MM) e do milho 2 foi de 87,31% MS, 7,09% PB, 3906 kcal kg⁻¹ (EB) e 1,25% MM. No experimento II, 1275 frangos de corte machos foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2x3, constituído de dois tipos de milho e a inclusão de zeólita clinoptilolita (0; 5000 e 10000 g ton⁻¹). No período de 1 a 21 dias houve interação (P<0,05) entre os tipos de milho e a inclusão de zeólita para conversão alimentar (CA). Na fase de 1 a 42 dias de idade houve interação (P<0,05) entre os tipos de milho e os níveis de inclusão de zeólita sobre os níveis sérico de creatinina (CREA), níveis de energia bruta digestível (EBdig), sobre a análise visual e frequência de lesão severas do fígado aos 42 dias. No período de 1 a 42 dias o milho 2 foi o responsável pela queda no ganho de peso (GP), além do aumento (P<0,05) da quantidade de gordura abdominal e aumento da frequência de lesão severa no fígado. Os níveis de inclusão de zeólita foram responsáveis pelo aumento (P<0,05) da PB digestível e MM digestível, assim como pelo aumento (P<0,05) do peso de pâncreas e do rendimento de carcaça quente. O milho tipo 2 apresentou pior desempenho das aves, aumentou a quantidade de gordura abdominal e promoveu piora na aparência macroscópica do fígado aos 42 dias de idade.

Palavras-chave: avicultura, metabolismo, micotoxina, histopatologia.

3 ZEOLITE (CLINOPTILOLITE) IN FEED FOR CHICKENS WITH TWO TYPES OF CORN

Abstract - The objective of this work was to evaluate the use of zeolite as a mycotoxin adsorbent in broiler diets. In experiment I, a metabolism assay was performed using 150 birds from 14 to 24 days of age, distributed in a completely randomized design. The treatments consisted of a reference diet (RR), and two diets with 40% substitution for two different types of corn (1 and 2). The chemical composition, in the natural matter, of corn 1 was 86.94% of dry matter (MS), 7.6% of crude protein (PB), 3899 kcal kg⁻¹ of crude energy (EB) and 1.19% mineral matter (MM) and corn 2 was 87.31% MS, 7.09% PB, 3906 kcal kg⁻¹ (EB) and 1.25% MM. In experiment II, 1275 male broilers were distributed in a completely randomized design in a 2x3 factorial arrangement, consisting of two types of corn and the inclusion of zeolite (0; 5000 and 10000 g ton⁻¹), in the period from 1 to 21 days there was an interaction ($P<0.05$) between the types of corn and the inclusion of zeolite for feed conversion (CA). In the phase from 1 to 42 days of age, there was an interaction ($P<0.05$) between the types of corn and the levels of inclusion of zeolite on the serum levels of creatinine (CREA), levels of digestible crude energy (EBdig), on visual analysis and frequency of severe liver damage at 42 days. In the period from 1 to 42 days, corn 2 was responsible for the decrease in weight gain (GP) and increase ($P<0.05$) in the amount of abdominal fat and increased frequency of severe injury in the liver. The inclusion levels of zeolite were responsible for the increase ($P<0.05$) of the digestible PB and digestible MM, as well as for the increase ($P<0.05$) in the weight of the pancreas and hot carcass yield. Corn 2 showed worse performance in birds, increased the amount of abdominal fat and worsened the macroscopic appearance of the liver at 42 days of age.

Keywords: poultry farming, metabolism, mycotoxin, histopathology.

3.1 Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é o cereal mais produzido no mundo e amplamente utilizado nas formulações de rações para aves e suínos, devido à grande quantidade de lipídeos e carboidratos em sua composição. Para que haja um bom aproveitamento deste cereal pelos animais, os grãos de milho precisam ser de boa qualidade.

A qualidade dos grãos está associada à integridade dos mesmos em relação à presença de impurezas, micotoxinas, trincas e fissuras, teor de umidade e grãos ardidos, carunchados, chochos, etc., e densidade específica. As variáveis relacionadas à qualidade dos grãos podem ser influenciadas pela variedade genética da planta, além das diferentes etapas do beneficiamento dos grãos como plantio, colheita, transporte e armazenagem (SILVA et al., 2011).

Grande parte das perdas de alimentos no mundo é devida à presença de fungos e à contaminação por micotoxinas. No Brasil, a aplicação de práticas agrícolas inadequadas de plantio, colheita, secagem, transporte e armazenagem de cereais e de grãos propicia a contaminação e o desenvolvimento de fungos. Esta contaminação ocasiona grandes perdas na produtividade animal, gerando impacto econômico e riscos à saúde humana (ROSIM et al., 2018).

Entre os fungos presentes na produção de milho, podemos citar os fungos de campo como os dos gêneros *Fusarium*, *Alternaria*, *Helminthosporium* e *Cladosporium*, e os de armazenamento como os do gênero *Penicillium* e *Aspergillus*. Todos eles danificam a aparência e depreciam o valor comercial dos grãos, além de produzirem micotoxinas que afetam o desempenho das aves (STRINGHINI et al., 2000).

A clinoptilolita é uma zeólita que ocorre naturalmente e pertence a uma família de minerais de aluminossilicatos cristalinos. Eles possuem uma estrutura porosa tridimensional, responsável por capacidade específica de troca catiônica (NIKOLAKAKIS et al., 2013).

As zeólitas apresentam três propriedades essenciais: absorção de água, adsorção de íons e capacidade de troca iônica. A adsorção pode ser definida como uma aderência de um soluto à superfície de uma superfície sólida do material. Essa propriedade está diretamente relacionada ao conceito de peneira molecular, atribuída à estrutura de microporos das zeólitas e à capacidade de adsorção seletiva de moléculas e íons (SCHNEIDER et al., 2017).

A pesquisa sobre zeólitas na indústria avícola concentrou-se no desempenho, ambiente e redução de poluentes, e no uso de zeólitas como aditivo em alimentos para animais e em adubação e excrementos. (NIKOLAKAKIS et al., 2013).

Diante disso, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar diferentes inclusões de zeólita clinoptilolita em rações de frangos de corte contendo dois milhos diferentes.

3.2 Material e métodos

Para a realização deste trabalho foram utilizados dois tipos de milho, os quais foram selecionados de acordo com a classificação, realizada conforme seu aspecto visual, e amostrados. As amostras dos milhos foram encaminhadas para o Laboratório da Cooperativa Lar, onde foram moídas, homogeneizadas e analisadas para a presença de micotoxina e composição química. As análises bromatológicas foram realizadas utilizando o equipamento NIRS (Bruker- Matrix 1), no qual a amostra moída é colocada sobre luz infravermelha, mostrando o resultado da análise em curvas, que são lidas pelo programa de computador Opus, que faz a medição dos componentes da amostra. A quantificação e classificação das micotoxinas presentes nos dois milhos foi realizada por kit comercial de ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay).

Após a seleção e análise dos dois tipos de milhos (1 e 2), que possuem composições bromatológicas diferentes e níveis diferentes de micotoxina (Tabela 1), estes foram utilizados para determinar os valores de energia metabolizável. De posse dos resultados dos valores energéticos dos milhos, estes foram utilizados nas composições das rações dos experimentos de desempenho.

Tabela 1. Composição bromatológica e quantidade de micotoxinas de dois diferentes milhos

Milho	MS	PB	MM	EB	FUM	DON	ZEA	AFLA
	%			kcal kg ⁻¹		µg kg ⁻¹		
1	86,94	7,60	1,19	3899	>6000	0	0	0
2	87,31	7,09	1,25	3906	4200	160	0	0

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; MM: matéria mineral; EB: energia bruta; FUM: fumonisina; DON: desoxinivalenol; ZEA: zearalenona; AFLA: aflatoxinas.

3.2.1 Metabolismo

Para determinação dos valores energéticos dos milhos foi utilizado o método de coleta total de excretas com frangos de corte na fase de crescimento (SIBBALD; SLINGER, 1963). Um total de 150 pintos de corte, machos, da linhagem Cobb 500[®], com 14 dias de idade e peso médio de $436 \pm 8\text{g}$, foram alojados em gaiolas metabólicas de arame galvanizado equipados com comedouros tipo calha e bebedouros tipo *nipple*.

De 1 a 14 dias de idade as aves foram criadas em um galpão convencional para frangos de corte, recebendo ração pré-inicial, formulada a base de milho e farelo de soja e água *ad libitum*. Aos 14 dias de idade, as aves foram pesadas individualmente e distribuídas de acordo com o peso em um delineamento inteiramente casualizado em 3 tratamentos, 10 repetições e 5 aves por unidade experimental (UE). Os tratamentos foram constituídos por uma ração referência (RR), e duas rações teste, sendo que o milho utilizado nas rações teste foi substituído em 40% por diferentes milhos (1 e 2). A substituição foi realizada em peso por peso (g g^{-1}). A RR (Tabela 2) foi formulada à base de milho e farelo de soja, de acordo com os valores da composição química dos alimentos, e exigências nutricionais para frangos de corte machos de desempenho médio, para fase inicial (8 a 21 dias), seguindo as recomendações propostas por Rostagno et al. (2017).

Durante todo período experimental as rações foram fornecidas duas vezes ao dia, sempre mantendo os comedouros com ração e evitando o desperdício e acesso livre à água. As aves foram mantidas em ambiente climatizado com temperatura controlada, de acordo com o recomendado pelo manual da linhagem (19 a 23°C). O arraçamento e coleta de excretas seguiram os procedimentos descritos por Sakomura e Rostagno (2016).

O período experimental teve duração de dez dias, sendo cinco dias de adaptação às gaiolas e às rações experimentais e cinco dias para coleta total de excretas. Para realizar a coleta das excretas foram utilizadas bandejas metálicas revestidas com plástico, localizadas abaixo de cada UE. As coletas foram realizadas duas vezes ao dia, em intervalos de 12 horas a fim de evitar fermentações e diminuir a contaminação por escamações, penas e ração. Após cada coleta, as excretas foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificados, e armazenadas a -20°C.

Ao fim do período experimental foram determinados o consumo de ração e a quantidade total de excretas produzidas por UE. Posteriormente, as excretas foram descongeladas, homogeneizadas e pesadas, sendo coletada uma amostra de cada UE e realizada a pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 72h. Em seguida, as amostras foram pesadas e moídas em moinho tipo bola. Juntamente com as excretas secas,

sendo que amostra da RR e dos milhos 1 e 2, foram encaminhados ao Laboratório de Nutrição Animal da Unioeste para determinação da matéria seca (MS), nitrogênio total (NT) e energia bruta (EB).

As análises de MS e NT foram realizadas segundo as metodologias 930.15 e 955.04, descritas pela AOAC (1990). Para a determinação da energia bruta, as amostras foram submetidas à combustão em bomba calorimétrica, no equipamento IKA[®] C200, de avaliação isoperibólica, com precisão de 0,001°C. Para esta análise, foi utilizado aproximadamente 0,90g de amostra, que foi depositada em um cadinho e colocada dentro da bomba calorimétrica, juntamente com o fio de ignição e 5ml de água destilada para a calibração. Para a combustão acrescentou-se 30 bar de gás oxigênio no recipiente de combustão.

De acordo com o consumo de ração, produção de excretas e os resultados das análises de MS, NT e EB, foram calculados os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e EMA corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMA_n), utilizando as equações propostas por Matterson et al. (1965). Com os valores de energia metabolizável e de energia bruta, foram calculados os coeficientes de metabolizabilidade aparente (CMA) e CMA corrigido pelo balanço de nitrogênio (CMA_n) da energia bruta para os milhos 1 e 2.

Os valores de EMA e EMA_n e seus respectivos coeficientes de metabolizabilidade foram submetidos a análise de variância (ANOVA) utilizando o PROC GLM do programa computacional SAS (SAS Institute, versão 9.0, 2009). O procedimento estatístico utilizado foi o teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2. Composição percentual e calculada das rações experimentais para frangos de corte de 14 a 24 dias alimentados com diferentes tipos de milho

Ingredientes	(%)
Milho grão (8,80%)	55,77
Soja farelo (46%)	37,42
Óleo de soja	2,97
Fosfato monobicálcico	1,56
Calcário calcítico	1,01
Sal comum	0,400
DL-Metionina (98%)	0,286
Lisina (51,7%)	0,273
L-Treonina (99%)	0,046
Suplemento vitamínico ¹	0,120
Suplemento mineral ¹	0,050
Anticoccidiano ²	0,065
Antioxidante (BHT)	0,020
Antimicrobiano ³	0,001
Total	100,0
Composição Calculada (%)	
EM (kcal kg ⁻¹)	3050
Proteína bruta	22,0
Met+Cis digestível	0,876
Lisina digestível	1,217
Treonina digestível	0,791
Triptofano digestível	0,254
Valina digestível	0,918
Isoleucina digestível	0,895
Arginina digestível	1,380
Sódio	0,172
Potássio	0,863
Cálcio	0,841
Fósforo disponível	0,400

¹ Vitamin premix for birds. Levels per kilogram product: Vit. A (min) 2.7g, Vit. D3 (min) 0.75g, Vit. E (min) 0.06g, Vit. K3 (min) 2.5g, Vit. B1 (min) 1.5mg, Vit. B2 (min) 6g, Vit. B6 (min) 3g, Vit. B12 (min) 0.0012µg, Pantothenic acid (min) 12g, Niacin (min) 25g, Folic acid (min) 800mg, Biotin (min) 60mg, Selenium (min) 0.25g, Mineral premix for birds. Levels per kilogram product: Copper (min) 20g, Iron (min) 100g, Manganese (min) 160g, Cobalt (min) 2g, Iodine (min) 2g, Zinc (min) 100g. ²Coxistac – salinomicina 12%. ³Surmax 100 – avilamincina 10%.

3.2.2 Desempenho Zootécnico

A estrutura do aviário experimental utilizado foi construída em alvenaria, no sentido Leste-Oeste, com 20 metros de comprimento e 8 metros de largura, sendo seu interior dividido em 60 boxes de 1,76m². Cada box dispunha de bebedouro tipo *nipple*, comedouro tubular, fonte para aquecimento (resistência 250 watts) e piso de concreto, recoberto com uma camada de aproximadamente 10 cm de cama de maravalha de pinus de primeiro uso.

Foram utilizados 1275 frangos de corte machos da linhagem Cobb® 500, com 1 dia de idade ($43,48 \pm 0,63\text{g}$), distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2×3 . Os fatores em estudo foram dois tipos de milho (1 e 2) e a inclusão de zeólita clinoptilolita (0; 5000 e 10000 g ton^{-1}), com 8 repetições.

As rações foram fornecidas na forma farelada (Tabela 3) e formuladas à base de milho e farelo de soja. Os valores de composição química dos milhos (1 e 2) e do farelo de soja utilizado para a elaboração das rações foram analisados pelo equipamento NIRS (Cooperativa Lar) e os valores de EMA_n utilizados para os milhos (1 e 2) foram, respectivamente, 3174 kcal kg^{-1} e 3155 kcal kg^{-1} , na matéria natural.

As exigências nutricionais utilizadas para formulação das rações experimentais, foram baseadas nas recomendações utilizadas pela Cooperativa Agroindustrial Copagril, para as fases de: 1 a 7 (pré-inicial), 8 a 21 (inicial), 22 a 28 (crescimento 1), 29 a 35 (crescimento 2) e 36 a 42 dias de idade (terminação). A utilização da zeólita clinoptilolita foi realizada em peso por peso (g g^{-1}) em substituição ao material inerte (areia) presente na formulação. As rações de terminação foram suplementadas com 1 kg ton^{-1} de celite, para determinação do coeficiente de indigestibilidade.

