

Aluminossilicatos na alimentação de aves: revisão de literatura

Aluminosilicates in poultry feed: a review

Aluminossilicatos en la alimentación da avicultura industrial: una revisión

Recebido: 12/06/2020 | Revisado: 26/06/2020 | Aceito: 27/06/2020 | Publicado: 09/07/2020

Túlio Leite Reis

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2141-8740>

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: tulioreis@hotmail.com

Felipe Dilelis

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9681-4775>

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: fdilelis@hotmail.com

Édison José Fassani

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7101-3998>

Universidade Federal de Lavras, Brasil

E-mail: fassani@ufla.br

Ligia Fatima Lima Calixto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6448-0643>

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: lflcalixto@uol.com.br

Resumo

Os aluminossilicatos são comumente utilizados como aditivos tecnológicos na avicultura industrial pela sua ação como aglutinantes de rações e como adsorventes de micotoxina, no entanto quando fornecidos em maiores quantidades, podem atuar em diversas outras funções fisiológicas da ave, traduzindo em ganhos produtivos. Portanto o objetivo dessa revisão bibliográfica é elucidar sobre a ação de diferentes aluminossilicatos, e a possibilidade da utilização dos mesmos na nutrição de aves de interesse zootécnico. Com o aumento do uso de rações peletizadas nas indústrias os aluminossilicatos podem ser usados, aumentando a durabilidade e qualidade dos pellets, através da absorção da umidade. Devido à presença de cargas elétricas, esses aditivos possuem capacidade de ligação com cerca de 86% a 97% da quantidade de micotoxinas presentes nas rações, adsorvendo-as. Essa mesma propriedade os

permite se ligar à toxinas e bactérias do intestino, e sua habilidade de absorver água, impacta significativamente na redução da umidade das excretas. Todas essas características podem resultar em melhor desempenho, bem-estar e qualidade dos produtos avícolas. No entanto devido à essa presença de cargas os aluminossilicatos podem adsorver vitaminas, minerais e outros aditivos presentes nas rações. Portanto o uso de aluminossilicatos é uma alternativa viável em rações de frangos de corte, galinhas, codornas e perus, no entanto, mais estudos devem ser realizados a fim de determinar quais desses minerais podem ser usados e em quais concentrações.

Palavras-chave: Caulim; Bentonita; Micotoxina; Saúde intestinal; Zeólita.

Abstract

Aluminosilicates are commonly used as technological additives in industrial poultry due to their action as feed binders and as mycotoxin adsorbents, however when supplied in greater quantities, they can act in several other physiological functions of the poultry, increasing in performance. Therefore, the objective of this bibliographic review is to elucidate the action of different aluminosilicates, and the possibility of using them in the nutrition of birds of zootechnical interest. With the increase in the use of pelleted feed in industries, aluminosilicates can be used, increasing the durability and quality of pellets, through the absorption of moisture. Due to the presence of electrical charges, these additives have a binding capacity of about 86% to 97% of the amount of mycotoxins present in the feed, adsorbing them. This same property allows them to bind to toxins and bacteria in the intestine, and their ability to absorb water significantly impacts the reduction of moisture in excreta. All of these characteristics can result in better performance, well-being and quality of poultry products. However, due to this presence of fillers, aluminosilicates can adsorb vitamins, minerals and other additives present in diets. Therefore, the use of aluminosilicates is a viable alternative in diets for broilers, chickens, quails and turkeys, however, further studies must be carried out in order to determine which of these minerals can be used and in what concentrations.

Keywords: Kaolin; Bentonite; Mycotoxin; Intestinal Health; Zeolite.

Resumen

Los aluminossilicatos se usan comúnmente como aditivos tecnológicos en aves de corral industriales debido a su acción como aglutinantes de alimentos y como adsorbentes de micotoxinas, sin embargo, cuando se suministran en mayores cantidades, pueden actuar en

varias otras funciones fisiológicas de las aves de corral, aumentando su rendimiento. Por lo tanto, el objetivo de esta revisión bibliográfica es dilucidar la acción de diferentes aluminosilicatos y la posibilidad de usarlos en la nutrición de aves de interés zootécnico. Con el aumento en el uso de piensos granulados en las industrias, se pueden utilizar aluminosilicatos, aumentando la durabilidad y la calidad de los gránulos, a través de la absorción de humedad. Debido a la presencia de cargas eléctricas, estos aditivos tienen una capacidad de unión de aproximadamente 86% a 97% de la cantidad de micotoxinas presentes en la alimentación, adsorbiéndolas. Esta misma propiedad les permite unirse a toxinas y bacterias en el intestino, y su capacidad de absorber agua impacta significativamente la reducción de la humedad en las excretas. Todas estas características pueden dar como resultado un mejor rendimiento, bienestar y calidad de los productos avícolas. Sin embargo, debido a esta presencia de rellenos, los aluminosilicatos pueden adsorber vitaminas, minerales y otros aditivos presentes en las dietas. Por lo tanto, el uso de aluminosilicatos es una alternativa viable en las dietas para pollos de engorde, pollos, codornices y pavos, sin embargo, se deben realizar más estudios para determinar cuáles de estos minerales se pueden usar y en qué concentraciones.

Palabras clave: Caolín; Bentonita; Micotoxina; Salud intestinal; Zeolita.