Tabela 3. Composição percentual e calculada da dieta basal de frangos de corte contendo dois tipos de milho e concentrações de adsorventes para micotoxinas

Ingredientes (Kg)	1 a 7 dias		8 a 21 dias		22 a 28 dias		29 a 35 dias		36 a 42 dias	
	M 1	M 2	M 1	M 2	M 1	M 2	M 1	M 2	M 1	M 2
Milho 1 (8,0%)	507,30	0,00	511,90	0,00	574,10	0,00	600,80	0,00	639,10	0,00
Milho 2 (7,5%)	0,00	493,30	0,00	498,90	0,00	557,80	0,00	583,30	0,00	620,40
Farelo de Soja (48 %)	361,00	372,00	331,00	341,00	271,00	283,00	250,00	263,00	223,00	237,00
Óleo de Soja	50,68	54,32	76,67	80,34	74,80	78,90	71,90	76,20	67,00	71,60
Farinha de Carne e Ossos (45%)	47,0	47,0	52,00	52,00	52,00	53,00	49,00	50,00	42,00	43,00
Calcário Calcítico (38,5 %)	4,40	4,10	4,27	3,96	4,56	4,22	4,61	4,25	4,50	4,12
Fosfato Bicálcico	2,50	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DL-Metionina (99%)	3,94	4,01	3,31	3,38	2,89	2,97	2,81	2,90	2,64	2,73
Lisina Sulfato (51,7%)	3,83	3,45	2,69	2,31	2,85	2,42	3,41	2,96	3,67	3,19
L-Treonina 98%	1,05	1,01	0,77	0,72	0,73	0,68	0,81	0,76	0,83	0,77
Sal comum	3,90	3,89	3,11	3,10	3,13	3,11	2,66	2,65	2,35	2,34
Cloreto de Colina (60%)	0,88	0,84	0,74	0,69	0,70	0,65	0,79	0,73	0,81	0,76
Blend enzimático ¹	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Supl. Vitaminico ²	1,30	1,30	1,30	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Supl. Mineral ³	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
ADISODIUM ⁴	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	1,35	1,35
Enracima 8% ⁵	0,10	0,10	0,10	0,10	0,06	0,06	0,06	0,06	0,00	0,00
Salinomicina 12% ⁶	0,55	0,55	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,50	0,00	0,00

Inerte ⁷	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Celite ^{TM8}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
Total	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Composição calculada (%)										
Energia metabolizável (kcal kg ⁻¹)	3049	3050	3229	3231	3279	3280	3290	3290	3300	3299
Proteína bruta (PB)	23,7	23,7	22,4	22,4	20,1	20,1	19,2	19,3	18,0	18,0
Metionina digestível	0,707	0,713	0,631	0,637	0,566	0,573	0,549	0,557	0,520	0,528
Lisina digestível	1,330	1,330	1,202	1,198	1,071	1,071	1,049	1,049	0,990	0,991
Treonina digestível	0,861	0,860	0,793	0,791	0,711	0,711	0,690	0,690	0,652	0,652
Triptofano digestível	0,256	0,251	0,240	0,235	0,212	0,206	0,202	0,197	0,189	0,183
Leucina digestível	1,731	1,698	1,650	1,615	1,519	1,482	1,471	1,433	1,407	1,368
Isoleucina digestível	0,940	0,944	0,885	0,887	0,780	0,784	0,741	0,746	0,690	0,696
Arginina digestível	1,481	1,501	1,400	1,417	1,232	1,255	1,167	1,193	1,077	1,105
Sódio	0,230	0,230	0,200	0,200	0,200	0,200	0,180	0,180	0,180	0,180
Cloro	0,335	0,334	0,288	0,286	0,289	0,288	0,261	0,260	0,238	0,237
Potássio	0,917	0,935	0,861	0,877	0,758	0,778	0,721	0,743	0,673	0,697
Cálcio	0,980	0,971	0,965	0,956	0,961	0,961	0,924	0,925	0,842	0,842
Fósforo Disponível	0,503	0,498	0,483	0,478	0,480	0,481	0,462	0,463	0,421	0,421

¹ Amilase 400000U; Fitase 2000000 U; Protease 8000000 U; Xilanase 4976000 U; Glucanase 1216000U. ² Levels per kilogram product: Vit. A (min) 2.7g, Vit. D3 (min) 0.75g, Vit. E (min) 0.06g, Vit. K3 (min) 2.5g, Vit. B1 (min) 1.5mg, Vit. B2 (min) 6g, Vit. B6 (min) 3g, Vit. B12 (min) 0.0012µg, Pantothenic acid (min) 12g, Niacin (min) 25g, Folic acid (min) 800mg, Biotin (min) 60mg, Selenium (min) 0.25g. ³ Levels per kilogram product: Copper (min) 20g, Iron (min) 100g, Manganese (min) 160g, Cobalt (min) 2g, Iodine (min) 2g, Zinc (min) 100g. ⁴ Sulfato de sódio, 32% sódio e 22% enxofre. ⁵ Enradin 8%. ⁶ Coxistac 12%. ⁷ Areia. ⁸ Cinza ácido insolúvel.

O consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) foram avaliados aos 7, 21 e 42 dias de idade, sendo realizada a pesagem das aves e das sobras de ração. A mortalidade foi verificada diariamente para a realização das correções na conversão alimentar e no consumo de ração (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016).

Para avaliação dos parâmetros sanguíneos aos 20 e 41 dias de idade, 2 aves por UE foram mantidas em jejum de 6 horas para a colheita de 5ml de sangue via punção da veia ulnar, utilizando sistema a vácuo com tubos sem anticoagulante. Após a coleta e repouso em decúbito horizontal por 15 minutos o sangue foi centrifugado por 10 minutos a 2500 rpm para a separação do soro, o qual foi armazenado em microtubos de centrifugação capacidade de 2ml e armazenados a -20°C para posteriores análises (NUNES et al., 2018). Para realização das leituras, as amostras foram descongeladas a temperatura de 4 a 8°C, permanecendo em geladeira por 24 horas e após este período foram centrifugadas em micro centrífuga para retirada de possível hemólise. As leituras dos teores de AST (aspartato aminotransferase), ALT (alanina aminotransferase), GammaGT (gama glutamil transferase), creatinina, proteínas totais e albumina foram realizadas utilizando analisador bioquímico automático por espectrofotometria pelo equipamento EL200 da marca Elitech[®], utilizando reagentes, calibradores (Elical II) e padrões de aferição (Elitrol I) da marca Elitech[®].

Para a determinação do peso relativo dos órgãos do trato gastrointestinal (fígado e pâncreas), aos 21 e 42 dias de idade, duas aves por UE foram eutanasiadas por deslocamento cervical e necropsiadas para a retirada dos órgãos. Após a retirada dos órgãos, estes foram pesados em balança de precisão (0,0001g) e o peso relativo de cada órgão foi obtido pela fórmula: (peso órgão/peso vivo) x 100, expressos em porcentagem.

O fígado retirado aos 21 e 42 dias de idade, após pesagem, foi analisado para coloração visual, sendo classificados dentro de 4 scores, onde: 0) cor normal (marrom-avermelhado), 1) ligeiramente amarelado, 2) amarelado, 3) pálido amarelado. A coloração de marrom-avermelhado a amarelo foi definida em função do grau de saturação de gordura presente no órgão. Para realização desta análise, os fígados retirados das aves foram identificados e sobrepostos em uma folha de papel A4 para registro fotográfico e posterior análise de coloração (FIGURA 1).

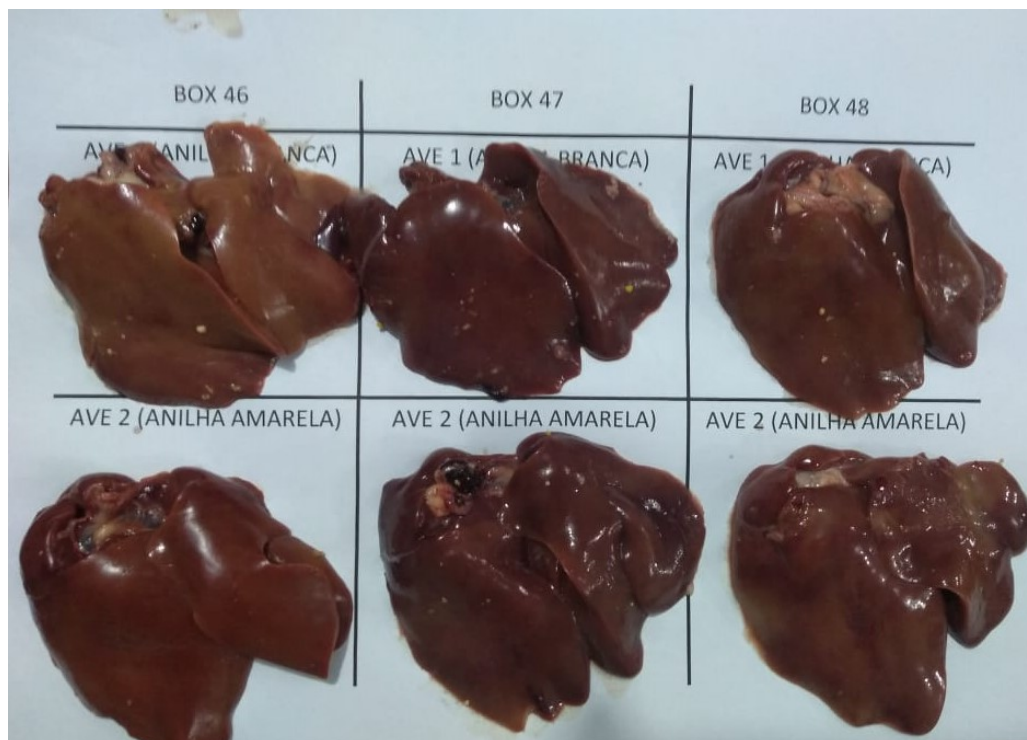


Figura 1. Análise visual dos fígados de frangos de corte aos 42 dias de idade

Fonte: próprio autor

Após a pesagem do órgão, uma amostra do lóbulo maior, de 1 cm², foi fixada em formalina tamponada a 10% e destinada para avaliação histopatológica no Laboratório de Histopatologia da Universidade Federal do Paraná, *Campus* de Palotina. As amostras hepáticas foram desidratadas em séries crescentes de álcool, diafanizadas em xilol e incluídas em parafina. As amostras foram cortadas em micrótomo com espessura de 5µm, alocadas em lâmina de microscópio, submetidas à coloração com hematoxilina e eosina e o excesso de corante foi retirado com água. Em seguida as amostras foram desidratadas em três concentrações diferentes de álcool (50%, 70% e 100%) e mergulhadas em xilol. Por fim, uma lamínula foi colocada sobre a amostra e observada em microscópio óptico.

As análises histopatológicas de 21 e 42 dias de idade revelaram alterações que foram ranqueadas de acordo com sua gravidade, atribuindo-se números de 0 (condição normal) a 3 (alterações acentuadas). Os fígados classificados como 0 apresentaram: ausência de alterações, degeneração hidrópica difusa discreta e degeneração gordurosa difusa discreta. Os classificados como 1 (leve) apresentaram: degeneração gordurosa difusa leve, colestase focal discreta, pericolangite linfohistiocitária e granulocítica multifocal discreta, hiperplasia dos ductos biliares leve e perivasculite linfohistiocitária discreta. Aos classificados como 2

(moderada) atribuiu-se: atrofia difusa moderada, pericolangite e colangite linfohistioplasmocitária moderada, colangioneecrose focal leve, hiperplasia dos ductos biliares moderada, perivasculite granulocítica difusa moderada, hepatite necrótica leve com infiltrado inflamatório linfohistiocitário, congestão difusa moderada e hemorragia leve. Os fígados classificados como 3 (severa) apresentaram: congestão difusa acentuada e hiperplasia dos ductos biliares acentuada.

Para avaliar a qualidade da cama, aos 24 e 42 dias de idade, foram coletadas amostras para determinação da matéria seca e quantidade de amônia. A coleta da cama para as análises foi realizada em cinco diferentes pontos dentro de cada box, evitando-se as áreas próximas do bebedouro e do comedouro. Em seguida, as cinco amostras foram homogeneizadas e embaladas. A determinação do nitrogênio amoniacal foi realizada segundo a metodologia descrita por Hernandez et al. (2001) e para matéria seca, utilizou-se a técnica 930.15 da AOAC (1990).

Para a determinação da amônia volatilizada acondicionou-se 100 gramas da amostra em recipientes plásticos com tampa, inserindo-se um coletor universal (50 ml) contendo 10 ml de ácido bórico 2%, cuja função foi captar a amônia volatilizada dentro do recipiente. As amostras da cama foram mantidas dentro do recipiente por 24 horas em temperatura ambiente.

Posteriormente, o ácido bórico foi titulado com ácido sulfúrico 0,05N e a quantidade de amônia volatilizada foi determinada pela equação

$$A = Vt \times N \times 1,7 / P \quad \text{em que:}$$

$$A = \text{NH}_3 \text{ em mg;}$$

Vt = volume da solução de H_2SO_4 gasto na titulação (ml) para obtenção do teor de nitrogênio;

N = normalidade do ácido usado para titulação;

P = quantidade de amostra incubada (g).

Para a determinação de matéria seca, 200 gramas de cama foram pesados em balança de precisão, em seguida, armazenados em sacos de papel devidamente identificados e levados em estufa a 80°C durante 24 horas, posteriormente, foram pesados novamente e determinadas as percentagens de matéria seca.

Aos 42 dias de idade, três aves por UE foram selecionadas ao acaso, para a avaliação do rendimento de carcaça, cortes, e percentual de gordura abdominal. As aves foram submetidas a seis horas de jejum com acesso livre à água, sendo em seguida, pesadas individualmente, insensibilizadas por eletronarcolese seguida por exsanguinação. Após, as aves foram escaldadas, depenadas e evisceradas. O rendimento de carcaça foi obtido de acordo

com o peso da carcaça eviscerada (sem os pés, cabeça e pescoço), em relação ao peso vivo da ave antes do abate.

Para o rendimento dos cortes, foram considerados os pesos de peito sem osso e pele, sassami, pernas (coxa + sobrecoxa) e asas. Para a gordura abdominal, considerou-se a gordura depositada ao redor da bolsa cloacal, da moela, proventrículo e dos músculos abdominais adjacentes. O rendimento dos cortes foi calculado em relação ao peso da carcaça eviscerada e o percentual da gordura abdominal em relação ao peso vivo da ave.

O conteúdo ileal foi recolhido, identificado por UE para análises posteriores. As rações da fase de terminação foram amostradas e devidamente identificadas. Após pré-secagem do conteúdo ileal em estufa de ventilação forçada (55°C por 72h) para a determinação da amostra seca ao ar (ASA), as amostras de excretas e as rações experimentais foram moídas e levadas ao Laboratório de Nutrição Animal da Unioeste para a determinação de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM), seguindo as metodologias 930.15, 954.01 e 942.05, descritas por AOAC (1990). Para a determinação da energia bruta (EB), as amostras foram submetidas à combustão em bomba calorimétrica, IKA® C200, isoperibólica, com precisão de 0,001°C, como descrito anteriormente.

Para determinação do fator de indigestibilidade foi realizada análise de cinza insolúvel em ácido (CIA), de acordo com metodologia descrita por Van Keulen e Young (1977) e adaptada por Carvalho et al. (2013). Para esta análise, foram utilizados 3 g de amostra de ração terminação e de excreta, pesadas em cadinhos de 25 ml e incineradas em forno mufla por cinco horas com aumento progressivo da temperatura até atingir 600°C. Adicionou-se 5 ml de água e 10 ml de HCl concentrado (11N) à cinza resultante, mantendo-se em banho maria até completa evaporação, realizando-se este procedimento duas vezes. Posteriormente, mais 5 ml de HCl concentrado foram adicionados e a amostra foi mantida em temperatura ambiente por 15 minutos e filtrada em filtro de papel (Whatman n.42). Após a filtragem, as cinzas foram lavadas com água destilada aquecida e em seguida transferidas com o filtro de papel para um cadinho e levadas à mufla por aproximadamente 10 a 12h a 650°C. Após o esfriamento das amostras em dessecador, procedeu-se a pesagem para a determinação da porcentagem de cinza insolúvel em ácido. Um cadinho com um filtro de papel limpo foi levado à mufla junto com as amostras para a realização de uma amostra branca, para possibilitar as devidas correções de peso.

Com os valores obtidos nas análises de ração e digesta, foram determinados os nutrientes digestíveis totais: cinzas insolúveis em ácido (CIA_{dig}), proteína bruta digestível (PB_{dig}), energia bruta digestível (EB_{dig}), matéria mineral digestível (MM_{dig}), e matéria seca

digestível (MSdig) e, posteriormente, os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB), energia bruta (CDEB) e matéria mineral (CDMM).

Para a análise estatística, foi realizada a análise de variância (ANOVA) utilizando o PROC GLM do programa computacional SAS (SAS Institute, versão 9.0 2009). O procedimento estatístico utilizado foi o teste F ao nível de 5% de probabilidade. Quando houve interação entre os tipos de milho e as concentrações de zeólita, os graus de liberdade foram desdobrados através do Teste F dentro de cada fator. Para as análises visual e histopatológica do fígado o procedimento estatístico utilizado foi o teste não paramétrico de Wilcoxon a 5% de probabilidade. Quando houve interação, os graus de liberdade foram desdobrados através do teste de Kruskal-Wallis dentro de cada fator.

3.3 Resultados

3.3.1 Metabolismo

O valor de energia metabolizável corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) do milho 2 foi de 3614 kcal kg⁻¹, sendo este valor 37 kcal kg⁻¹ maior ao milho 1 (Tabela 4), entretanto não houve diferença significativa nos valores de energia metabolizável e dos coeficientes de metabolizabilidade entre os dois milhos estudados.

Tabela 4. Valores energéticos e coeficiente de metabolizabilidade de dois diferentes milhos determinados com frangos de corte em idade de crescimento

Tipos de milho	EMA	EMAn	EMA	EMAn	CMA	CMA _n
	kcal kg ⁻¹ de MS		kcal kg ⁻¹ de MN		% da EB	
1	3719	3651	3233	3174	82,91	81,40
2	3673	3614	3207	3155	82,12	80,78
P	0,4932	0,6545	0,7245	0,7809	0,8696	0,9209
CV (%)	2,80	2,75	2,80	2,75	2,80	2,75

EMA: energia metabolizável; EMAn: EMA corrigida pelo balanço de nitrogênio; MS: matéria seca; MN: na matéria natural; CMA: coeficiente de metabolizabilidade; CMA_n: CMA corrigido pelo balanço de nitrogênio; EB: energia bruta; P: probabilidade; CV: coeficiente de variação.

3.3.2 Desempenho

No desempenho das aves foi observada interação (P=0,0040) entre os diferentes tipos de milho e a inclusão de zeólita na ração para a conversão alimentar (CA) aos 21 dias de idade (Tabela 5). As demais variáveis de desempenho não apresentaram interação

significativa. No entanto, houve efeito isolado dos dois diferentes tipos de milho sobre o ganho de peso (GP) ($P=0,0046$) e sobre CA ($P=0,0244$) aos 42 dias de idade. Aves alimentadas com o milho 1 apresentaram maior GP e menor CA em relação às aves recebendo milho 2.

Tabela 5. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo dois tipos de milho e suplementados com zeólita clinoptilolita

Tipos de milho	21 dias de idade			42 dias de idade		
	CR (g)	GP (g)	CA (g g^{-1})	CR (g)	GP (g)	CA (g g^{-1})
1	1326	1154	1,152	5082	3228 ^a	1,575 ^b
2	1346	1156	1,155	4976	3123 ^b	1,600 ^a
Zeólita (g ton^{-1})						
0	1336	1151	1,145	5036	3153	1,598
5000	1331	1155	1,158	5007	3198	1,574
10000	1341	1160	1,156	5045	3177	1,589
P Milho	0,1452	0,8581	0,7743	0,0593	0,0046	0,0244
P Zeólita	0,8422	0,7101	0,3531	0,8408	0,5869	0,1761
P Interação	0,0811	0,8672	0,0040	0,4066	0,9331	0,1158
EPM	47,20	30,68	0,02	189,82	121,51	0,04
CV (%)	2,66	3,53	2,13	3,77	3,83	2,23

CR: consumo de ração; GP: ganho de peso; CA: conversão alimentar; P: probabilidade; EPM: erro padrão da média; CV: coeficiente de variação.

^{ab}Médias com letras diferentes na mesma coluna, diferem entre si pelo teste F.

No desdobramento da interação (Tabela 6), ao receber o milho 2 com inclusão de 5000 g ton^{-1} de zeólita, as aves apresentaram melhor conversão alimentar ($P=0,0459$), quando comparadas às aves que receberam inclusão de 10000 g ton^{-1} de zeólita na ração (1,142 vs 1,170). Aves recebendo dietas com milho 1 e inclusão de 10000 g ton^{-1} de zeólita apresentaram melhor CA em relação àquelas recebendo milho 2 na dieta ($P=0,0238$) aos 21 dias (1,150 vs 1,170). Aves recebendo milho 2 e inclusão de 5000 g ton^{-1} de zeólita apresentaram melhor CA ($P=0,0483$) do que as aves que receberam milho 1 (1,142 vs 1,176).

Tabela 6. Desdobramento da interação entre o tipo de milho (1 e 2) e a inclusão de zeólita clinoptilolita sobre a conversão alimentar (g g^{-1}) aos 21 dias de idade

Milho	Inclusão de Zeólita Clinoptilolita g ton^{-1}			P value
	0	5000	10000	
1	1,140 ^B	1,176 ^{Aa}	1,150 ^{ABb}	0,0401
2	1,152 ^{AB}	1,142 ^{Bb}	1,170 ^{Aa}	0,0459
<i>P value</i>	0,3771	0,0483	0,0238	

^{ab}Médias com letras minúsculas diferentes na mesma coluna, diferem entre si pelo teste F.

^{AB}Médias com letras maiúsculas diferentes na mesma linha, diferem entre si pelo teste de F.

Não houve interação ($P>0,05$) entre os diferentes tipos de milho e concentrações de zeólita, mas houve efeito isolado do milho para porcentagem de matéria seca da cama aos 24 dias ($P=0,0437$), onde as aves que receberam milho 2, obtiveram maior porcentagem de MS na cama quando comparadas às aves que receberam milho 1. Aos 40 dias houve efeito isolado do milho sobre a quantidade de amônia na cama ($P=0,0146$). As aves que receberam o milho 1 apresentaram menor quantidade de NH_3 na cama do que as aves que receberam milho 2 (Tabela 7).

Tabela 7. Matéria seca e amônia liberada pela cama de aviário de frangos de corte alimentados com dietas contendo dois tipos de milhos e zeólita clinoptilolita aos 24 e 42 dias de idade

Tipos de milho	24 dias		42 dias	
	NH_3 ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)	MS (%)	NH_3 ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)	MS (%)
1	1,35	67,24 ^b	1,56 ^b	67,59
2	1,24	70,49 ^a	1,91 ^a	68,80
Zeólita (g ton^{-1})				
0	1,33	68,12	1,66	67,78
5000	1,29	68,89	1,67	68,60
10000	1,26	69,50	1,85	68,24
P Milho	0,1923	0,0437	0,0146	0,4133
P Zeólita	0,8012	0,7980	0,5117	0,8911
P Interação	0,3031	0,1433	0,1130	0,7997
EPM	0,29	5,41	0,47	4,70
CV (%)	22,36	7,86	27,15	6,89

NH_3 : concentração de amônia; MS (%): matéria seca; P: probabilidade; EPM: erro padrão da média; CV: coeficiente de variação.

^{ab} Médias com letras diferentes na mesma coluna, diferem entre si pelo teste F.

Aos 42 dias de idade houve interação ($P=0,0322$) entre os diferentes tipos de milho e as concentrações de zeólita clinoptilolita sobre as concentrações séricas de creatinina (Tabela 8). As demais variáveis sanguíneas avaliadas não apresentaram diferença ($P>0,05$).

Tabela 8. Concentração sérica de metabólitos sanguíneos de frangos de corte alimentados com rações contendo dois tipos de milho e zeólita clinoptilolita

Tipos de milho	21 dias de idade						42 dias de idade					
	ALB (g L ⁻¹)	PT (g L ⁻¹)	CREA (mg dL ⁻¹)	ALT (UI L ⁻¹)	AST (UI L ⁻¹)	GGT (UI L ⁻¹)	ALB (g L ⁻¹)	PT (g L ⁻¹)	CREA (mg dL ⁻¹)	ALT (UI L ⁻¹)	AST (UI L ⁻¹)	GGT (UI L ⁻¹)
1	15,37	25,85	0,22	11,24	186	20,01	16,91	28,16	0,20	14,41	441	31,64
2	15,09	25,47	0,21	10,36	184	18,88	16,39	27,53	0,20	13,37	404	33,63
Zeólita (g ton ⁻¹)												
0	15,11	25,31	0,21	11,74	175	19,35	16,51	27,50	0,20	13,63	424	33,95
5000	15,06	25,11	0,21	10,63	191	18,80	16,90	28,26	0,20	14,25	423	29,43
10000	15,50	26,57	0,23	10,03	188	20,26	16,53	27,75	0,20	13,80	420	34,88
P Milho	0,4952	0,5969	0,1291	0,4442	0,6667	0,4929	0,1241	0,2797	0,4021	0,2622	0,1450	0,3612
P Zeólita	0,6170	0,2112	0,0946	0,4705	0,4380	0,7980	0,5455	0,5293	0,3798	0,8505	0,9928	0,0632
P Interação	0,9573	0,5894	0,7286	0,6491	0,3016	0,6368	0,2550	0,5200	0,0322	0,7928	0,1818	0,8771
EPM	1,35	2,50	0,03	3,97	40,11	5,45	1,14	2,01	0,02	3,15	88,11	6,64
CV (%)	8,86	9,73	12,54	36,75	21,67	27,98	6,82	7,22	10,52	22,68	20,86	20,33

ALB: albumina; PT: proteínas totais; CREA: creatinina; ALT: alanina aminotransferase; AST: aspartato aminotransferase; GGT: gama glutamiltransferase; P: probabilidade; EPM: erro padrão da média; CV: coeficiente de variação.

Ao desdobrar a interação foi observado que as aves que consumiram o milho 2 suplementadas com 0 e 10000 g ton⁻¹ de zeólita apresentaram maiores concentrações de creatinina em relação aos frangos que receberam dietas com 5000 g ton⁻¹ de zeólita (Tabela 9). Dentro dos níveis, aves que receberam dieta com milho 1 sem inclusão de zeólita apresentaram concentrações séricas de creatinina menores, quando em comparação às aves alimentadas com milho 2.

Tabela 9. Desdobramento da interação do milho (1 e 2) e a inclusão de zeólita clinoptilolita sobre a concentração de creatinina (mg dL⁻¹) aos 42 dias de idade

Milho	Inclusão de Zeólita Clinoptilolita g ton ⁻¹			P value
	0	5000	10000	
1	0,19 ^b	0,20	0,20	0,6734
2	0,22 ^{Aa}	0,19 ^B	0,21 ^A	0,0051
<i>P value</i>	0,0402	0,1500	0,2992	

^{abAB}Médias seguidas de diferentes letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de F.

Os resultados obtidos para os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB), energia bruta (CDEB) e matéria mineral (CDMM) não apresentaram interação entre os diferentes tipos de milho e a inclusão de zeólita clinoptilolita, mas houve efeito isolado da zeólita sobre o CDPB (P=0,0460) (Tabela 10).

Tabela 10. Coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, energia bruta e matéria mineral de dietas de frangos de corte formuladas com dois diferentes milhos e zeólita clinoptilolita

Tipos de milho	CDMS (%)	CDPB (%)	CDEB (%)	CDMM (%)
1	69,02	66,21	71,28	34,91
2	69,14	67,40	72,45	36,42
Zeólita (g ton ⁻¹)				
0	68,11	65,15 ^b	70,74	35,86
5000	68,84	66,08 ^{ab}	71,88	36,03
10000	70,23	69,19 ^a	72,95	35,11
P Milho	0,9150	0,3823	0,2527	0,2749
P Zeólita	0,2699	0,0460	0,2310	0,8424
P Interação	0,4211	0,2038	0,7207	0,2367
EPM	3,57	4,65	3,57	4,73
CV (%)	5,16	6,96	4,97	13,26

CDMS: Coeficiente de digestibilidade na matéria seca; CDPB: Coeficiente de digestibilidade de proteína bruta; CDEB: Coeficiente de digestibilidade de energia bruta; CDMM: Coeficiente de digestibilidade da matéria mineral; P: probabilidade; EPM: erro padrão da média; CV: coeficiente de variação.

^{ab} Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste F.

Houve interação ($P=0,0340$) entre os diferentes tipos de milho e concentrações de zeólita para energia bruta digestível (EBdig) (Tabela 11). Os diferentes níveis de zeólita nas rações melhoraram a digestibilidade da PB ($P=0,0477$) e da MM ($P<0,0001$).

Tabela 11. Matéria seca, proteína bruta, energia bruta e matéria mineral digestível em frangos de corte alimentados com diferentes tipos de milho e zeólita clinoptilolita

Tipos de milho	MSDig (%)	PBDig (%)	EBDig (kcal kg ⁻¹)	MMDig (%)
1	17,69	12,97	3465	2,19
2	17,89	13,20	3565	2,27
Zeólita (g ton ⁻¹)				
0	17,80	12,70 ^b	3510	1,95 ^c
5000	17,60	13,03 ^{ab}	3537	2,18 ^b
10000	17,97	13,52 ^a	3501	2,56 ^a
P Milho	0,6143	0,4032	0,0510	0,3003
P Zeólita	0,7125	0,0477	0,8079	<0,0001
P Interação	0,2451	0,0742	0,0340	0,2818
EPM	1,25	0,91	175,27	0,29
CV(%)	7,03	6,97	4,98	12,85

MSDig: matéria seca digestível; PBDig: proteína bruta digestível; EBDig: energia bruta digestível; MMDig: matéria mineral digestível; P: probabilidade; EPM: erro padrão da média; CV: coeficiente de variação.

^{ab} Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste F.

Os resultados do desdobramento da interação (Tabela 12) demonstram que dentro dos níveis de zeólita, as rações formuladas com milho 1 sem inclusão de zeólita proporcionaram quantidade de EBDig menor, quando comparadas às rações formuladas com milho 2. Resultado semelhante ocorreu com as rações formuladas com 10000 g ton⁻¹.

Tabela 12. Desdobramento da interação do milho (1 e 2) e a inclusão de zeólita clinoptilolita sobre a EBDig (kcal kg⁻¹) aos 42 dias de idade

Milho	Inclusão de Zeólita Clinoptilolita g ton ⁻¹			P value
	0	5000	10000	
1	3385 ^b	3581	3419 ^b	0,1337
2	3620 ^a	3493	3582 ^a	0,2595
P value	0,0171	0,4342	0,0287	

^{ab} Médias com letras minúsculas diferentes na mesma coluna, diferem entre si pelo teste F.

Houve interação entre os tipos de milho (1 e 2) e concentrações de zeólita (0; 5000 e 10000 g ton⁻¹) ($P=0,0354$) para percentual de gordura abdominal (GA) aos 42 dias de idade (Tabela 13). Contudo, não houve interação ($P>0,05$) sobre o rendimento de carcaça e cortes. Foi observado efeito isolado do milho ($P=0,0256$) para percentual de GA e efeito isolado da zeólita para percentual de GA ($P=0,0187$) e rendimento de carcaça quente (RCQ) ($P=0,0433$).

Tabela 13. Rendimento de carcaça e cortes de frangos de corte alimentados com dietas contendo dois tipos de milhos e zeólita clinoptilolita aos 42 dias de idade

Milho	RCQ (%)	RCF (%)	Peito (%)	Perna (%)	Asa (%)	Sass (%)	GA (%)
1	70,38	71,21	27,31	31,05	9,73	5,43	1,72 ^b
2	70,03	70,04	27,23	30,76	9,45	5,50	1,85 ^a
Zeólita (g ton ⁻¹)							
0	70,04 ^b	71,24	27,28	31,10	9,62	5,52	1,67 ^b
5000	69,77 ^b	70,88	26,86	31,16	9,67	5,43	1,81 ^a
10000	70,79 ^a	71,25	27,64	30,45	9,48	5,44	1,85 ^a
P Milho	0,2653	0,5664	0,7101	0,4682	0,0753	0,4662	0,0256
P Zeólita	0,0433	0,5778	0,0938	0,2637	0,5734	0,6452	0,0187
P Interação	0,5148	0,7107	0,5178	0,7760	0,6507	0,4395	0,0354
EPM	1,16	1,17	0,92	1,33	0,53	0,32	0,17
CV (%)	1,65	1,65	3,36	4,32	5,58	5,90	9,56

RCQ: Rendimento de Carcaça quente; RCF: Rendimento de Carcaça fria; Sass.: Sassami; GA: Gordura Abdominal; P: probabilidade; EPM: erro padrão da média; CV: coeficiente de variação.

^{ab}Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste F.

Ao desdobrar a interação (Tabela 14) observa-se que dentro dos níveis de zeólita, as aves que receberam rações formuladas com milho 1 e inclusão de 10000 g ton⁻¹ de zeólita apresentaram menor quantidade de GA, quando comparadas às aves que receberam rações formuladas com milho 2. As aves que receberam milho 2 e 10000 g ton⁻¹ de zeólita na ração apresentaram maior quantidade de GA quando comparadas às aves que não receberam zeólita na ração.

Tabela 14. Desdobramento da interação do milho (1 e 2) e a inclusão de zeólita clinoptilolita sobre a GA (%) aos 42 dias de idade

Milho	Inclusão de Zeólita Clinoptilolita g ton ⁻¹			P value
	0	5000	10000	
1	1,638	1,812	1,699 ^B	0,1222
2	1,697 ^b	1,805 ^{ab}	2,003 ^{aA}	0,0162
P value	0,5734	0,9109	0,0081	

^{ab}Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha e letras maiúsculas na mesma coluna, diferem entre si pelo teste F.

Não houve interação entre os dois tipos de milho e os níveis de zeólita sobre o rendimento de órgãos. Entretanto, recebendo a inclusão de 5000 g ton⁻¹ de zeólita nas rações, as aves apresentaram maior peso do pâncreas (P<0,0001) aos 42 dias de idade (Tabela 15).

Tabela 15. Peso relativo (%) dos órgãos do trato gastrointestinal de frangos de corte alimentados com rações contendo dois tipos de milho e zeólita clinoptilolita

Tipos de Milho	21 dias de idade				42 dias de idade	
	Fígado	Pâncreas	I.D.	I.G.	Fígado	Pâncreas
1	2,294	0,276	3,299	0,629	1,643	0,147
2	2,363	0,277	3,434	0,599	1,607	0,142
Zeólita (g ton ⁻¹)						
0	2,387	0,276	3,413	0,610	1,618	0,138 ^b
5000	2,255	0,281	3,358	0,617	1,671	0,157 ^a
10000	2,345	0,272	3,323	0,616	1,584	0,138 ^b
P Milho	0,2683	0,9768	0,0760	0,1002	0,2577	0,1670
P Zeólita	0,2170	0,6147	0,6132	0,9593	0,1135	<0,0001
P Interação	0,1564	0,1411	0,7774	0,4936	0,4838	0,4653
EPM	0,21	0,03	0,26	0,06	0,12	0,01
CV (%)	9,21	9,45	7,58	10,04	7,22	8,90

ID: Intestino delgado; IG: Intestino grosso; P: probabilidade; EPM: erro padrão da média; CV: coeficiente de variação.

^{ab}Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste F.

Não houve interação entre os tipos de milho e os níveis de zeólita sobre as características visuais e/ou histopatológicas do fígado aos 21 e 42 dias de idade (Tabela 16). O milho 2 apresentou diferença (P=0,0479) quando comparado ao milho 1, pelo teste de Wilcoxon, ocorrendo um aumento da porcentagem de danos visuais no fígado das aves que receberam o milho 2.