1. Introdução

Mais da metade da ração produzida no Brasil é consumida pela cadeia avícola e a nutrição representa um impacto em cerca de 70% dos custos finais da produção (Sindirações, 2019). Com o crescente aumento do custo dos principais ingredientes utilizados na formulação de rações, a utilização de determinadas substâncias pode se constituir em uma ferramenta extremamente valiosa no aprimoramento da digestão e absorção dos nutrientes da dieta e redução de custos. Entre essas substâncias, encontram-se os aditivos, que se destacam dentro da nutrição animal, por sua habilidade em promover melhorias no desempenho zootécnico, gerando assim maiores taxas de lucro para o produtor.

Em virtude da importância do microbioma para o desenvolvimento satisfatório da ave, assim como para a obtenção de altas taxas de produtividade, os aditivos que atuam diretamente no intestino gerando melhores condições do trato gastrointestinal e promovendo menor colonização de microrganismos patogênicos, melhorando as taxas de digestão e absorção da dieta, sendo reconhecidos como aditivos zootécnicos, esses estão entre os mais utilizados na nutrição animal, e somente no ano de 2017 foram comercializados mais de 13

mil toneladas desta classe de aditivo (Sindirações, 2019). Aditivo zootécnico é toda substância utilizada para influir positivamente na melhoria do desempenho das aves. Entre eles, encontram-se os grupos dos aditivos digestivos (enzimas), equilibradores da microbiota intestinal (probióticos, prebióticos, simbióticos, fitogênicos e ácidos orgânicos) e os melhoradores de desempenho (antimicrobianos). Todos com a eficiência comprovada para a melhoria do desempenho animal e dos produtos por eles produzidos (Compêndio Brasileiro de Nutrição Animal, 2017).

Na categoria de aditivos tecnológicos, destacam-se na nutrição animal, os aluminossilicatos que são ingredientes utilizados comumente como inerte em rações experimentais de frangos de corte e de galinhas de postura (Safaeikatouli et al., 2011). Quando utilizados na dosagem entre 1000 à 5000 ppm atuam como aditivo tecnológico adsorvente de micotoxinas, eliminando-as junto com as excretas do animal, impedindo que ocorra intoxicação. Sua capacidade de fixar moléculas, e não ser absorvido pelo trato gastrointestinal possibilita seu consumo por todas as espécies animais, (Compêndio Brasileiro de Nutrição Animal, 2017). Quando utilizados em maiores concentrações podem atuar como aditivo zootécnico, equilibrando a microbiota ao promoverem melhor digestão e absorção dos nutrientes, conseqüentemente melhorando o desempenho das aves (Ferreira et al., 2005).

Devido à possibilidade de atuação deste aditivo influenciando características produtivas e fisiológicas conforme anteriormente citados, essa revisão bibliográfica tem como objetivo abordar as diversas formas de utilização e influência no desempenho, qualidade dos produtos e potenciais efeitos deletérios da inclusão dos aluminossilicatos como aditivos em rações de aves de interesse comercial.

2. Desenvolvimento

Classificação dos Aluminossilicatos

Os minerais constituídos de alumínio e silício são os compostos mais abundantes na face da Terra, possuem estrutura química bem definida, sendo os mais importantes as argilas e as zeólitas. As argilas são produtos de intemperismo e desempenham um importante papel na definição das propriedades físicas e químicas de sistemas sedimentares, sendo importantes constituintes de solos e rochas (Castro, 2009). Os aluminossilicatos são classificados em grupos ou famílias em função da sua composição química e das características da estrutura cristalina, conforme apresentado, na Tabela 1.

Dentro desta classificação dos aluminossilicatos, temos o grupo das argilas, que podem ser definidas como um material natural, composto fundamentalmente por mineral de grãos finos, o qual geralmente apresenta plasticidade com uma quantidade de água própria e que endurece quando seca ao ar livre ou quando se calcina. São cristais de dimensões reduzidas (2-4 micrometros). Geralmente a argila é formada por filossilicatos (íons de sua estrutura estão arrumados em série de planos paralelos, os quais estão fortemente unidos em forma de lâminas), mas podem conter outros minerais que deixam a argila com plasticidade e que endurecem com a secagem. De um modo geral, as argilas são minerais oriundos da decomposição de rochas por intemperismos, ação hidrotermal, etc. (Viotti, 2006). Outra classe pertencente aos aluminossilicatos são os tectossilicatos, que tecnicamente não podem ser definidos como argila devido as suas características estruturais, no entanto possuem larga aplicação na indústria animal (Castaing, 1998), esta é a classe a qual estão incluídas as zeólitas.

Tabela 1. Classificação dos aluminossilicatos quanto aos seus elementos predominantes.

	Filossilicatos (argilas)			Tectossilicatos (zeólitas)	
Classe	Filossilicatos		Silicatos Pseudo- laminar	Naturais	Sintéticos
Camadas	1:1	2:1	2:1	Tetraedros	
Espécie	Caulim (Si; Al)	Talco (Si; Mg) Bentonita (Monmorilona/Esmectita) (Si; Al)	Sepiolita (Si; Mg) Atapulgita (Si; Mg; Al)	Clinoptilolita (Si; Al; Ca; Na; K)	Zeólita-A (Si; Al; Ca; Na)

Fonte: Adaptado de Castaing (1998).