Tabela 16. Análises visual e histopatológica de lesões hepáticas de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes tipos de milho e zeólita clinoptilolita aos 21 e 42 dias de idade

Milho	21 dias de idade		42 dias de idade	
	Visual	Histologia	Visual	Histologia
1	0,67	1,00	0,46 ^b	0,50
2	0,46	0,92	0,88 ^a	0,50
Zeólita (g ton ⁻¹)				
0	0,50	1,00	0,50	0,56
5000	0,63	0,94	0,69	0,38
10000	0,56	0,94	0,71	0,56
Qui-quadrado				
P Milho	0,2832	0,7561	0,0479	0,7838
P Zeólita	0,7190	0,9519	0,5409	0,7357
P Interação	0,2802	0,7200	0,05587	0,8043
EPM	0,09	0,12	0,11	0,10

P: probabilidade; EPM: erro padrão da média.

^{ab} Médias com letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Wilcoxon a 5%

Não houve interação entre os tipos de milho a os níveis de zeólita clinoptilolita e não foi observado efeito isolado do milho ou dos níveis de zeólita sobre a frequência de lesão hepática macroscópica em frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade (Tabela 17).

Tabela 17. Frequência de lesão hepática macroscópica de frangos de corte alimentados com rações contendo dois tipos de milho e diferentes níveis de zeólita clinoptilolita aos 21 e 42 dias de idade

Milho	21 dias				42 dias			
	Normal (%)	Leve (%)	Moderada (%)	Severa (%)	Normal (%)	Leve (%)	Moderada (%)	Severa (%)
1	68,75	25,00	6,25	0,00	68,75	22,92	8,33	0,00
2	67,39	30,43	2,17	0,00	60,87	28,26	8,70	2,17
Zeólita (g ton ⁻¹)								
0	73,33	20,00	6,67	0,00	76,67	20,00	0,00	3,33
5000	66,67	26,67	6,67	0,00	50,00	36,67	13,33	0,00
10000	73,33	23,33	3,33	0,00	60,00	20,00	10,00	10,00
Qui-quadrado								
P Milho	0,8877	0,5560	0,3277	1,0000	0,4236	0,5525	0,9498	0,3044
P Zeólita	0,8055	0,8300	0,8092	1,0000	0,0987	0,2322	0,1336	0,1802
P Interação	0,9524	0,5854	0,2959	1,0000	0,2203	0,4266	0,4989	0,0671
EPM	4,68	4,13	2,40	0,00	5,37	4,44	2,76	2,17

P: probabilidade; EPM: erro padrão da média.

Não houve interação ($P > 0,05$) entre os tipos de milho e os níveis de zeólita clinoptilolita, contudo houve efeito isolado da zeólita ($P = 0,0290$) sobre a frequência de lesão histopatológica leve do fígado de frangos de corte aos 21 dias de idade (Tabela 18).

Tabela 18. Frequência de lesão histopatológica do fígado de frangos de corte alimentados com rações contendo dois tipos de milho e diferentes níveis de zeólita clinoptilolita aos 21 e 42 dias de idade

Milho	21 dias				42 dias			
	Normal (%)	Leve (%)	Moderada (%)	Severa (%)	Normal (%)	Leve (%)	Moderada (%)	Severa (%)
1	43,75	18,75	37,50	0,00	54,17	16,67	29,17	0,00
2	43,48	19,57	36,96	0,00	52,17	17,39	30,43	0,00
Zeólita (g ton ⁻¹)								
0	36,67	40,00 ^a	23,33	0,00	60,00	13,33	26,67	0,00
5000	50,00	13,33 ^b	36,67	0,00	60,00	26,67	13,33	0,00
10000	46,67	23,33 ^{ab}	36,67	0,00	46,67	36,36	20,00	0,00
Qui-quadrado								
P Milho	0,9788	0,9200	0,9565	1,000	0,8465	0,9255	0,8931	1,000
P Zeólita	0,5571	0,0290	0,4431	1,000	0,4868	0,1855	0,4346	1,000
P Interação	0,1449	0,1310	0,4834	1,000	0,7338	0,1357	0,6750	1,000
EPM	6,67	4,98	6,26	0,00	7,58	6,55	6,10	0,00

P: probabilidade; EPM: erro padrão da média.

^{ab} Médias com letras minúsculas diferentes na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Wilcoxon a 5%.

3.4 Discussão

A composição bromatológica e os valores energéticos dos grãos de milho podem variar com o clima, material genético, adubação, solo e qualidade dos grãos produzidos. A presença de micotoxinas nos grãos podem alterar a composição nutricional e afetar negativamente o metabolismo das aves, assim para a utilização adequada dos grãos nas dietas experimentais deve-se realizar ensaios de metabolismo para obtenção dos valores reais de energia metabolizável.

Os valores de EMA e EMA_n na matéria natural dos milhos 1 e 2 foram inferiores aos relatados por Silva et al. (2011), que avaliaram os valores nutricionais de quatro qualidades (densidades) diferentes de milho e encontraram valores de EMA e EMA_n, com base na matéria natural, variando de 3198 a 3709 kcal kg⁻¹. Entretanto, em pesquisa realizada com milho classificado e não classificado em mesa densimétrica, Fernandes et al. (2017) encontraram diferença nos valores de EMA_n na matéria seca, o que contrasta os resultados deste trabalho, diferenças estas devidas, possivelmente, às diferentes procedências dos milhos (regiões e/ou variedades) (MALLMANN et al., 2019).

A densidade dos grãos de milho tem correlação positiva com o nível energético e a energia é um dos fatores que regulam o consumo de alimento pelo animal (SILVA et al., 2008). Além da contaminação fúngica, matérias estranhas, grãos quebrados e níveis elevados de micotoxinas no milho também podem contribuir para o pior desempenho das aves (SILVA et al., 2011). As aves que receberam a dieta com milho 2 apresentaram menor consumo de ração e conseqüentemente, menor ganho de peso. Este resultado pode estar relacionado à presença de fumonisina e DON no milho utilizado, pois esta micotoxina pode ocasionar redução o desempenho das aves (MINAFRA et al., 2018).

As rações fornecidas às aves neste trabalho foram formuladas com milho contendo fumonisina e os resultados encontrados para GP e CA foram opostos aos de Rauber et al. (2013), que ao utilizarem níveis de contaminação de 0, 100 e 200 mg kg⁻¹ de fumonisina na ração de frangos de corte de 1 a 28 dias de idade, observaram diferença para GP e CA, sendo que as aves que não receberam fumonisina apresentaram melhores resultados de GP e CR aos 14 e 28 dias de idade e melhor CA aos 28 dias de idade. Entretanto, Fernandes et al. (2017), ao compararem frangos de corte alimentados com diferentes tipos de milho (classificado por mesa densimétrica e não classificado), não observaram diferenças significativas no GP, CA e CR na fase de 1 a 42 dias de idade, divergindo dos resultados encontrados neste trabalho,

onde pôde-se observar que o ganho de peso e o consumo de ração nesta fase diferiram entre as aves alimentadas com milho 1 quando comparadas às alimentadas com o milho 2.

Esta divergência de resultados pode estar ligada à quantidade de proteína bruta (PB) presente nos diferentes milhos fornecidos às aves, pois o milho 1, que continha maior quantidade de fumonisina, também apresentava maior quantidade de PB em sua composição, o que pode ter ocasionado o maior GP e melhor CA.

O status de desafio da granja pode potencializar a ação das micotoxinas, isto é, quanto maior for o nível de stress, menor será a quantidade de micotoxina necessária para modificar o desempenho dos animais (BOEMO et al., 2015). As condições de alojamento (densidade), qualidade do ar (amônia), qualidade da cama, temperatura e umidade do ar foram controlados para proporcionar o melhor bem-estar possível às aves, sendo que as quantidades de micotoxinas encontradas nos milhos não foram suficientes para afetar negativamente o desempenho das mesmas.

O desempenho do frango de corte está diretamente ligado à qualidade da ração que lhe é oferecida, sendo que geralmente são fornecidas rações com altos teores de proteína e energia, com excesso de nitrogênio para assegurar que as necessidades nutricionais dos animais sejam atendidas (SOUZA et al., 2016), o que pode ter sido o motivo para o aumento da excreção de nitrogênio pelas aves alimentadas com o milho dois, pois na formulação desta ração foi necessário maior acréscimo de óleo vegetal e farelo de soja para balancear a energia e a proteína da dieta.

Uma diminuição na emissão de amônia pode ser atribuída ao efeito positivo que a zeólita apresenta na utilização de nutrientes, em termos da adsorção de maiores quantidades de nitrogênio proteico. Os zeólitos naturais têm sido utilizados com sucesso variável para o controle da produção de amônia, dependendo das propriedades físicas dos materiais utilizados (KARAMANLIS et al., 2008). No entanto, este efeito não foi observado no presente trabalho.

Uma das formas de avaliar a condição de saúde das aves são as análises sorológicas. Os resultados indicam possíveis alterações em seus sistemas fisiológicos, que podem ter sido influenciados pela nutrição, condições climáticas e pelo manejo dos animais (MINAFRA et al., 2018).

As concentrações de PT e ALB estão dentro da normalidade, de acordo com Nunes et al. (2018), que relataram valores entre 25,63 e 47,92g L⁻¹ para PT e 11,26 a 21,40g L⁻¹ para ALB, assim como as concentrações de GGT entre 11,45 e 97,51 UI L⁻¹.

De acordo com Maciel et al. (2007b), as micotoxinas hepatotóxicas causam o aumento das enzimas hepatobiliares GGT, ALT e AST no sangue das aves. O fato destas enzimas

estarem dentro da normalidade nas aves avaliadas, pode indicar que a quantidade de micotoxina presente no alimento não foi o suficiente para acarretar danos severos ao fígado.

As concentrações de PT, ALB, ALT, AST e GGT não foram alteradas diante das diferentes quantidades de fumonisina presentes nos diferentes tipos de milho. Resultados contrários aos de Rauber et al. (2013), que ao adicionarem fumonisina na ração aos níveis de 0, 100 e 200 mg kg⁻¹ encontraram diferenças na concentração sérica de metabólitos sanguíneos de frangos de corte aos 14 e 28 dias de idade, em que as concentrações de PT, ALB, ALT, AST e GGT aumentaram nas aves que receberam fumonisina.

Resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho foram apresentados por Maciel et al. (2007a), que quando associaram 0,25 e 0,50% de zeólita clinoptilolita a 5ppm de aflatoxina nas rações de frangos de corte, promoveram diminuição de 30% nos níveis séricos de creatinina aos 42 dias de idade em relação ao grupo controle.

A creatinina é oriunda da quebra da creatina do tecido muscular, desta maneira seus níveis sanguíneos estão relacionados à quantidade de creatina presente no músculo (SODRÉ et al., 2007). Níveis elevados podem estar relacionados a transtornos que elevem o catabolismo muscular, como doenças renais, síndrome hepato-renal, obstrução urinária, fluxo renal reduzido, desidratação, hipotensão, exercício intenso e dano muscular. Por outro lado, a diminuição da concentração de creatinina sérica pode indicar doenças como a hidratação excessiva, insuficiência hepática e doenças musculares (GONZÁLEZ et al., 2000).

Segundo Barbosa et al. (2011) a creatinina está presente em pequenas concentrações no soro aviário, pois a creatina é excretada pelos rins antes de ser convertida em creatinina, sendo que os valores normais desta em aves são constantes, entre 0,05 e 0,35 mg dL⁻¹. Desta maneira, os níveis de creatinina detectados nas aves desse estudo estão dentro da faixa de normalidade, o que sugere que não houve danos hepáticos.

Valores semelhantes aos encontrados no presente trabalho para CDMS e CDPB foram encontrados por Fernandes et al. (2017), que não observaram efeito entre os tipos de milho (classificado e não classificado) sobre estas variáveis em frangos de corte aos 42 dias de idade. Resultados equivalentes foram relatados por Rodrigues et al. (2003), que avaliaram 6 diferentes variedades de milho e não observaram diferença para a CDPB e CDEB de frangos de corte aos 27 dias de idade, entretanto, encontraram diferença na CDMS entre as variedades, o que indica que a variedade do milho pode influenciar nos coeficientes de digestibilidade do mesmo.

Os aluminossilicatos incluídos nas rações podem atuar nos processos de digestão e absorção de nutrientes. Eles são responsáveis por prolongar o tempo de retenção do alimento, proporcionando maior digestão e absorção do mesmo (REIS et al., 2020).

O trânsito e pH intestinal e a secreção enzimática também podem sofrer influência dos aluminossilicatos e assim melhorar a digestibilidade da dieta. Yalçın et al. (2017) encontraram aumento da digestibilidade ileal da proteína e da matéria seca em frangos de corte. Assim como Pasha et al. (2008), que ao utilizarem bentonita e incluírem 3% de zeólita na ração observaram melhora na digestibilidade da mesma. Menor fluxo do conteúdo intestinal e maior tempo de retenção da ingesta, perante ação das enzimas digestivas, seguido de melhor aproveitamento dos nutrientes da dieta em frangos de corte foi relatado por Ouhida et al. (2000).

Não houve diferença no rendimento de carcaça e corte entre as aves que consumiram diferentes tipos de milho, com exceção da percentagem de gordura abdominal. Resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho para rendimento de carcaça e cortes foram descritos por Rossi et al. (2010), que ao fornecerem milho intoxicado com diferentes níveis de aflatoxinas, com ou sem inclusão de adsorvente, não obtiveram diferença ($P>0,05$) no rendimento de carcaça e cortes (peito, coxa e sobrecoxa). Entretanto, não observaram efeito dos tratamentos sob rendimento de gordura abdominal. A maior quantidade de gordura abdominal presente nas aves alimentadas com o milho 2 pode dever-se ao fato de que este milho possuía maior quantidade de EMA_n em sua composição.

Os diferentes níveis de inclusão de zeólita não proporcionaram melhoras para rendimento de carcaça fria e cortes, mas provocou melhora ($P<0,05$) no rendimento de carcaça quente e aumento da quantidade de gordura abdominal. Esses resultados se assemelham, em partes, com os descritos por Tatar et al. (2012), que não observaram diferenças significativas no rendimento de carcaça, peito, pernas, dorso e gordura abdominal de frangos de corte suplementados com níveis de 2 e 4% de zeólitas na dieta. Contudo, Christaki et al. (2006) ao incluir 2% de zeólita na ração obteve resultados positivos ($P<0,05$) para rendimento de pernas e diminuição da porcentagem de gordura abdominal.

Os resultados encontrados neste trabalho podem ser explicados pela redução no trânsito intestinal ocasionado pela zeólita, que proporciona maior tempo ao organismo para absorver os nutrientes presentes nos alimentos, ocasionando maior deposição de proteína, consequentemente maior rendimento de carcaça. Estes nutrientes, quando em excesso, são armazenados em forma de gordura no organismo, o que explica a maior quantidade de gordura abdominal presente nas aves que ingeriram zeólita com a ração.

Estes resultados apenas reforçam o fato de que o desempenho dos frangos de corte alimentados com zeólita na ração depende de alguns fatores como o tipo de zeólita, suas propriedades físicas e químicas e a porcentagem de adição desta na dieta.

Os diferentes tipos de milho não mostraram efeito isolado sobre o peso dos órgãos. Corroborando com trabalho realizado por Stringhini et al. (2000), onde as aves alimentadas com diferentes tipos de milho não apresentaram alterações para peso relativo de fígado e pâncreas aos 29 e 51 dias de idade. Da mesma forma, Fernandes et al. (2017) não observaram efeito de diferentes tipos de milho no peso relativo dos órgãos de frangos de corte aos 21 dias e Henry et al. (2000), que incorporaram 0, 20, 40 e 80 mg kg⁻¹ de fumonisina purificada na dieta de frangos de corte, não constataram diferenças no peso relativo do fígado das aves aos 21 dias de idade, concordando com o apresentado neste presente trabalho. Contudo, Boemo et al. (2015), ao avaliarem diferentes dosagens de aflatoxina nas rações de frangos de corte observaram aumento significativo do fígado das aves que consumiram alimentos contaminados com a micotoxina aos 21 dias de idade. Rauber et al. (2013), ao adicionarem três doses de fumonisina (100 e 200 mg kg⁻¹) na ração de frangos de corte, verificaram aumento significativo ($P < 0,05$) do peso relativo do fígado, para as doses avaliadas, aos 14 e 28 dias de idade.

Aos 42 dias de idade, as aves que receberam 5000 g ton⁻¹ de zeólita apresentaram maior peso de pâncreas. Contudo, ao incluir 0,3% de bentonita de sódio e 200 mg kg⁻¹ de fumonisina na dieta de frangos de corte, Miazzo et al. (2005) não observaram alteração no peso relativo do fígado aos 23 e 50 dias de idade. Assim como Ortatatli et al. (2005), que ao avaliarem a inclusão de 1,5% de zeólita clinoptilolita com 50 e 100 ppm de aflatoxina na ração de frangos de corte, não constataram diferença no peso relativo do fígado aos 42 dias de idade.

De acordo com Tessari et al. (2010), a presença de fumonisina na alimentação de frangos de corte, em doses superiores a 100 mg kg⁻¹ podem causar aumento do peso relativo do fígado e incidência de necrose hepática. Contudo, como a quantidade de micotoxinas presentes nos milhos utilizados neste trabalho foram baixas, este pode ser o motivo para não haver diferença significativa no peso dos órgãos entre os tratamentos.

Oliveira et al. (2015) não observaram alteração do peso relativo de fígado, intestino e pâncreas aos 21 e 35 dias de idade, quando testaram diferentes doses de glucomanano em milho contaminado por fumonisinas, resultados que se assemelham aos encontrados neste trabalho aos 21 dias de idade, mas divergem do resultado encontrado para peso relativo de pâncreas aos 42 dias.

O pâncreas é um dos principais motores do sistema digestivo, pois é ali que ocorre a produção enzimática para a digestão de carboidratos, gorduras e proteínas. O fornecimento de zeólita na ração pode ter influenciado a produção de enzimas, aumentando assim o peso do deste órgão.

O fígado é o órgão alvo das micotoxinas em todas as espécies animais (RAUBER et al., 2013), por isso é o órgão escolhido para análises macroscópicas e histopatológicas. Foram encontradas diferenças na análise macroscópica dos fígados aos 42 dias de idade entre os tipos de milho utilizado. Resultados semelhantes aos encontrados por Henry et al. (2000), que ao fornecer fumonisina B₁ nas concentrações de 0, 20, 40 e 80 mg kg⁻¹ na dieta de frangos de corte, observaram diminuição do conteúdo lipídico hepático nas aves que receberam 40 e 80 mg kg⁻¹ da micotoxina. Contudo, não obtiveram diferenças no escore total de lesões nos tecidos hepáticos de aves alimentadas com fumonisina e aves controle.

Resultados divergentes foram encontrados por Rossi et al. (2010), ao alimentar frangos de corte com ração contendo 0 e 1ppm de aflatoxina, não observaram diferenças para lesões macroscópicas de fígado. Assim com Miazzi et al. (2005), que não observaram diferenças macroscópicas entre os fígados das aves alimentadas com 200 mg kg⁻¹ de fumonisina na dieta. Entretanto, Giacomini et al. (2006), alimentando frangos de corte com ração contendo 3 mg kg⁻¹ de aflatoxina, observaram diferença na análise macroscópica do fígado das aves aos 42 dias de idade. A presença de DON no milho 2, apesar de muito baixa, em associação com a fumonisina, pode ter influenciado o aspecto macroscópico do fígado das aves que receberam este milho.

Os diferentes tipos de milho e as diferentes inclusões de zeólita não ocasionaram danos histopatológicos nas aves aos 21 e 42 dias de idade. Contudo, foi observado, além de fígados normais, acúmulo de gordura, atrofia difusa, hiperplasia dos ductos biliares, inflamação ao redor dos ductos biliares e/ou ductos biliares deteriorados.

A ocorrência de lesões histopatológicas iguais ou parecidas nos fígados de aves do grupo controle e de aves que receberam zeólita na alimentação pode indicar que a contaminação de micotoxina dos milhos não foi em quantidade suficiente para causar graves alterações histológicas neste órgão.

Resultados semelhantes foram encontrados por Rauber et al. (2013), ao incluir 0, 100 e 200 mg kg⁻¹ de fumonisina na ração de frangos de corte, observaram lesões histopatológicas no fígado aos 14 e 28 dias de idade, sendo que as principais alterações observadas foram hiperplasia dos ductos biliares, degeneração hepatocelular, hiperplasia linfóide e proliferação

de ductos biliares e estas lesões eram as mesmas independentemente da dose de fumonisina utilizada.

3.5 Conclusão

Aves alimentadas com milho 2 apresentaram menor ganho de peso e pior conversão alimentar e aumento na percentagem de gordura abdominal. O milho 2 também influenciou na qualidade da cama aos 42 dias de idade e piorou a aparência macroscópica do fígado aos 42 dias de idade. A inclusão de zeólita não alterou o desempenho, níveis séricos e qualidade da cama das aves aos 42 dias de idade. No entanto, foi responsável pela melhora da porcentagem de nutrientes digestíveis (PB, EB e MM), além de influenciar no peso de pâncreas e não causou alterações nos demais órgãos.

3.6 Referências bibliográficas

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed. Arlington: AOAC International, 1990. 771p.
- BARBOSA, T.S.; MORI, C.K.; POLÔNIO, L.B.; et al. Perfil bioquímico sérico de galinhas poedeiras na região de Araçatuba, SP. **Ciências Agrárias**, v.32, n.4, p.1583-1588, 2011.
- BOEMO, L.S.; KARKOW, A.K.; LUCCA, W.; et al. Estudo meta-analítico de diferentes níveis de aflatoxinas no desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias alojados em bateria. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.43, p.1317, 2015.
- CARVALHO, G.B.; DOURADO, L.R.B.; LOPES, J.B. et al. Métodos de análise da cinza insolúvel em ácido utilizada como indicador na determinação da energia metabolizável do milho para aves. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.1, p.43-53, 2013.
- CHRISTAKI, E.V.; FLOROU-PANERI, P.; TSERVENI-GOUSHI, A.; et al. Effects of dietary inclusion of natural zeolite and flaxseed on broiler chickens' body fat deposition in an extended fattening period. **Archives Geflügelk**, v.70, n.3, p.106111, 2006.
- FERNANDES, J.I.M.; CONTINI, J.P.; PROKOSKI, K.; et al. Desempenho produtivo de frangos de corte e utilização de energia e nutrientes de dietas iniciais com milho classificado ou não e suplementadas com complexo enzimático. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.69, n.1, p.181-190, 2017.
- GIACOMINI, L.; FICK, F.A.; DILKIN, P.; et al. Desempenho e plumagem de frangos de corte intoxicados por aflatoxinas. **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.234-239, 2006.
- GONZÁLEZ, F.H.D.; CONCEIÇÃO, T.R.; SIQUEIRA, A.J.S.; et al. Variações sanguíneas de uréia, creatinina, albumina e fósforo em bovinos de corte no rio grande do sul. **A Hora Veterinária**, v.20, p.59 - 62, 2000.

- HENRY, M.H.; WYATT, R.D.; FLETCHER, O.J. The toxicity of purified fumonisin b1 in broiler chicks. **Poultry Science**, v.79, p.1378–1384, 2000.
- HERNANDEZ, R.; GAZETTA, J.O.; MORAES, V.M.B. Método simples e acessível para determinar amônia liberada pela cama aviária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.824-829, 2001.
- KARAMANLIS, X.; FORTOMARIS, P.; ARSENOS, G; et al. The effect of a natural zeolite (clinoptilolite) on the performance of broiler chickens and the quality of their litter. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v.21, n.11, p.1642 – 1650, 2008.
- MACIEL, R.M.; LOPES, S.T.A.; SANTURIO, J.M.; et al. Função hepática e renal de frangos de corte alimentados com dietas com aflatoxinas e clinoptilolita natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.9, p.1221-1225, 2007a.
- MACIEL, R.M.; LOPES, S.T.A.; SANTURIO, J.M.; et al. Perfil eletroforético das proteínas séricas de frangos de corte alimentados com dietas contendo aflatoxinas e/ou argila clinoptilolita natural. **Ciência Rural**, v.37, n.3, 2007b.
- MALLMANN, A.O.; DILKIN, P.; VIDAL, J.K.; et al. Influência da qualidade micotóxica e nutricional de híbridos de milho no custo da ração de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.71, n.5, p.1659-1668, 2019.
- MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W. et al; The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Research Report of Connection Agriculture Experiment Station**, N. 7, p. 11, 1965.
- MIAZZO, R.; PERALTA, M.F.; MAGNOLI, C.; et al. Efficacy of Sodium Bentonite as a Detoxifier of Broiler Feed Contaminated with Aflatoxin and Fumonisin. **Poultry Science**, v.84, p.1–8, 2005.
- MINAFRA, C.S.; RODRIGUES, D.R.; VACCARI, I.C.M. et al. Lesões orais em frangos de corte provocadas por micotoxinas do milho: Revisão. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.12, n.7, p.1-11, 2018.
- NIKOLAKAKIS, I.; DOTAS, V.; KARGOPOULOS, A. et al. Effect of natural zeolite (clinoptilolite) on the performance and litter quality of broiler chickens. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Science**, v.37, p.682-686, 2013.
- NUNES, R.V.; BROCH, J.; WACHHOLZ, L.; et al. Choosing sample sizes for various blood parameters of broiler chickens with normal and non-normal observations. **Poultry Science**, v.97, p.3746–3754, 2018.
- OLIVEIRA, E.M.I.; TANURE, C.B.G.S.; CASTEJON, F.V.I.; et al. Performance and nutrient metabolizability in broilers fed diets containing corn contaminated with fumonisin b1 and esterified glucomannan. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.17, n.3, p.313-318, 2015.

- ORTATATLI, M.; OGUZ, H.; HATIPOGLU, F.; et al. Evaluation of pathological changes in broilers during chronic aflatoxin (50 and 100 ppb) and clinoptilolite exposure. **Research in Veterinary Science**, v.78, p.61–68, 2005.
- OUHIDA, I.; PEREZ, J. F.; PIEDRAFITA, J.; et al. The effects of sepiolite in broiler chicken diets of high, medium and low viscosity. Productive performance and nutritive value. **Animal Feed Science and Technology**, v.85, n.3-4, p.183-194, 2000.
- PASHA, T. N.; MAHMOOD, A.; KHATTAK, F. M.; et al. The effect of feed supplemented with different sodium bentonite treatments on broiler performance. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v.32, n.4, p.245-248, 2008.
- RAUBER, R.H.; OLIVEIRA, M.S.; MALLMANN, A.O.; et al. Effects of fumonisin B1 on selected biological responses and performance of broiler chickens. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.33, n.9, p.1081-1086, 2013.
- REIS, T.L.; DILELIS, F.; FASSANI, E.J.; et al. Aluminossilicatos na alimentação de aves: revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v. 9, n.8, 2020.
- RODRIGUES, P.B.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; et al. Desempenho de Frangos de Corte, Digestibilidade de Nutrientes e Valores Energéticos de Rações Formuladas com Vários Milhos, suplementadas com Enzimas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.171-182, 2003.
- ROSIM, R.E.; OLIVEIRA, C.A.F.; CORASSIN, C.H. Aflatoxina M1 e Aflatoxina B1-lisina como Biomarcadores de Avaliação da Eficiência de Adsorventes para Aflatoxinas: Artigo de Revisão. **Ensaio**, v.22, n.3, p.171-178, 2018.
- ROSSI, P.; RUTZ, F.; LIMA, G.J.M.M.; et al. Efeito do adsorvente a base de glucomamano esterificado no desempenho e caracterização visceral de frangos de corte. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.16, n.1-4, p.91-100, 2010.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, L.F.T.; et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4ª ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 488 p., 2017.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2016, 262p.
- SCHNEIDER, A.F.; ZIMMERMANN, O.F.; GEWEHR, C.E. Zeolites in poultry and swine production. **Ciência Rural**, v.47, n.08, p.1-8, 2017.
- SIBBALD, I.R. e SLINGER, S.J. a biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. **Poultry Science**, v.42, n.2, p.313–325, 1963.
- SILVA, C.S.; COUTO, H.P.; FERREIRA, R.A. et al. Valores nutricionais de milhos de diferentes qualidades para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.883-889, 2008.

- SILVA, C.S.; MENTEN, J.F.M.; TRALDI, A.B.; et al. Avaliação de milhos de diferentes densidades para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, p.1554-1561, 2011.
- SODRÉ, F.L.; COSTA, J.C.B.; LIMA, J.C.C. Avaliação da função e da lesão renal: um desafio laboratorial. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v.43, n.5, p.329-337, 2007.
- SOUSA, F.C.; TINÔCO, I.F.F.; PAULA, M.O.; et al. Medidas para minimizar a emissão de amônia na produção de frangos de corte: revisão. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering** v.10, n.1 p.51-61, 2016.
- STRINGHINI, J.H.; MOGYCA, N.S.; ANDRADEM M.A. et al. Efeito da qualidade do milho no desempenho de frangos de corte. **Revista Brasileira da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.191-198, 2000.
- TATAR, A., BOLDAJI, F.; DASTAR, B.; et al. Effects of dietary supplementation with perlite and zeolite on performance, litter quality and carcass characteristics of broilers from 7- 42 days of age. **International Research Journal of Applied and Basic Sciences**, v.3 p. 1148-1154, 2012.
- TESSARI, E.N.C.; KOBASHIGAWA, E.; CARDOSO, A.L.S.P. et al. Effects of Aflatoxin B1 and Fumonisin B1 on Blood Biochemical Parameters in Broilers. **Toxins**, v.2, p.453-460, 2010.
- VAN KEULEN, J.; YOUNG, B.A. Evaluation of acid-insoluble ash as natural marker in ruminant digestibility studies. **Journal of Animal Science**, v.4, p.282-287, 1977.
- YALÇIN, S.; GEBEŞ, E. S.; ŞAHİN, A.; et al. Sepiolite as a feed supplement for broilers. **Applied Clay Science**, v.148, p.95-102, 2017.

4 ZEÓLITA CLINOPTILOLITA EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE

Resumo – O presente trabalho teve por objetivo avaliar a utilização de zeólita clinoptilolita como melhorador de desempenho em frangos de corte. Foram utilizados 900 frangos de corte machos, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 9 repetições. As rações foram formuladas utilizando o milho 1 com a inclusão de 4 concentrações de zeólita clinoptilolita (0; 2500; 5000 e 10000 g ton⁻¹). Os diferentes níveis de inclusão de zeólita influenciaram ($P < 0,05$) a quantidade de amônia liberada pela cama aos 21 dias e aos 42 dias houve comportamento linear crescente. O CDMS aumentou ($P < 0,05$), enquanto o CDPB, CDEB e CDMM não foram influenciados. Os níveis de inclusão de zeólita impactaram ($P < 0,05$) os valores de PBdig, EBdig e MMdig, sendo que a EBdig e a MMdig apresentaram efeito quadrático. A porcentagem de gordura abdominal e o peso relativo do pâncreas apresentaram comportamento quadrático. A zeólita não alterou o desempenho, níveis séricos e qualidade da cama das aves aos 42 dias de idade. Proporcionou melhora da porcentagem de nutrientes digestíveis (PB, EB e MM), influenciou o peso de pâncreas e não causou alterações nos demais órgãos.

Palavras-chave: histopatologia, qualidade da cama, níveis séricos, nutrição

4 ZEOLITE (CLINOPTILOLITE) IN BROILERS FEEDS

Abstract - The present work aimed to evaluate the use of zeolite (clinoptilolite) as a performance enhancer in broilers. 900 male broilers were used, distributed in a completely randomized design, with 4 treatments and 9 repetitions. The diets were formulated using corn 1 with the inclusion of 4 zeolite concentrations (0; 2500; 5000 and 10000 g ton⁻¹). The different levels of zeolite inclusion influenced ($P<0.05$) the amount of ammonia released by the bed at 21 days and at 42 days there was an increasing linear behavior. The CDMS increased ($P<0.05$), while the CDPB, CDEB and CDMM were not influenced. The inclusion levels of zeolite impacted ($P<0.05$) the values of PBdig, EBdig and MMdig, with EBdig and MMdig having a quadratic effect. The percentage of abdominal fat and the relative weight of the pancreas showed quadratic behavior. The zeolite did not alter the performance, serum levels and quality of the birds' litter at 42 days of age. It provided an improvement in the percentage of digestible nutrients (PB, EB and MM), influenced the weight of the pancreas and did not cause changes in the other organs.

Keywords: histopathology, litter quality, serum levels, nutrition

4.1 Introdução

As zeólitas são minerais cuja estrutura é composta pelo infinito de canais que a tornam uma verdadeira peneira, o que determina em grande parte suas propriedades mais importantes, tais como: troca catiônica, adsorção e sua capacidade de hidratação e desidratação (ALVAREZ et al., 2019).

As zeólitas adicionadas à dieta podem conter cálcio, alumínio, sódio e outros elementos que podem afetar o equilíbrio mineral e, portanto, não é possível determinar se alterações como: consumo de ração, ganho de peso e peso final, são produzidas pela zeólita como tal ou por esses elementos. O equilíbrio da dieta para minerais e o equilíbrio aniônico, bem como proteínas e energia, são essenciais para garantir que as verdadeiras características da zeólita sejam avaliadas e não confundidas com os efeitos de diluição de dietas desequilibradas (BASHA et al., 2016).

Tentou-se justificar o uso de zeólitas na dieta de aves com o argumento de que elas têm um efeito benéfico no ganho de peso. Contudo, os resultados a esse respeito apresentam ambiguidades e conflitos, sem que haja um consenso sobre se a zeólita pode melhorar o crescimento de frangos de corte. García (2010) revisou 39 artigos relatando dados sobre ganho de peso e taxas de crescimento, concluindo que, exceto em alguns casos que apresentaram leves melhorias no crescimento de frangos, na maioria dos casos nenhum efeito benéfico foi registrado e houve até algumas experiências em que um efeito adverso foi registrado.

O melhor atributo dado à zeólita é o efeito benéfico sobre a eficiência nutricional, tanto em frangos de corte quanto em poedeiras. Os efeitos das zeólitas na eficiência alimentar podem ser devidos a uma redução na taxa de passagem no intestino, à imobilização de enzimas e sua influência na microflora do intestino (WU et al., 2013). Além disso, as zeólitas melhoram a energia metabolizável aparente e líquida e a proteína digestível no trato digestivo, bem como o número, tamanho e forma das vilosidades intestinais (WU et al., 2013).