A maioria desses minerais possuem carga polar apresentando exclusivamente cargas negativas, a exemplo das bentonitas e zeólitas. Poucas argilas são bipolares apresentando

cargas positivas e negativas, e o caulim é uma destas exceções, sendo considerado isoelétrico, devido a apresentar o mesmo número de cargas positivas e negativas (Castaing, 1998; Fassani e Brito, 2004; Butolo, 2010). As argilas possuem a capacidade de absorção de água e retenção de amônio, sendo os mecanismos diferenciados de acordo com cada uma. A sepiolita e atapulgita, por exemplo, formam pontes de hidrogênio retendo água e amônio, já a esmectita e a maioria das zeólitas, retiram água hidratando os cátions que estão ligados na camada superficial e através do intercâmbio catiônico retêm o amônia, sendo dessa forma, recomendadas para se utilizar na piscicultura como aditivo amenizando a poluição das águas (Castaing, 1998). O caulim por se tratar de um mineral de pequeno tamanho e alta capacidade de troca catiônica também apresenta excelente capacidade de absorção de água.

Aplicações dos Aluminossilicatos na Nutrição de Aves

Utilização na Produção de Pellets

A demanda por ração peletizada incentivou os fabricantes de ração a aumentar a qualidade e durabilidade dos pellets através do aprimoramento do processamento atual das rações, com melhorias de engenharia, seleção de ingredientes com base em peletização e uso de aditivos aglutinantes (Attar et al., 2019). De acordo com Fassani e Brito (2004), o caulim e a bentonita por apresentarem a capacidade de expansão e de retenção de água podem ser utilizados para a produção de rações peletizadas na forma de aglutinantes, melhorando a dureza e resistência dos *pellets*, características importantes para o mesmo, visto que depois da produção da ração na maioria dos casos estas necessitam ser transportadas, percorrendo longos caminhos em estradas nem sempre de condições ideais, e com isso, muitas vezes a ração nesse formato, chega quebrada no seu destino final. Angulo et al. (1995), que utilizando níveis de 0, 1 e 2% de sepiolita como ligante de *pellets*, observaram maior durabilidade nos *pellets* da dieta inicial de frangos de corte, sendo essa resposta dependente da dose de argila utilizada. Essa mesma durabilidade do formato do *pellet* não foi observada em rações finais dos frangos. O ganho de peso e a conversão alimentar foi influenciada positivamente quando frangos de corte foram alimentados com ração peletizada contendo 1 à 2% de bentonita (Salari et al., 2006). Attar et al. (2019) utilizando bentonita como aglutinante em rações peletizadas para frangos de corte de 11 à 24 dias verificaram que a argila melhorou a durabilidade do *pellet*, o que propiciou uma piora na morfometria das vilosidades do jejuno, e na conversão alimentar, no entanto ocorreu melhoria do coeficiente de metabolismo da

energia aparente e no coeficiente de retenção do fósforo.

Uso Como Adsorvente de Micotoxinas

Na década de 80, descobriu-se a capacidade de certas argilas (bentonitas, zeólitas e outras) de se ligarem às micotoxinas do alimento no trato digestivo dos animais, impedindo que estas fossem absorvidas. Foi determinado *in vitro* uma capacidade de ligação desses aluminossilicatos com 86% à 97% da quantidade das micotoxinas presentes (Mizrak et al., 2014), no entanto medições feitas em condições de laboratório foram difíceis de reproduzir em experimentos com animais (*in vivo*), e os resultados muitas vezes não foram satisfatórios (Taylor, 2000).

Franciscato et al. (2006) concluíram que a inclusão de 0,5% de montmorilonita sódica (argila classificada como esmectitas, do grupo dos aluminossilicatos) é capaz de diminuir os efeitos danosos de contaminações com aflatoxinas na ração em frangos de corte. Segundo Fassani e Brito (2004), o caulim, por ser bipolar e isoelétrico apresenta maior espectro de adsorção de micotoxinas (adsorvendo ocratoxina, T2, DON, fumonisina, zearalenona, que são bipolares), já a aflatoxina (por ter forte carga positiva) não pode ser adsorvida pelo caulim, e nesse caso, seria melhor a utilização de uma argila polar (esmectitas, bentonitas, montmorilonitas e zeólitas). Entretanto Hesham et al. (2004), incluindo 0,5% de caulim em rações contaminadas com aflatoxinas, para frangos de corte, verificaram que o uso dessa categoria de argila, reduziu o efeito da toxina no fígado, melhorando o desempenho das aves que receberam.

Em geral, o processo de adsorção em ligantes, está fortemente relacionado à distribuição de carga, dimensões dos poros e área de superfície acessível do adsorvente, bem como à polaridade, solubilidade e dimensões moleculares da micotoxina que será adsorvida (Huwig et al., 2001). Resultados *in vitro* indicaram que existe interação de adsorção na superfície entre a micotoxina e a argila devido a interação do carbono da aflatoxina B1 com os íons de alumínio da argila (Ramos et al., 1996). O mecanismo de atuação das zeólitas ainda não está bem elucidado, no entanto acredita-se que seja de forma semelhante à dos filossilicatos.

Melhorando a Morfometria Intestinal e a Digestibilidade dos Nutrientes

De acordo com Pedroso et al. (2016), aves comerciais são criadas para expressar alta

eficiência alimentar, com alta capacidade de digestão e absorção dos ingredientes da dieta, sendo que essa característica pode ser aperfeiçoada com pequenos aumentos na área de superfície da mucosa intestinal estimulados pela utilização de aditivos. A capacidade absorptiva do intestino é diretamente proporcional ao tamanho das vilosidades em aves, sendo que uma maior altura das mesmas predispõe uma melhor absorção de nutrientes. O ambiente produtivo gera inúmeros estresses à ave (nutricionais, durante o manejo, ambientais, sanitários, etc.), e a exposição à esses fatores contribui para redução da área absorptiva intestinal.

Atuando na melhoria da saúde do trato gastrointestinal, existem uma ampla quantidade e variedade de aditivos e os mais comuns e utilizados na avicultura são os antibióticos melhoradores de desempenho, cujo seu início de uso na produção animal data da década de 1940. Esse uso permitiu a realização de criações em grandes densidades, aumentando a produtividade e melhorando as taxas de ganho de peso em 4 à 8% e a conversão alimentar de 2 a 5%, no entanto, existem relatos de que a utilização indiscriminada pode exercer pressão de seleção em colônias bacterianas, permitindo o aparecimento de indivíduos cada vez mais resistentes aos antibióticos (Ajuwon, 2015). Essa probabilidade provocou o banimento dessas substâncias por parte da Europa (Penz Junior et al., 2008) e restrições à muito princípios ativos utilizados em países como Brasil e Estados Unidos. Todavia, o banimento dessas drogas em alguns casos, não reduziu a ocorrência de microrganismos resistentes e os casos de infecções provocadas pelos mesmos aumentaram, portanto torna-se necessário ampliar a pesquisa de outros aditivos que possam reduzir o estabelecimento, a propagação e a produção de toxinas pelos microrganismos patogênicos que povoam o TGI, promovendo, portanto, maior saúde e integridade da mucosa, e permitindo maior digestão e absorção da dieta e seus nutrientes.

A inclusão de argilas com função de aditivos, nas rações, pode atuar sobre os processos de digestão e absorção de nutrientes (Ferreira et al., 2005). Elas promovem maior tempo de retenção do alimento, permitindo maior digestão e consequentemente absorção do mesmo (Schutte e Langhout, 1998). Outra característica é que o caulim não é absorvido pela mucosa intestinal, permanecendo livre no lúmen, protegendo o epitélio. Essa proteção pode acontecer de duas formas: pela formação de um coloide que irá cobrir a mucosa intestinal prevenindo irritações e lesões; e por meio da sua propriedade de se ligar a bactérias e toxinas, através da troca de íons de sua superfície com as mesmas, fazendo com que estas sejam eliminadas junto com as fezes (Schutte e Langhout, 1998). Essas características são muito importantes já que a presença de toxinas e bactérias no intestino, lesionam as paredes do

epitélio, diminuindo a altura de suas vilosidades, provocando assim menores taxas de absorção dos nutrientes, além do alto gasto energético e nutricional requerido pela mucosa intestinal para sua reparação. Lemos et al. (2015) incluindo até 1,5 % de caulim na ração, observaram maior altura nas vilosidades do duodeno de frangos de corte quando estes receberam maior nível de caulim.

Entre outras funções das argilas, destaca-se também a propriedade de aumentar a secreção de muco por células caliciformes as quais promovem prevenção de lesões na mucosa, resultando em uma barreira que protege o revestimento intestinal (Gilardi et al., 1999). Segundo Fassani e Brito (2004) as argilas podem sequestrar toxinas presentes, não somente na digesta, como também aqueles presentes na ração.

Algumas rochas com capacidade antimicrobianas têm sido descobertas, as mesmas contêm principalmente em sua composição o caulim (caulinita, 30%, haloisita, 16%), juntamente com esmectita (31%), quartzo (16%) e muscovita (7%) em sua composição. Qualquer um desses minerais presentes podem ser os responsáveis pela redução da colonização bacteriana patogênica, mas é claramente a geoquímica da argila e a troca de cátions que são considerados como a chave para o processo bactericida. As imagens de microscopia eletrônica de transmissão de cepas de *E. coli* demonstraram que algumas partículas aleatórias da argila, se aderem às paredes celulares dessa bactéria, modificando seu padrão absorptivo, possibilitando a entrada de compostos tóxicos, e esse evento, combinado com o influxo rápido de Fe^{2+} , Fe^{3+} e Al^{3+} causam a peroxidação lipídica e a oxidação proteica da bactéria (Morrison et al., 2014). As propriedades antibacterianas podem diferir fortemente de acordo com a composição mineralógica, e química dos principais elementos, a oxidação, o pH e a área superficial específica dos minerais de argila. Até mesmo dois minerais de argila semelhantes em composição mineralógica, tamanho de partícula e química de elementos principais podem ter efeitos antibacterianos opostos (Slamova et al., 2011).

O pH intestinal, a secreção enzimática, e o trânsito intestinal também podem ser influenciados pela atuação dos aluminossilicatos e dessa forma melhorando a digestibilidade da dieta. Yalçın et al. (2017) encontraram aumento da digestibilidade ileal da matéria seca e proteína em frangos, Pasha et al. (2008), utilizando bentonita encontraram melhoria na digestibilidade da ração, incluindo 3% zeólitas nas rações. No entanto Reis et al. (2019), encontrou redução linear na digestibilidade aparente da ração de poedeiras semipesadas ao final do ciclo produtivo, a medida que, aumentou o nível de inclusão de caulim na ração das mesmas e o autor justificou essa ocorrência devido à maior concentração de ingrediente inerte na dieta das aves, reduzindo dessa forma a digestão/absorção das rações. Ouhida et al. (2000)

observaram uma menor fluidez do conteúdo intestinal e, um maior tempo de retenção da ingesta, sob ação das enzimas digestivas, seguido de um maior aproveitamento dos nutrientes da dieta em frangos de corte.