Uma das primeiras funções e propriedades atribuídas à zeólita é a sua capacidade de reter água, portanto, um de seus primeiros usos foi melhorar as condições da cama. Schneider et al. (2017) relataram que o consumo de zeólita causa um menor teor de umidade nas fezes e, portanto, também na cama.

Os níveis de inclusão de zeólita variam de 1 a 10%. O nível recomendado para zeólita sintética é de 1% e para níveis naturais tão altos quanto 10% foram relatados (GARCÍA,

2010). Essas diferenças na dose refletem as principais características físicas e químicas entre as zeólitas naturais e sintéticas e o conteúdo de impurezas nas zeólitas naturais.

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da inclusão de diferentes níveis de zeólita clinoptilolita sobre o desempenho, peso relativo dos órgãos, danos hepáticos, parâmetros sanguíneos, rendimento de carcaça e cortes e qualidade da cama de frangos de corte.

4.2 Material e métodos

O aviário experimental utilizado foi construído em alvenaria, no sentido Leste-Oeste, com 20 metros de comprimento e 8 metros de largura e seu interior dividido em 36 boxes de 1,76m². Cada box possuía comedouro tubular, bebedouro tipo *nipple*, piso de concreto, recoberto com uma camada de aproximadamente 10cm de cama de maravalha de pinus de primeiro uso e fonte para aquecimento (resistência 250 watts).

Foram utilizados 900 frangos de corte machos da linhagem Cobb[®] 500, com 1 dia de idade e peso médio de 43,56 ± 0,73g. As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 9 repetições. As rações foram formuladas utilizando o milho 1 com a inclusão de 4 concentrações de zeólita clinoptilolita (0; 2500; 5000 e 10000g ton⁻¹).

As rações foram formuladas à base de milho e farelo de soja e fornecidas na forma farelada (Tabela 1). As exigências nutricionais usadas para formulação das rações experimentais foram embasadas nas recomendações utilizadas pela Cooperativa Agroindustrial Copagrill, para as fase de: 1 a 7 (pré-inicial), 8 a 21 (inicial), 22 a 28 (crescimento 1), 29 a 35 (crescimento 2) e 36 a 42 dias de idade (terminação). A utilização da zeólita clinoptilolita foi realizada em peso por peso (g g⁻¹), em substituição ao material inerte (areia) presente na formulação. As rações de terminação foram suplementadas com 1kg ton⁻¹ de celite, para determinação do coeficiente de indigestibilidade.

Tabela 1. Composição percentual e calculada da dieta basal de frangos de corte contendo dois tipos de milho e concentrações de adsorventes para micotoxinas

Ingredientes (%)	1 a 7 dias	8 a 21 dias	22 a 28 dias	29 a 35 dias	36 a 42 dias
Milho (8,0%)	507,30	511,90	574,10	600,80	639,10
Farelo de Soja (48%)	361,00	331,00	271,00	250,00	223,00
Óleo de Soja	50,68	76,67	74,80	71,90	67,00
Farinha de Carne e Ossos (45%)	47,0	52,00	52,00	49,00	42,00
Calcário Calcítico (38,5 %)	4,40	4,27	4,56	4,61	4,50
Fosfato Bicálcico	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00
DL-Metionina (99%)	3,94	3,31	2,89	2,81	2,64
Lisina Sulfato (51,7%)	3,83	2,69	2,85	3,41	3,67
L-Treonina 98%	1,05	0,77	0,73	0,81	0,83
Sal comum	3,90	3,11	3,13	2,66	2,35
Cloreto de Colina (60%)	0,88	0,74	0,70	0,79	0,81
Blend enzimático ¹	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Supl. Vitaminico ²	1,30	1,30	1,00	1,00	1,00
Supl. Mineral ³	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
ADISODIUM ⁴	0,84	0,84	0,84	0,84	1,35
Enracima 8% ⁵	0,10	0,10	0,06	0,06	0,00
Salinomicina 12% ⁶	0,55	0,55	0,50	0,50	0,00
Inerte ⁷	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Celite ^{TM8}	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

Total	1000	1000	1000	1000	1000
Composição calculada (%)					
Energia metabolizável (kcal kg ⁻¹)	3049	3229	3279	3290	3300
Proteína bruta (PB)	23,7	22,4	20,1	19,2	18,0
Metionina digestível	0,707	0,631	0,566	0,549	0,520
Lisina digestível	1,330	1,202	1,071	1,049	0,990
Treonina digestível	0,861	0,793	0,711	0,690	0,652
Triptofano digestível	0,256	0,240	0,212	0,202	0,189
Leucina digestível	1,731	1,650	1,519	1,471	1,407
Isoleucina digestível	0,940	0,885	0,780	0,741	0,690
Arginina digestível	1,481	1,400	1,232	1,167	1,077
Sódio	0,230	0,200	0,200	0,180	0,180
Cloro	0,335	0,288	0,289	0,261	0,238
Potássio	0,917	0,861	0,758	0,721	0,673
Cálcio	0,980	0,965	0,961	0,924	0,842
Fósforo Disponível	0,503	0,483	0,480	0,462	0,421

¹ Amilase 400000U; Fitase 2000000 U; Protease 8000000 U; Xilanase 4976000 U; Glucanase 1216000U. ² Levels per kilogram product: Vit. A (min) 2.7g, Vit. D3 (min) 0.75g, Vit. E (min) 0.06g, Vit. K3 (min) 2.5g, Vit. B1 (min) 1.5mg, Vit. B2 (min) 6g, Vit. B6 (min) 3g, Vit. B12 (min) 0.0012µg, Pantothenic acid (min) 12g, Niacin (min) 25g, Folic acid (min) 800mg, Biotin (min) 60mg, Selenium (min) 0.25g. ³Levels per kilogram product: Copper (min) 20g, Iron (min) 100g, Manganese (min) 160g, Cobalt (min) 2g, Iodine (min) 2g, Zinc (min) 100g. ⁴ Sulfato de sódio, 32% sódio e 22% enxofre. ⁵ Enradin 8%. ⁶Coxistac 12%. ⁷Areia. ⁸Cinza ácido insolúvel.

O consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) foram avaliados aos 7, 21 e 42 dias de idade, quando realizadas a pesagem das aves e das sobras de ração. A mortalidade foi registrada diariamente para possibilitar a realização das correções na conversão alimentar e no consumo de ração (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016).

Para avaliação dos parâmetros sanguíneos aos 20 e 41 dias de idade, 2 aves por UE foram mantidas em jejum de 6 horas, com livre acesso à água, para a colheita de 5ml de sangue via punção da veia ulnar, utilizando sistema a vácuo com tubos sem anticoagulante. Após a coleta e repouso em decúbito horizontal por 15 minutos o sangue foi centrifugado por 10 minutos a 2500rpm para a separação do soro, o qual foi armazenado em microtubos de centrifugação com capacidade de 2ml e armazenados a -20°C para posteriores análises (NUNES et al., 2018). Para realização das leituras, as amostras foram descongeladas a temperatura de 4 a 8°C, permanecendo em geladeira por 24 horas e após este período foram centrifugadas em micro- centrífuga para retirada de possível hemólise. As leituras dos teores de AST (aspartato aminotransferase), ALT (alanina aminotransferase), GammaGT (gama glutamil transferase), creatinina, proteínas totais e albumina foram realizadas utilizando analisador bioquímico automático com espectrofotometria pelo equipamento EL200, da marca Elitech[®], utilizando reagentes, calibradores (Elical II) e padrões de aferição (Elitrol I) da marca Elitech[®].

Para a determinação do peso relativo dos órgãos do trato gastrointestinal (fígado e pâncreas), aos 21 e 42 dias de idade, duas aves por UE foram eutanasiadas e necropsiadas para a retirada dos órgãos. Após a retirada dos órgãos, estes foram pesados em balança de precisão (0,0001g) e o peso relativo de cada órgão foi obtido pela fórmula: (peso órgão/peso vivo) x 100, expressos em percentagem.

O fígado retirado aos 21 e 42 dias de idade, após pesagem, foi analisado para coloração visual, sendo classificados em 4 scores: 0) cor normal (vermelho), 1) ligeiramente amarelado, 2) amarelado, 3) pálido amarelado. A coloração de vermelho a amarelo foi definida em função do grau de saturação de gordura presente no órgão. Para realização desta análise, os fígados retirados das aves foram identificados e sobrepostos em uma folha de papel A4 para registro fotográfico e posterior análise de coloração (FIGURA 1).

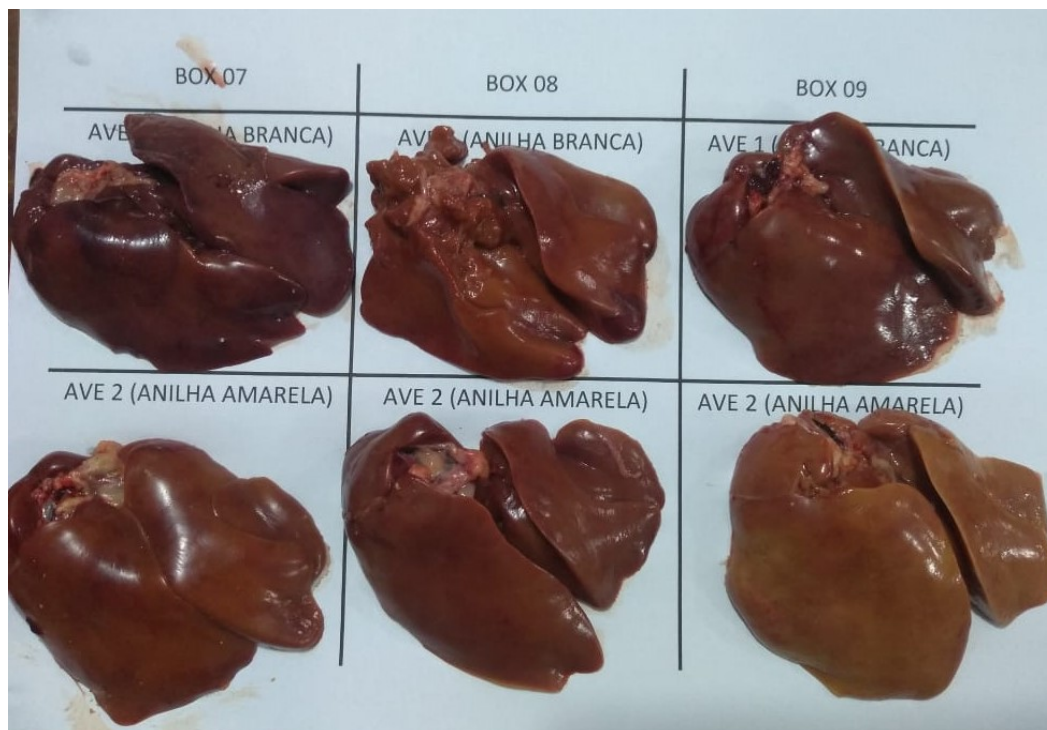


Figura 1. Análise visual dos fígados de frangos de corte aos 42 dias de idade

Fonte: próprio autor

Após a pesagem do fígado, uma amostra do lóbulo maior, de 1 cm², foi fixada em formalina tamponada a 10% e destinadas para avaliação histopatológica no Laboratório de Histopatologia da Universidade Federal do Paraná, *Campus* de Palotina, onde foram desidratadas em séries crescentes de álcool, diafanizadas em xilol e incluídas em parafina. As amostras foram cortadas em micrótomo com espessura de 5µm, alocados em lâmina de microscópio, submetidas à coloração com hematoxilina e o excesso de corante foi retirado com água. Em seguida as amostras foram desidratadas em três concentrações diferentes de álcool (50%, 70% e 100%) e mergulhadas em xilol. Por fim, uma laminula foi colocada sobre a amostra e observada em microscópio óptico.

As análises histopatológicas de 21 e 42 dias de idade revelaram alterações que foram ranqueadas de acordo com sua gravidade, atribuindo-se números de 0 (condição normal) a 3 (alterações acentuadas). Os fígados classificados como 0 apresentaram: ausência de alterações, degeneração hidrópica difusa discreta e degeneração gordurosa difusa discreta. Os classificados como 1 (leve) apresentaram: degeneração gordurosa difusa leve, colestase focal discreta, pericolangite linfocitária e granulocítica multifocal discreta, hiperplasia dos ductos biliares leve e perivasculite linfocitária discreta. Aos classificados como 2 (moderada) atribuiu-se: atrofia difusa moderada, pericolangite e colangite

linfocitoplasmocitária moderada, colangioneecrose focal leve, hiperplasia dos ductos biliares moderada, perivasculite granulocítica difusa moderada, hepatite necrótica leve com infiltrado inflamatório linfocitoplasmocitário, congestão difusa moderada e hemorragia leve. Os fígados classificados como 3 (severo) apresentaram: congestão difusa acentuada e hiperplasia dos ductos biliares acentuada.

Para avaliar a qualidade da cama, aos 24 e 42 dias de idade, foram coletadas amostras para determinação da matéria seca e quantidade de amônia. A coleta da cama para as análises foi realizada em cinco diferentes pontos dentro de cada box, evitando-se as áreas próximas do bebedouro e do comedouro. Em seguida, as cinco amostras foram homogeneizadas e embaladas. A determinação do nitrogênio amoniacal foi realizada segundo a metodologia descrita por Hernandez et al. (2001) e para matéria seca, utilizou-se a técnica 930.15 da AOAC (1990).

Para a determinação da amônia volatilizada acondicionou-se 100 gramas da amostra em recipientes plásticos com tampa, inserindo-se um coletor universal (50 ml) contendo 10 ml de ácido bórico 2%, cuja função foi captar a amônia volatilizada dentro do recipiente. As amostras da cama foram mantidas dentro do recipiente por 24 horas em temperatura ambiente.

Posteriormente, o ácido bórico foi titulado com ácido sulfúrico 0,05N e a quantidade de amônia volatilizada foi determinada pela equação

$$A = V_t \times N \times 1,7 / P \quad \text{em que:}$$

$$A = \text{NH}_3 \text{ em mg;}$$

V_t = volume da solução de H_2SO_4 gasto na titulação (ml) para obtenção do teor de nitrogênio;

N = normalidade do ácido usado para titulação;

P = quantidade de amostra incubada (g).

Para a determinação de matéria seca, 200 gramas de cama foram pesados em balança de precisão, em seguida, armazenados em sacos de papel devidamente identificados e levados em estufa a 80°C durante 24 horas, após, foram pesados novamente e determinadas as percentagens de matéria seca.

Aos 42 dias de idade, três aves por UE foram selecionadas ao acaso, para a avaliação do rendimento de carcaça, cortes, e percentual de gordura abdominal. As aves foram submetidas a seis horas de jejum e acesso livre à água, sendo em seguida, pesadas individualmente, insensibilizadas por eletroanestesia, seguido por exsanguinação. Após as aves foram escaldadas, depenadas e evisceradas. O rendimento de carcaça foi obtido de acordo

com o peso da carcaça eviscerada (sem os pés, cabeça e pescoço), em relação ao peso vivo da ave antes do abate.

Para o rendimento dos cortes, foram considerados os pesos de peito sem osso e pele, sassami, pernas (coxa + sobrecoxa) e asas. Para a gordura abdominal, considerou-se a gordura depositada ao redor da bolsa cloacal, da moela, proventrículo e dos músculos abdominais adjacentes. O rendimento dos cortes foi calculado em relação ao peso da carcaça eviscerada e o percentual da gordura abdominal em relação ao peso vivo da ave.

O conteúdo ileal foi recolhido, identificado por UE para posterior análises. As rações da fase de terminação foram amostradas e devidamente identificadas. Após pré-secagem do conteúdo ileal em estufa de ventilação forçada (55°C por 72h) para a determinação da amostra seca ao ar (ASA), as amostras de excretas e as rações experimentais foram moídas e levadas ao Laboratório de Nutrição Animal da Unioeste para a determinação de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM), segundo as metodologias 930.15, 954.01 e 942.05 descrita por AOAC (1990). Para a determinação da energia bruta (EB), as amostras foram submetidas à combustão em bomba calorimétrica, IKA[®] C200, isoperibólica, com precisão de 0,001°C, como descrito anteriormente.

Para determinação do fator de indigestibilidade foi realizada análise de cinza ácida insolúvel (CAI), de acordo com metodologia descrita por Van Keulen & Young (1977) e adaptada por Carvalho et al. (2013). Para esta análise, foram utilizados 3g de amostra de ração terminação e de excreta, pesadas em cadinhos de 25mL e incineradas em forno mufla por cinco horas com aumento progressivo da temperatura até atingir 600°C. Adicionou-se 5mL de água e 10mL de HCl concentrado (11N) à cinza resultante, mantendo-se em banho-maria até completa evaporação, este procedimento foi realizado duas vezes. Posteriormente, mais 5ml de HCl concentrado foram adicionados e a amostra foi mantida em temperatura ambiente por 15 minutos e filtrada em filtro de papel (Whatman n.42). Após a filtragem, as cinzas foram lavadas com água destilada aquecida e em seguida transferidas com o filtro de papel para um cadinho e levadas à mufla por aproximadamente 10 a 12h a 650°C. Após o esfriamento das amostras em dessecador, procedeu-se a pesagem para a determinação da porcentagem de cinza insolúvel em ácido. Um cadinho com um filtro de papel limpo foi levado à mufla junto com as amostras para a realização de uma amostra branca, para possibilitar as devidas correções de peso.