Reduzindo a Umidade na Cama e Amônia das Excretas

Na avicultura de corte, um fator associado à piora da qualidade da cama é o aumento da sua umidade, cujo excesso favorece o desenvolvimento fúngico, além de maior incidência de lesões de patas, condenações de carcaça, e redução da qualidade do ambiente do aviário tanto para as aves quanto para os funcionários da granja, em decorrência do considerável aumento na produção de amônia.

A exposição contínua a amônia pode contribuir para uma série de riscos à sua saúde como, por exemplo, a perda da sensibilidade olfativa. Em instalações de produção animal, a amônia é gerada pela decomposição microbiana do nitrogênio dos dejetos dos animais, que passa a ser emitida na sua forma volátil para o ar (Mendes et al., 2004). Como as aves não possuem um aparelho respiratório com diafragma, tal qual nos mamíferos, para expelir corpos estranhos inalados, essas são dependentes de pequenos cílios presentes nas vias respiratórias que ajudam a reter e expulsar corpos estranhos, então, quando os níveis de amônia atingem 25 ppm pode ocorrer paralisação do movimento ciliar, e portanto, a retirada de material indesejável da traquéia, se torna prejudicada. Valores superiores a estes, podem provocar redução de ganho de peso, piora da conversão alimentar das aves, além de elevar a incidência de aerossaculite, infecções virais e condenações no abatedouro (Ferreira et al., 2005).

O uso de argilas para a redução das concentrações de amônia tem se mostrado ao longo dos anos uma estratégia viável, principalmente pela possibilidade de troca de cátions que esta realiza com o íon amônio (NH_4^+) (Castaing, 1998). Çabuk et al. (2004) testando a inclusão de 15ppm e 25ppm de zeólitas na dieta, observou uma redução progressiva nos níveis de amônia no galpão de criação de frangos, de 21,15 ppm (controle), para 17,25 ppm e 17,75ppm (respectivamente), esses resultados são promissores, visto que houve um baixo nível de inclusão da argila testada. Uma redução ainda maior na umidade da cama, pode ser observada quando adicionado níveis maiores de zeólitas nas dietas de aves e suínos (Schneider et al., 2017). Lemos et al. (2015) incluindo até 1,5 % de caulim nas dietas de frangos de corte verificaram efeito linear sobre a redução da umidade da cama com o aumento da inclusão na dieta.

Na produção comercial de ovos, as poedeiras em sua grande maioria no Brasil, são

criadas em gaiolas suspensas e em galpões abertos, onde o efeito maléfico da umidade da cama são maiores em relação a qualidade das fezes das aves, principalmente durante o verão, período em que elas ingerem maior quantidade de água e, conseqüentemente suas fezes se encontram muito liquefeitas, aumentando a proliferação de um inseto muito comum, a mosca doméstica (*Musca domestica*) que pode transmitir agentes patogênicos como *Salmonella*, *Pasteurella*, *Staphilococcus* e ovos de helmintos (Ferreira et al., 2005). Devido ao seu hábito de buscar alimento e atraídas por outros odores, as moscas podem migrar para residências vizinhas da granja se tornando um grande incômodo.

Outro inseto também presente em criações avícolas é o cascudinho (*Alphitobius diaperinus*), que além de transmitir os mesmos agentes patogênicos da mosca doméstica, por se alimentarem de fezes, carcaças, fungos, ração, grãos e farinhas armazenadas, podem transmitir também aspergilose, coccidiose, bacterioses (*E. coli*, *Salmonella spp.*, *Bacillus*, *Streptococcus sp.*), viroses (leucose, marek, newcastle, reovirus, rotavirus, enterovirus), parasitoses e ainda aumentam a debilidade de animais fracos ao se alimentarem da pele dos mesmos.

Uma das formas de realizar o controle de umidade da cama é através da aplicação de substâncias adsorventes de água na ração, tais como as argilas, que formam um complexo com a água, impedindo que esta permaneça livre nas fezes excretadas (Ferreira et al., 2005). Tendo elas capacidade de absorverem água em quantidade muitas vezes superior ao seu peso (Madkour et al., 1993). Mullens et al., (2012) observaram que a aplicação direta de caulim (12% em peso na água) sobre a cama, reduziu a incidência dos ácaros cascudinhos por aproximadamente 1 semana após a aplicação.

A capacidade adsorvente das argilas ocorre devido à sua constituição na forma de uma molécula aberta, possuindo o íon Na^+ como cátion predominante, que se expande na presença de água, aumentando várias vezes o seu volume inicial, e permitindo que várias moléculas de água sejam adsorvidas a ele. Este fato somado a propriedade de redução da taxa de passagem da digesta, confere a argila incluída na ração, a formação de um colóide, melhorando a consistência das fezes (Schutte e Langhout, 1998). Delbecque (1995) demonstrou que a inclusão de argilas nas rações de aves, suínos e ruminantes, podem reduzir a umidade fecal em até 25%, não apresentando nenhum efeito prejudicial na absorção e digestão. Schneider et al. (2017), utilizando zeólitas, verificaram melhoria na consistência das fezes, por se apresentarem menos liquefeitas. Justino et al. (2019) verificaram redução da umidade nas excretas adicionando caulim nas rações de codornas. Porém, outros pesquisadores não observaram efeitos significativos de alguns aluminossilicatos na redução da umidade da

excreta (Ullman et al., 2004).

Varol Avcılar et al. (2019) misturando sepiolita em níveis de 0, 25 e 50% do peso, de dois diferentes materiais utilizados para cama de frangos (maravalha e casca de arroz), observaram que aumentando os níveis da argila, ocorria redução do pH, da umidade, e níveis de amônia da cama. Não houve diferença no desempenho e no bem-estar das aves, medido pelo nível de IgG, período de imobilidade tônica, escore de penas, lesões na pele e peito e queimaduras nas patas de frangos de corte.

Souza et al. (2019) fornecendo 0; 1,5; 3,0 e 4,5% de caulim para codornas japonesas, detectaram redução linear da umidade das excretas, e dos níveis de nitrogênio e cálcio excretados. Ainda segundo os mesmos autores, devido à melhoria de desempenho do lote em comparação ao controle (sem caulim), a viabilidade econômica da inserção dessa argila, também foi investigada e os autores concluíram que a inclusão de 1,5% era a melhor alternativa econômica.

No Metabolismo do Cálcio e do Fósforo e na Qualidade Óssea

Świątkiewicz et al. (2010) estudando poedeiras semipesadas em final de ciclo produtivo (70 semanas de idade) constataram que aditivos que atuam promovendo melhoria na saúde do trato gastrointestinal, como acidificantes e prebióticos, aumentam a disponibilidade de Ca e outros minerais, devido a redução do pH intestinal, que gera a um aumento da atividade digestiva das enzimas endógenas (conversão acelerada de pepsinogênio em pepsina) e na solubilidade dos minerais. A participação das argilas no metabolismo dos principais minerais envolvidos com formação de ovos e de ossos vem sendo testada em consonância com os mesmos preceitos bioquímicos da maior parte dos aditivos que atuam na saúde intestinal. Herzig et al. (2008), observaram que a inclusão de zeólitas nas rações de galinhas poedeiras, pode aumentar os níveis de Ca, P e Mg na casca do ovo e nos ossos. No entanto esses resultados são antagônicos, pois alguns autores observaram que inclusão de argilas na ração prejudicam na absorção de cálcio (Schneider et al., 2019) e de fósforo (Schneider et al., 2017; Schneider et al., 2019) pelo animal.

A qualidade dos ossos das aves tem um grande impacto na formação de casca de ovo. A quantidade de cinzas nos ossos é um bom parâmetro de qualidade óssea, devido à sua facilidade e praticidade de obtenção (Sanni, 2017). Wilson e Ruzler (1998) relataram que a resistência do osso à quebra e a quantidade de cinzas nos ossos podem ser usados como critério para a prevenção de fraturas e para a avaliação da eficácia de vários ingredientes de

ração.

O cálcio de origem dietética é extremamente importante, no entanto existe grande mobilização óssea de Ca particularmente durante períodos escuros, quando as galinhas não ingerem alimentos. Segundo Budgell e Silversides (2004), aproximadamente 30% das galinhas, sofrem com osteoporose ao longo do ciclo produtivo, doença essa presente em maior ocorrência em aves mais velhas. Esta patologia causa dor e limita os movimentos das aves, dificultando o consumo de ração e água, além de debilitar ossos longos, deixando-os mais frágeis e susceptíveis a fraturas. De acordo com Herzig et al. (2008) o mecanismo de ação de algumas argilas promove melhor absorção de cálcio, impactando na melhoria na qualidade óssea.

Em frangos de corte, anomalias ósseas também são muito importantes, responsáveis por claudicação, condenações de carcaça e perda de desempenho, problemas esses que podem ser evitados pelo uso de argilas nas rações (Ustundag e Ozdogan, 2018). Safaeikatouli et al. (2012), trabalhando com níveis de 0; 1,5 e 3% de caulim, bentonita e zeólitas, verificaram melhores características morfométricas em tíbias de frangos de corte, ou seja, ossos mais densos, e também maior quantidade de cinzas na tíbia, na musculatura e no sangue dos frangos, quando esses foram alimentados com maiores quantidades das argilas testadas. Eles atribuíram esses resultados à redução da taxa de passagem da digesta provocada pela inclusão dos aluminossilicatos, permitindo maior digestão e absorção, assim como a propriedade de troca catiônica dos mesmos com Ca e P, possibilitando com que esses minerais fossem absorvidos pelas aves em maior quantidade. Schneider et al. (2019) estudando frangos de corte recebendo dieta contendo bentonita não identificaram diferença significativas para qualidade óssea medidos pela massa do osso, volume ósseo, comprimento, largura, índice de Seedor e relação Ca/P, no entanto aves que receberam a argila em maior concentração apresentaram menor quantidade de matéria mineral e concentrações de Ca e P nas tíbias.

Influência dos Aluminossilicatos na Carcaça de Frangos e Qualidade de Ovos

A utilização de aditivos que atuem no trato digestório das aves na formulação das rações se constitui entre outras funções, na melhoria da qualidade dos ovos e entre os aditivos que podem ser utilizados, para este fim, a utilização dos aluminossilicatos tem se mostrado promissora, pois em virtude de sua alta capacidade de troca de cátions, melhoram ligeiramente a qualidade da casca do ovo, por meio de maior absorção de cálcio no intestino (Fendri et al., 2012). Outros estudos não demonstraram influência dos aluminossilicatos na

qualidade externa dos ovos (Berto et al., 2013; Gilani et al., 2016).