Com os valores obtidos foram determinados os nutrientes digestíveis totais: cinzas ácidas insolúvel (CAIdig), proteína bruta digestível (PBdig), energia bruta digestível (EBdig), matéria mineral digestível (MMdig), e matéria seca digestível (MSdig) e posterior os

coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB), energia bruta (CDEB) e matéria mineral (CDMM).

No procedimento estatístico foi realizada análise de variância, e as médias comparadas pelo teste SNK, a 5% de significância e posteriormente às médias dos tratamentos foram submetidas à análise de regressão polinomial para obtenção das equações de regressão ($P < 0,05$). Para as análises visual e histopatológicas do fígado o procedimento estatístico utilizado foi o teste não paramétrico de Wilcoxon a 5% de probabilidade.

4.3 Resultados

A inclusão de zeólita na ração de frangos de corte não afetou significativamente ($P > 0,05$) o CR, GP e CA nos períodos de 1 a 21 e 1 a 42 dias de idade (Tabela 2).

Tabela 2. Desempenho produtivo de frangos de corte alimentados com dietas contendo zeólita clinoptilolita

Inclusão (g ton ⁻¹)	21 dias			42 dias		
	CR (g)	GP (g)	CA (g g ⁻¹)	CR (g)	GP (g)	CA (g g ⁻¹)
0	1321	1164	1,143	5046	3193	1,581
2500	1353	1157	1,169	4983	3148	1,584
5000	1340	1153	1,162	5089	3209	1,574
10000	1321	1154	1,144	5162	3222	1,584
P (SNK)	0,3659	0,9045	0,2116	0,1549	0,6355	0,9578
P (Reg.Linear)	0,5503	0,7773	0,6726	0,0945	0,2646	0,6171
P (Reg. Quad.)	0,4364	0,8209	0,1624	0,1824	0,5251	0,7351
EPM	44,61	32,04	0,04	160,13	126,82	0,04
CV (%)	3,34	2,77	2,68	3,16	3,97	2,67

CR: consumo de ração; GP: ganho de peso; CA: conversão alimentar; P (SNK): probabilidade do teste SNK a 5%; P (Reg. Linear): probabilidade da regressão linear; P (Reg. Quad.): probabilidade da regressão quadrática; EPM: erro padrão da média; CV: coeficiente de variação.

A inclusão de diferentes níveis de zeólita na ração das aves proporcionou diferença ($P = 0,0355$) na quantidade de amônia encontrada na cama aviária aos 24 e aos 42 dias de idade, a produção de amônia pelas aves demonstrou um efeito linear ($P = 0,0279$). Contudo, não foi observado efeito ($P > 0,05$) das diferentes concentrações de inclusão de zeólita nas rações sobre a quantidade de MS na cama aos 24 e 42 dias de idade (Tabela 3).

Tabela 3. Matéria seca e amônia (NH_3 mg 100g^{-1}) liberada pela cama de aviário de frangos de corte alimentados com rações contendo zeólita clinoptilolita aos 24 e 42 dias de idade

Inclusão (g ton^{-1})	24 dias		42 dias	
	NH_3 ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)	MS (%)	NH_3 ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)	MS (%)
0	1,26 ^{ab}	67,65	1,37	67,95
2500	1,05 ^b	65,71	1,75	69,04
5000	1,42 ^a	69,02	1,57	65,44
10000	1,33 ^{ab}	67,22	2,01	70,39
P (SNK)	0,0355	0,6202	0,1119	0,3026
P (Reg. Linear)	0,2373	0,8885	0,0279 ¹	0,4195
P (Reg. Quad.)	0,4925	0,9711	0,0904	0,3687
EPM	0,26	5,13	0,55	5,59
CV (%)	20,75	7,62	33,12	8,20

NH_3 : Concentração de amônia; MS (%): Matéria seca; P (SNK): probabilidade do teste SNK a 5%; P (Reg. Linear): probabilidade da regressão linear; P (Reg. Quad.): probabilidade da regressão quadrática; EPM: erro padrão da média; CV: coeficiente de variação.

^{ab}Médias com letras diferentes, na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de SNK 5%.

¹ NH_3 : $Y = 1.44513 + 0.00005664X$. ($R^2 = 0,1421$).

A inclusão das diferentes concentrações de zeólita (0; 2500; 5000 e 10000 g ton^{-1}) não refletiram em diferença ($P > 0,05$) sobre os parâmetros séricos aos 21 e 42 dias de idade (Tabela 4).

Tabela 4. Concentração sérica de metabólitos sanguíneos de frangos de corte alimentados com rações contendo zeólita clinoptilolita

Inclusão (g ton ⁻¹)	21 dias de idade						42 dias de idade					
	ALB (g L ⁻¹)	PT (g L ⁻¹)	CREA (mg dL ⁻¹)	ALT (UI L ⁻¹)	AST (UI L ⁻¹)	GGT (UI L ⁻¹)	ALB (g L ⁻¹)	PT (g L ⁻¹)	CREA (mg L ⁻¹)	ALT (UI L ⁻¹)	AST (UI dL ⁻¹)	GGT (UI L ⁻¹)
0	15,20	25,54	0,21	10,74	202	19,35	16,60	27,60	0,19	13,24	410	30,98
2500	14,86	25,32	0,21	11,38	167	18,64	16,76	27,06	0,19	11,53	386	36,94
5000	14,63	25,00	0,21	11,60	200	17,34	17,34	27,06	0,20	14,83	477	29,34
10000	15,33	26,53	0,23	11,68	191	20,90	16,87	26,21	0,20	14,37	427	31,63
P (SNK)	0,7772	0,5932	0,3007	0,9723	0,3571	0,7329	0,5775	0,9079	0,7030	0,0562	0,1456	0,3895
P (Reg. Linear)	0,9565	0,3702	0,1711	0,8834	0,3453	0,3377	0,7656	0,6001	0,2203	0,3624	0,2857	0,7876
P (Reg. Quad.)	0,5623	0,2881	0,2923	0,9895	0,6175	0,2408	0,5801	0,8717	0,4538	0,6534	0,2508	0,9201
EPM	1,58	2,47	0,03	4,62	43,16	6,12	1,15	4,04	0,02	2,53	83,54	9,67
CV (%)	10,50	9,64	13,29	40,71	22,68	31,93	6,81	14,97	10,55	18,69	19,66	29,97

ALB: albumina; PT: proteínas totais; CREA: creatinina; ALT: alanina aminotransferase; AST: aspartato aminotransferase; GGT: gama glutamiltransferase; P (SNK): probabilidade do teste SNK a 5%; P (Reg. Linear): probabilidade da regressão linear; P (Reg. Quad.): probabilidade da regressão quadrática; EPM: erro padrão da média; CV: coeficiente de variação.

Foi observado efeito (P=0,0394) das diferentes concentrações de inclusão de zeólita clinoptilolita nas rações sobre o CDMS (Tabela 5). As aves que consumiram dietas sem inclusão de zeólita apresentaram menor CDMS quando comparadas com as aves alimentadas com a inclusão de zeólita (2500g ton⁻¹).

Tabela 5. Coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, energia bruta e matéria mineral de dietas de frangos de corte alimentados com diferentes concentrações de zeólita clinoptilolita

Inclusão (g ton ⁻¹)	CDMS (%)	CDPB (%)	CDEB (%)	CDMM (%)
0	66,93 ^b	65,23	70,27	36,03
2500	72,99 ^a	71,52	75,08	39,08
5000	69,06 ^{ab}	66,30	72,44	34,60
10000	69,20 ^{ab}	66,44	71,43	35,41
P (SNK)	0,0394	0,0837	0,0785	0,3198
P (Reg. Linear)	0,6227	0,4807	0,9521	0,0999
P (Reg. Quad.)	0,6733	0,6143	0,2731	0,2563
EPM	4,28	5,13	3,74	5,32
CV (%)	6,16	7,72	5,17	14,67

CDMS: Coeficiente de digestibilidade na matéria seca; CDPB: Coeficiente de digestibilidade de proteína bruta; CDEB: Coeficiente de digestibilidade de energia bruta; CDMM: Coeficiente de digestibilidade da matéria mineral; P (SNK): probabilidade do teste SNK a 5%; P (Reg. Linear): probabilidade da regressão linear; P (Reg. Quad.): probabilidade da regressão quadrática; EPM: erro padrão da média; CV: coeficiente de variação.

^{ab} letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de SNK 5%.

A inclusão de diferentes níveis de zeólita refletiu em diferença nas variáveis PBDig (P=0,0190), EBDig (P=0,0198) e MMDig (P=0,0047). Diante a regressão polinomial houve efeito linear (P=0,0019) e quadrático (P=0,0066) dos níveis sobre a MMDig e efeito quadrático (P=0,0211) dos níveis sobre a EBDig (Tabela 6).

Tabela 6. Digestibilidade de nutrientes em frangos de corte alimentados com diferentes concentrações de zeólita clinoptilolita

Inclusão (g ton ⁻¹)	MSDig (%)	PBDig (%)	EBDig (%)	MMDig (%)
0	17,84	12,79 ^b	3385 ^b	1,95 ^b
2500	17,54	14,29 ^a	3595 ^{ab}	2,18 ^b
5000	17,49	13,13 ^b	3619 ^a	2,09 ^b
10000	17,40	12,88 ^b	3403 ^{ab}	2,53 ^a
P (SNK)	0,6575	0,0190	0,0198	0,0047
P (Reg.Linear)	0,4237	0,2505	0,8009	0,0019 ¹
P (Reg. Quad.)	0,6223	0,2278	0,0211 ³	0,0066 ²
EPM	0,73	1,02	183,05	0,31
CV (%)	4,17	7,72	5,22	14,16

MSDig: matéria seca digestível; PBDig: proteína bruta digestível; EBDig: energia bruta digestível; MMDig: matéria mineral digestível; P (SNK): probabilidade do teste SNK a 5%; P (Reg. Linear): probabilidade da regressão linear; P (Reg. Quad.): probabilidade da regressão quadrática; EPM: erro padrão da média; CV: coeficiente de variação.

^{ab} letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de SNK 5%;

¹MMDig: $2,00221+0,00004811x$; $R^2= 0,2945$.

²MMDig: $2,05266 + 0,00000771x + 3,843671x^2$; $R^2= 0,3106$.

³EBDig: $3395,10238 + 0,09721x - 0,00000951x^2$; $R^2=0,2486$.

A utilização de diferentes concentrações de zeólita não influenciou ($P>0,05$) no rendimento de carcaça e cortes aos 42 dias de idade (Tabela 7). Entretanto, a inclusão de zeólita influenciou na quantidade de GA produzida ($P=0,0359$), gerando um efeito quadrático ($P=0,0123$).

Tabela 7. Rendimento de carcaça e cortes de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de zeólita clinoptilolita aos 42 dias de idade

Inclusão (g ton ⁻¹)	RCQ(%)	RCF(%)	Peito(%)	Perna(%)	Asa(%)	Sass(%)	GA(%)
0	70,25	71,56	27,20	30,81	9,65	5,44	1,62 ^b
2500	70,04	71,07	27,47	30,82	9,52	5,40	1,81 ^a
5000	70,18	71,09	26,95	31,21	9,85	5,49	1,84 ^a
10000	70,62	71,01	27,76	30,57	9,57	5,42	1,71 ^{ab}
P (SNK)	0,7156	0,7870	0,4789	0,4635	0,5910	0,9143	0,0359
P (Reg. Linear)	0,5660	0,7889	0,4896	0,9881	0,6740	0,8046	0,5832
P (Reg. Quad.)	0,7207	0,6469	0,6450	0,2906	0,3131	0,9593	0,0123 ¹
EPM	1,12	1,28	1,04	0,83	0,54	0,27	0,16
CV(%)	1,59	1,80	3,82	2,69	5,56	4,90	9,14

RCQ: Rendimento de Carcaça quente; RCF: Rendimento de Carcaça fria; GA: Gordura Abdominal; P (SNK): probabilidade do teste SNK a 5%; P (Reg. Linear): probabilidade da regressão linear; P (Reg. Quad.): probabilidade da regressão quadrática; EPM: erro padrão da média; CV: coeficiente de variação.

^{ab}Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK ($P<0,05$).

¹GA: $1,61478 + 0,00009148x - 8,2437x^2$; $R^2 = 0,2694$.

O peso relativo do pâncreas apresentou diferença ($P=0,0327$) nas aves aos 42 dias de idade (Tabela 8), apresentando efeito quadrático ($P=0,0117$), sobre os diferentes níveis de inclusão de zeólita clinoptilolita.

Tabela 8. Peso relativo (%) dos órgãos do trato gastrointestinal de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade, alimentados com rações contendo zeólita clinoptilolita

Inclusão (g ton ⁻¹)	21 dias				42 dias	
	Fígado	Pâncreas	ID	IG	Fígado	Pâncreas
0	2,270	0,264	3,394	0,618	1,629	0,140 ^b
2500	2,346	0,305	3,326	0,624	1,673	0,151 ^{ab}
5000	2,256	0,284	3,227	0,644	1,657	0,157 ^a
10000	2,357	0,278	3,243	0,618	1,629	0,144 ^{ab}
P (SNK)	0,5454	0,3363	0,5139	0,7791	0,8601	0,0327
P (Reg. Linear)	0,4581	0,9237	0,2043	0,9838	0,8300	0,6398
P (Reg. Quad.)	0,7238	0,4382	0,3305	0,6618	0,7419	0,0117 ¹
EPM	0,18	0,05	0,26	0,06	0,13	0,01
CV (%)	7,88	16,56	8,02	9,78	7,95	8,31

ID: Intestino delgado; IG: Intestino grosso; P (SNK): probabilidade do teste SNK a 5%; P (Reg. Linear): probabilidade da regressão linear; P (Reg. Quad.): probabilidade da regressão quadrática; EPM: erro padrão da média; CV: coeficiente de variação.

^{ab}Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05);

¹Pâncreas: $0,13951 + 0,00000623x - 5,7382x^2$; $R^2 = 0,2361$.

A inclusão de diferentes níveis de zeólita não influenciou (P>0,05) nas características visuais e histopatológicas dos fígados analisados (Tabela 9).

Tabela 9. Análises visual e histopatológica de lesões hepáticas de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes inclusões de zeólita clinoptilolita aos 21 e 42 dias de idade

Inclusão (g ton ⁻¹)	21 dias		42 dias	
	Visual	Histologia	Visual	Histologia
0	16,44	18,89	14,56	17,06
2500	16,44	17,50	21,56	19,06
5000	21,00	16,17	18,94	17,06
10000	20,11	21,44	18,94	20,83
P Wilcoxon	0,6224	0,7070	0,4478	0,7956

P: probabilidade teste de Wilcoxon a 5%.

Não houve influência dos diferentes níveis de inclusão de zeólita sobre a frequência de lesão hepática macroscópica de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade (Tabelas 10).

Tabela 10. Frequência de lesão hepática macroscópica de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes inclusões de zeólita clinoptilolita aos 21 e 42 dias de idade

Inclusão (g ton ⁻¹)	21 dias				42 dias			
	Normal (%)	Leve (%)	Moderada (%)	Severa (%)	Normal (%)	Leve (%)	Moderada (%)	Severa (%)
0	20,72	14,89	20,50	18,00	23,94	15,28	16,00	17,50
2500	20,72	14,89	18,50	20,00	17,61	16,06	18,00	21,50
5000	15,39	23,50	16,50	18,00	14,83	21,72	20,00	17,50
10000	17,17	20,72	18,50	18,00	17,61	20,94	20,00	17,50
P	0,5420	0,1060	0,5344	0,3916	0,2176	0,3070	0,4782	0,1033

P: probabilidade pelo teste de Wilcoxon a 5%.

Não houve influência dos diferentes níveis de inclusão de zeólita sobre a frequência de lesão histopatológica de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade (Tabelas 11).

Tabela 11. Frequência de lesão histopatológica de fígado de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes inclusões de zeólita clinoptilolita aos 21 e 42 dias de idade

Inclusão (g ton ⁻¹)	21 dias				42 dias			
	Normal (%)	Leve (%)	Moderada (%)	Severa (%)	Normal (%)	Leve (%)	Moderada (%)	Severa (%)
0	44,44	33,33	22,22	0,00	66,67	11,11	22,22	0,00
2500	61,11	11,11	22,22	5,56	55,56	22,22	11,11	11,11
5000	61,11	5,56	33,33	0,00	66,67	11,11	22,22	0,00
10000	38,89	16,67	44,44	0,00	44,44	22,22	33,33	0,00
P	0,418	0,133	0,411	0,385	0,473	0,659	0,463	0,104

P: probabilidade pelo teste de Wilcoxon a 5%.

4.4 Discussão

Os resultados encontrados para a inclusão de zeólita clinoptilolita sobre as variáveis de desempenho produtivo são semelhantes aos apresentados por Ferreira et al. (2005), que ao utilizarem 1% de aluminossilicato na ração de frangos de corte não observaram diferenças significativas para estas variáveis. Se opondo aos resultados encontrados por Karamanlis et al. (2008), que ao fornecerem uma dieta basal e outra com 2% de clinoptilolita a frangos de corte, observaram que as aves que receberam a zeólita apresentaram ganho de peso maior em todo o período de criação, quando comparados aos animais que consumiram a dieta basal.