Kermanshahi et al. (2011) incluindo aluminossilicatos em rações de poedeiras leves, verificaram a produção de ovos com gemas menos pigmentadas (mudou de amarelo mais denso para amarelo mais claro) em comparação com ovos de aves do controle e atribuíram este efeito, a propriedade de adsorção do aditivo ao pigmento vermelho da gema, impossibilitando a absorção deste pigmento pelo intestino, com conseqüente menor intensidade da tonalidade amarela.

Trabalhando com poedeiras semipesadas, Inal et al. (2000), estudaram quatro níveis de bentonita (0; 1,5; 2,5; e 3,5%) e concluíram que a inclusão da argila não afetou a produção, o peso médio, a gravidade específica dos ovos e a eficiência alimentar, mas a taxa de perda de ovos por problemas de casca foi reduzida com a inclusão de 1,5 e 2,5 % da argila. Castaing (1998), estudando a inclusão de outra argila (sepiolita) até 2% na ração de poedeiras, observou maior consumo, maior peso, maior massa e melhoria na qualidade interna dos ovos no final de postura. Os demais parâmetros de qualidade interna não parecem ser influenciados pela adição de aluminossilicatos na dieta das poedeiras (Kermanshahi et al., 2011; Fendri et al., 2012; Kaya et al., 2013).

Em codorna a qualidade de ovos também não foi influenciada pela adição de caulim até 4,5% segundo Sousa et al. (2019). Justino et al. (2019) fornecendo a mesma argila nas rações de codornas, não identificaram diferença significativa para qualidade dos ovos, no entanto houve aumento do peso do ovo em níveis de inclusão de até 3,76%.

A exceção dos registros de Safaeikatouli et al. (2012) que observaram que a inclusão de diferentes argilas (bentonita, caulim e zeólita), pode aumentar a concentração de minerais na carne de frangos, a literatura consultada não revelou influência das argilas nas características das carcaças dessas aves. Uzunoğlu e Yalçın (2019) fornecendo sepiolita não identificaram diferenças significativas para o rendimento da carcaça quente, a porcentagem de vísceras comestíveis, como coração, fígado e moela, a quantidade de gordura abdominal também não foi afetada. Assim como Khanedar et al. (2012) que não observaram a influência de bentonita na ração de frangos aos 42 dias o rendimento de carcaça, coxa, peito, fígado e gordura abdominal.

Interação dos Aluminossilicatos com Ingredientes e Nutrientes da Ração

Um problema observado no uso das argilas é a possibilidade delas interagirem com outros ingredientes da ração como com os aditivos melhoradores de desempenho,

medicamentos e inclusive adsorverem algumas vitaminas e minerais presentes na dieta, fazendo com que o animal não consiga absorver os mesmos (Huwig et al., 2001; Bhatti et al., 2018). Isto ocorre em virtude dos mecanismos de ação dessas substâncias anteriormente citados, como a capacidade de trocas catiônicas com algumas destas substâncias presente no lúmen intestinal, formando um complexo não absorvível.

Segundo Butolo (2010), as argilas podem adsorver vitaminas do complexo B, deixando-as indisponíveis, já Casting (1998) verificou que o uso de um nível maior que 2,5% de bentonita ocasiona problemas na absorção de vitamina A, gerando descoloração da gema dos ovos, assim como Kermanshahi (2011) que trabalhando com a inclusão de zeólitas em ração de poedeiras observou correlação negativa entre as concentrações de aluminossilicatos na ração em relação a pigmentação da gema, que é uma característica importante na comercialização dos ovos, visto que o mercado consumidor tem preferência por ovos com gema mais pigmentada.

Em soluções muito ácidas (como ocorre no interior do proventrículo), a estrutura da argila pode ser destruída, ocorrendo a liberação de íons de alumínio (Al) que fazem parte de sua estrutura, estes íons por sua vez podem formar sais insolúveis com o fósforo, alterando sua absorção e a de cálcio também (Schneider et al., 2017). Os mesmos autores observaram uma redução linear na retenção de fósforo quando adicionando vários níveis de clinoptilolita, no entanto a retenção de Ca, Mg, Na, K, Fe e Zn, não foi alterada. Schneider et al. (2019) ao adicionarem bentonita nas rações de frangos não observaram diferenças significativas na absorção dos minerais séricos cálcio, cloretos, ferro, magnésio, exceto fósforo.

Shryock et al. (1994) observaram ineficácia do antibiótico tilmicosina (medicamento utilizado em aves para controle e tratamento de doenças respiratórias como aerosaculites e infecções ocasionadas por patógenos respiratórios, incluindo *Mycoplasma sp*), quando este foi administrado juntamente com bentonita nas rações de frangos de corte. Farí et al. (2003), em experimentos in vitro, não verificaram interferência do uso de zeólita com os medicamentos *sulfametoxazol* (indicado para tratamento de doenças entéricas e respiratórias) e *metronidazol* (coccidiostático e coccidicida), devido a ambos os antimicrobianos possuírem dimensões de moléculas muito grandes que dificultam e ou impossibilitam sua adsorção pelos canais dos aluminossilicatos utilizado nestas experiências. Segundo os mesmos autores, as zeólitas podem inclusive ter um efeito benéfico sobre as drogas, favorecendo a absorção das mesmas quando administradas simultaneamente, em virtude do seu efeito tamponante no trato gastrointestinal.