O aumento do ganho de peso dos animais que consomem zeólita também pode ser atribuído ao tipo de zeólita utilizada, sua pureza e propriedades físico-químicas, assim como os níveis de suplementação (PAPAIIOANNOU et al., 2005).

Os resultados encontrados neste trabalho para produção de amônia na cama de frangos com inclusão de zeólita na ração são similares aos apresentados por Karamanlis et al. (2008), que avaliaram a inclusão de 2% de zeólitas naturais na dieta de frangos de corte aos 14 dias de idade e obtiveram resultados significativos, apresentando decréscimo nas emissões de amônia no grupo tratado com zeólita, sendo que a quantidade de matéria seca da cama não diferiu entre os tratamentos.

Uma diminuição na emissão de amônia pode ser atribuída ao efeito positivo que a zeólita apresenta na utilização de nutrientes, em termos da adsorção de maiores quantidades de nitrogênio proteico. Os zeólitos naturais têm sido utilizados com sucesso variável para o controle da produção de amônia, dependendo das propriedades físicas dos materiais utilizados (KARAMANLIS et al., 2008).

A quantidade de zeólita incluída na dieta das aves não alterou a quantidade de matéria seca na cama aviária. Relato semelhante ao de Basha et al. (2016), que ao testarem diferentes formas de inclusão de zeólita na avicultura, não encontraram diminuição significativa da umidade da cama, exceto quando este aluminossilicato foi incluído na dieta, cama e suspenso sob os animais, concomitantemente. Contudo, Schneider et al. (2017) observaram que a quantidade de matéria seca nas excretas de frangos submetidos a dietas com 0,5% de zeólita, foi maior quando comparada às excretas das aves que não receberam zeólita na dieta. Assim como Nikolakakis et al. (2013), ao incluírem doses de 1, 2 e 3% de zeólita clinoptilolita na dieta de frangos de corte, verificaram diminuição significativa na umidade da cama das aves que receberam 2 e 3% de zeólita, aos 30 e 40 dias de idade.

As zeólitas retêm água por balanço osmótico ou por hidratação dos cátions que estão compensando cargas superficiais, por isso é um aditivo alimentar recomendado para redução

de umidade nas excretas e conseqüentemente na cama aviária (SCHNEIDER et al., 2017). Entretanto, diversos fatores podem interferir na umidade da cama, como temperatura, tipo de bebedouro, consumo de água, dieta e ventilação e estes podem ser responsáveis por diferenças encontradas na literatura (OLIVEIRA et al., 2004).

Os diferentes níveis de inclusão de zeólita na ração não alteraram os níveis de concentração sérica das aves, corroborando com os resultados encontrados por Watts et al. (2003), que forneceram aluminossilicato hidratado de cálcio e fósforo para aves. Assim como Rocha et al. (2012), que incluíram sete níveis diferentes de zeólita clinoptilolita em dietas para suínos, e não observaram influência destes nos parâmetros sanguíneos nos animais. Indo de encontro ao estudo realizado por Maciel et al. (2007), que ao incluírem 0; 0,25 e 0,5% de clinoptilolita em rações para frangos de corte, não observaram influência da clinoptilolita na quantidade de proteínas séricas produzidas pelas aves.

A inclusão de diferentes níveis de zeólita não influenciou o CDEB e CDPB da dieta. Contudo, ao avaliarem o efeito da inclusão de 0; 1,5 e 3% de zeólita na dieta de frangos de corte sobre o CDEB e CDPB, Safaeikatouli et al. (2012), verificaram que a inclusão de 3% de zeólita aumentou significativamente o CDPB, entretanto, o valor de CDEB não diferenciou para as doses avaliadas.

A razão para o melhor coeficiente de digestibilidade dos nutrientes é a ação dos silicatos minerais, os quais proporcionam aumento da digestibilidade de certos nutrientes, pois fazem conexão temporária com os mesmos e reduzem a taxa de passagem gastrointestinal, deixando-os expostos à digestão por mais tempo (SAFAEIKATOULI et al., 2012).

Os resultados encontrados para PB, EB e MM digestíveis mediante as diferentes inclusões de zeólita mostram-se significativos, contrastando com o estudo realizado por Macháček et al. (2010), que incluindo 0; 2 e 4% de zeólita na dieta de galinhas poedeiras, não observaram diferença na quantidade de PB, EB e MM nas excretas das aves. Assim como Ferreira et al. (2005), ao incluírem 1% de aluminossilicato na dieta, obtiveram valores de matéria seca maiores nas excretas das aves com tratamento, quando comparadas ao grupo controle. Resultado significativo para a quantidade de matéria seca e não significativo para a quantidade de proteína bruta nas excretas das aves foi encontrado por Schneider et al. (2017), utilizando inclusão de 0,5% de zeólitas naturais na ração de frangos de corte.

A zeólita pode aumentar a digestibilidade dos alimentos, tal como o desempenho dos frangos, de acordo com Mumpton e Fishman (1977), o que reforça os resultados encontrados nesta pesquisa. Em pesquisa realizada por Qu et al. (2019), avaliando a inclusão de 10 g kg⁻¹ de zeólita na ração de frangos de corte, os autores observaram que esta pode estimular as

vilosidades do intestino delgado. Este pode ser o motivo para uma melhor digestibilidade dos alimentos.

Não foi observada diferença no rendimento de carcaça e cortes mediante os diferentes níveis de inclusão de zeólita, contudo, a porcentagem de gordura abdominal aumentou. Resultados semelhantes aos encontrados por Loftollahian et al. (2004), relataram que a utilização de 2% de zeólita resultou em uma diminuição da gordura abdominal, mas a inclusão de 4 e 6% de zeólita na ração ocasionou um aumento na quantidade de gordura abdominal de frangos de corte aos 42 dias de idade.

Assim como observado neste trabalho, Basha et al. (2006), ao fornecerem zeólita em diferentes quantidades e de várias formas (100 g/m² suspenso; 15 g kg⁻¹ na dieta e 100 g kg⁻¹ na cama), não observaram alterações significativas ($P>0,05$) no rendimento de carcaça de frangos de corte. Corroborando com Safaeikatouli et al. (2012), que também não observaram diferenças ($P>0,05$) no rendimento de carcaça, peito, pernas, entretanto, não obtiveram diferença na porcentagem de gordura abdominal nas aves que receberam 0; 1,5 e 3% de zeólita nas rações.

Os diferentes níveis de inclusão de zeólita não influenciaram o peso dos órgãos aos 21 dias, entretanto, o peso do pâncreas aumentou aos 42 dias de idade. Resultados em parte semelhantes aos de Safameher (2008), que forneceu 2% de zeólita aos frangos de corte, e não obteve resultados significativos para peso de órgãos. Contudo, Ortatatli e Oguz (2001), incluíram 0; 1,5 e 2,5% de clinoptilolita na ração de frangos de corte e relataram que a inclusão de 2,5% de zeólita ocasionou diminuição significativa do peso do fígado aos 21 dias de idade em comparação à inclusão de 1,5%. Corroborando com Rosa et al. (2001), que incorporaram 0,3% de bentonita de sódio a dieta de frangos de corte e observaram redução no peso do fígado aos 21 dias de idade.

Oliveira et al. (2015) não observaram diferença no peso relativo de pâncreas, fígado e intestino aos 21 e 35 dias de idade ao testarem diferentes doses de glucomanano em frangos de corte, resultados que se assemelham aos encontrados neste trabalho aos 21 dias de idade, mas divergem do resultado encontrado para peso relativo de pâncreas aos 42 dias.

A inclusão de diferentes níveis de zeólita não ocasionou diferenças na análise macroscópica dos fígados aos 21 e 42 dias de idade. Assim como Miazza et al. (2000), que não observaram diferenças macroscópicas no fígado de aves alimentadas com 1% de zeólita, aos 42 dias de idade e Ortatatli e Oguz (2001), que incluíram 0; 1,5 e 2,5% de zeólita na dieta de frangos de corte e não verificaram danos macroscópicos no fígado das aves aos 21 dias de idade.

Não foram observadas diferenças nas lesões histológicas do fígado diante das diferentes doses de inclusão de zeólita. Divergindo do reportado por Safameher (2008), que observou redução nas lesões hepáticas quando utilizado 2% de zeólita clinoptilolita. Assim como Ortatatli e Oguz (2001), que utilizaram inclusão de 1,5 a 2,5% de clinoptilolita em dietas contendo 2,5 mg kg⁻¹ de aflatoxina e observaram redução na incidência de lesões com elevada gravidade em frangos de corte.

4.5 Conclusão

A inclusão de zeólita não alterou o desempenho, rendimento de carcaça e cortes, níveis séricos e qualidade da cama das aves aos 42 dias de idade. No entanto, foi responsável pela melhora da porcentagem de nutrientes digestíveis (PB, EB e MM), além de influenciar no peso de pâncreas e não causar alterações nos demais órgãos.

A zeólita clinoptilolita mostrou-se um material inerte e atóxico para frangos de corte, pois a adição de 0, 2500, 5000 e 10000 g ton⁻¹ não causaram nenhum efeito deletério nos parâmetros analisados.

4.6 Referências bibliográficas

ÁLVAREZ, H.J.D.; GONZÁLEZ, R.L. e CRUZ, E.O.A. Evaluación agronómica de fertilizantes de fórmula completa mezclados con zeolita natural en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). **Revista Centro Agrícola**, v.46, n.1, p.24-30, 2019.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed. Arlington: AOAC International, 1990. 771p.

BASHA, H.A.; GOMA, A.A.; TAHA, A.E.; et al. Effect of different forms of natural zeolite (clinoptilolite) on productive performance and behavioral patterns of broiler chicken. **International Journal of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine**, v.4, n. 4, 2016.

CARVALHO, G.B.; DOURADO, L.R.B.; LOPES, J.B. et al. Métodos de análise da cinza insolúvel em ácido utilizada como indicador na determinação da energia metabolizável do milho para aves. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.1, p.43-53, 2013.

FERREIRA, A.C.K.; ALFARO, D.M.; SILVA, L.C.C.; et al. O uso do aluminossilicato (Silvet[®]) como adjuvante na melhora do aspecto das fezes e desempenho das aves. **Archives of Veterinary Science**, v.10, n.1, p.117-122, 2005.

GARCÍA, H.C. La aplicación de Zeolita en la producción avícola: Revisión. **Revista de Investigación Agraria y Ambiental**, v.1, n.1, p.17-23, 2010.

- HERNANDEZ, R.; GAZETTA, J.O.; MORAES, V.M.B. Método simples e acessível para determinar amônia liberada pela cama aviária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.824-829, 2001.
- KARAMANLIS, X.; FORTOMARIS, P.; ARSENOS, G; et al. The effect of a natural zeolite (clinoptilolite) on the performance of broiler chickens and the quality of their litter. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v.21, n.11, p.1642 – 1650, 2008.
- LOTFOLLAHIAN, H.; SHARIATMADARI, F.; SHIVAZAD, M.; et al. Study on the effects of two kinds of natural zeolite in diets on blood biochemical parameters, relative weight of body organs and broilers performance. **Pajouhesh Sazandegi**, n.64, p.18–34, 2004.
- MACHÁČEK, M.; VEČEREK, V.; MAS, N. et al. Effect of the feed additive clinoptilolite (ZeoFeed) on nutrient metabolism and production performance of laying hens. **Acta Veterinaria Brno**, v.79, p.29-34, 2010.
- MACIEL, R.M.; LOPES, S.T.A.; SANTURIO, J.M.; et al. Perfil eletroforético das proteínas séricas de frangos de corte alimentados com dietas contendo aflatoxinas e/ou argila clinoptilolita natural. **Ciência Rural**, v.37, n.3, 2007.
- MIAZZO, R.; ROSA, C.A.R.; CARVALHO, E.C.Q.; et al. Efficacy of synthetic zeolite to reduce the toxicity of aflatoxin in broiler chicks. **Poultry Science**, v.79, p.1–6, 2000.
- MUMPTON, F.A. and FISHMAN, P.H. The application of natural zeolites in animal science and aquaculture. **Journal of Animal Science**, v.45, p. 1188–1203, 1977.
- NIKOLAKAKIS, I.; DOTAS, V.; KARGOPOULOS, A. et al. Effect of natural zeolite (clinoptilolite) on the performance and litter quality of broiler chickens. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Science**, v.37, p.682-686, 2013.
- NUNES, R.V.; BROCH, J.; WACHHOLZ, L.; et al. Choosing sample sizes for various blood parameters of broiler chickens with normal and non-normal observations. **Poultry Science**, v.97, p.3746–3754, 2018.
- OLIVEIRA, E.M.I.; TANURE, C.B.G.S.; CASTEJON, F.V.I.; et al. Performance and nutrient metabolizability in broilers fed diets containing corn contaminated with fumonisin b1 and esterified glucomannan. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.17, n.3, p.313-318, 2015.
- ORTATATLI, M. and OGUZ, H. Ameliorative effects of dietary clinoptilolite on pathological changes in broiler chickens during aflatoxicosis. **Research in Veterinary Science**, v.71, p.59-66, 2001.
- PAPAIOANNOU, D.; KATSOULOS, P.D.; PANOUSIS, N.; et al. The role of natural and synthetic zeolites as feed additives on the prevention and/or treatment of certain farm animal diseases. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 84, n. 1-3, p. 161-170, 2005.

- QU, H.; CHENG, Y.; CHEN, Y.; et al. Effects of dietary zeolite supplementation as an antibiotic alternative on growth performance, intestinal integrity, and cecal antibiotic resistance genes abundances of broilers. **Animals**, v.9, p.909, 2019.
- ROCHA, G.C.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; et al. Avaliação dos níveis de zeólita em dietas para suínos em fase de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.1, p.111-117, 2012.
- ROSA, C.A.R.; MIAZZO, R.; MAGNOLI, C.; et al. Evaluation of the efficacy of bentonite from the south of Argentina to ameliorate the toxic effects of aflatoxin in broilers. **Poultry Science**, v.80, p.139-144, 2001.
- SAFAEIKATOULI, M.; BOLDAJI, F.; DASTAR, B.; et al. The effect of dietary silicate minerals supplementation on apparent ileal digestibility of energy and protein in broiler chickens. **International Journal of Agriculture and Biology**, v.14, n.2, p.299-302, 2012.
- SAFAMEHER, A. Effects of clinoptilolite on performance, biochemical parameters and hepatic lesions in broiler chickens during aflatoxicosis. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.7, n.4, p.381-388, 2008.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2016, 262p.
- SCHNEIDER, A.F.; YURI, F.M.; ALMEIDA, D.S.; et al. Zeólitas naturais na dieta de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.69, n.1, p.191-197, 2017.
- VAN KEULEN, J.; YOUNG, B.A. Evaluation of acid-insoluble ash as natural marker in ruminant digestibility studies. **Journal of Animal Science**, v.4, p.282-287, 1977.
- WATTS, C.M.; CHEN, Y.C.; LEDOUX, D.R. et al. Effects of multiple mycotoxins and a hydrated sodium calcium aluminosilicate in poultry. **International Journal of Poultry Science**, v.2, n.6, p.372-378, 2003.
- WU, Q.J. et al. Intestinal development and function of broiler chickens on diets supplemented with clinoptilolite. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.26, n.7, p.987-994, 2013.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Os valores de energia metabolizável dos milhos 1 e 2 foram semelhantes, entretanto o milho tipo 1 apresentou um melhor aproveitamento da energia como energia metabolizável;

- O desempenho das aves foi semelhante durante todo o período experimental, sendo que o milho tipo 1 proporcionou maior ganho de peso e melhor conversão alimentar aos 42 dias de idade;

- A qualidade da cama não foi influenciada pelo uso de zeólita, mas houve influência do milho 2 aos 42 dias de idade;

- Os metabólitos bioquímicos do sangue não foram modificados pela inclusão de zeólita, nem pelo tipo de milho, evidenciando que as aves apresentaram um metabolismo normal;

- A utilização de zeólita clinoptilolita nas rações proporcionou melhor digestibilidade da proteína bruta, energia bruta e matéria mineral;

- O rendimento de carcaça e cortes aos 42 dias de idade foram semelhantes, exceto para rendimento de carcaça quente, que apresentou maior rendimento em aves recebendo 10000 g ton⁻¹ de zeolita; aves consumindo milho 2 e 10000 g ton⁻¹ de zeolita apresentaram maior quantidade de gordura abdominal;

- Com o uso de zeólita, o pâncreas apresentou uma hiperplasia aos 42 dias de idade, sendo este maior aumento observado com uma inclusão de 5000 g ton⁻¹. Esta hiperplasia pode estar relacionada a um maior funcionamento deste órgão;

- As análises visuais e histológicas do fígado aos 21 dias de idade não foram influenciadas pelo tipo de milho e pelo uso de zeólita, contudo as aves que consumiram milho 2 apresentaram aumento no grau das lesões visuais aos 42 dias;

- A inclusão de 5000 g ton⁻¹ de zeólita reduziu a frequência de lesão histopatológica leve do fígado aos 21 dias de idade.