A utilização das argilas como revestimentos ou transportadores de drogas, é

largamente difundida na indústria farmacêutica. Essa função é possível, devido à sua capacidade de adsorção e interações de superfícies. A maioria das moléculas das drogas costumam ser muito grandes para entrar no espaço inter-camadas dos aluminossilicatos, no entanto as argilas possuem a capacidade de se ligar a superfície (adsorção) da droga, formando um complexo argila-medicamento, fazendo com que a droga possa ter seu desempenho maximizado (Williams & Hillier, 2014). Os possíveis efeitos adversos da inclusão de 15 e 30 ppm de zeólitas administradas como um aditivo, foram estudados por Safaeikatouli et al. (2011) que medindo parâmetros fisiológicos em frangos de corte, concluíram que não ocorreu alteração dos níveis bioquímicos séricos, assim como nas concentrações de Tiroxina (T4), hormônio tireoestimulante (TSH) e do hormônio do crescimento (GH).

3. Considerações Finais

O uso de aluminossilicatos como aditivo nas rações de aves de interesse industrial pode representar no atual cenário mundial de restrição ou mesmo proibição de aditivos antibióticos, uma estratégia zootécnica viável, visto que os mesmos podem atuar melhorando a qualidade e a durabilidade de pellets, como adsorventes de micotoxinas, melhorando a qualidade óssea, reduzindo a umidade das excretas, e influenciando sobre o aumento da saúde do trato gastrointestinal com reflexos em melhor desempenho e conseqüentemente bem estar das aves.

Referências

- Ajuwon, K. M. (2015). Toward a better understanding of mechanisms of probiotics and prebiotics action in poultry species. *Journal of Applied Poultry Research*, 25(2), 277-283.
- Angulo, E., Brufau, J. & Esteve-Garcia, E. (1995). Effect of sepiolite on pellet durability in feeds differing in fat and fibre content. *Animal Feed Science and Technology*, 53(4), 233-241.
- Attar, A., Kermanshahi, H., Golian, A., Abbasi Pour, A. & Daneshmand, A. (2019). Conditioning time and sodium bentonite affect pellet quality, growth performance, nutrient retention and intestinal morphology of growing broiler chickens. *British poultry science*, 60(6), 777-783.

Berto, D. A., Garcia, E. A., Pelícia, K., Vercese, F., Molino, A. D. B., da Silveira, A. F. & Murakami, E. S. F. (2013). Effects of dietary clinoptilolite and calcium levels on the performance and egg quality of commercial layers. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 15(3), 263-268.

Bhatti, S. A., Khan, M. Z., Hassan, Z. U., Saleemi, M. K., Saqib, M., Khatoon, A. & Akhter, M. (2018). Comparative efficacy of Bentonite clay, activated charcoal and Trichosporon mycotoxinivorans in regulating the feed-to-tissue transfer of mycotoxins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(3), 884-890.

Budgell, K. L. & Silversides, F. G. (2004). Bone breakage in three strains of end-of-lay hens. *Canadian journal of animal science*, 84(4), 745-747.

Butolo, J. E. (2010). Qualidade de ingredientes na alimentação animal. 2ª Edição.

Çabuk, M., Alcicek, A., Bozkurt, M. & Akkan, S. M. (2004). Effect of Yucca schidigera and natural zeolite on broiler performance. *International Journal Poultry Science*, 3 (10), 651-654.

Castaing, J. (1998). Uso de las arcillas en alimentación animal. A: *XIV Curso de especialización FEDNA. Avances en nutrición y alimentación animal. Expoaviga, Barcelona*, 143-157.

Castro, E. A. S. (2009). Estudo teórico da adsorção em aluminossilicatos. Brasília: UNB, 2009. 128p. Tese (Doutorado em Química), Instituto de Química, Universidade de Brasília.

Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal. (2017). São Paulo: Editora Sindirações/Anfal. Campinas, 371 p.

Delbecque, G. (1995). Les argiles en la alimentation animale. In *Annales du Symposium Alimentation Animale et Santé Publique* (Vol. 1).

Farí, T., Ruiz-Salvador, A. R. & Rivera, A. (2003). Interaction studies between drugs and a purified natural clinoptilolite. *Microporous and Mesoporous Materials*, 61(1), 117-125.

Fassani, E. J. & Brito, J. A. G. Utilização de argilas na alimentação animal. 2004. Disponível em: http://www.caodobrasil.com.br/?pg=dicas_e_artigos&codigo=2 . Acesso em 21/04/2015.

Fendri, I., Khannous, L., Mallek, Z., Traore, A. I., Gharsallah, N. & Gdoura, R. (2012). Influence of Zeolite on fatty acid composition and egg quality in Tunisian Laying Hens. *Lipids in health and disease*, 11(1), 71.

Ferreira, A. C. K., Alfaro, D. M., Silva, L. C. C., Romani, F., Lourenço, M. C., Vargas, F. & Santin, E. (2005). O uso do aluminossilicato (Silvet®) como adjuvante na melhora do aspecto das fezes e desempenho das aves. *Archives of Veterinary Science*, 10(1).

Franciscato, C., Lopes, S. T. D. A., Santurio, J. M., Wolkmer, P., Maciel, R. M., Paula, M. T. D. & Costa, M. M. (2006). Concentrações séricas de minerais e funções hepática e renal de frangos intoxicados com aflatoxina e tratados com montmorilonita sódica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(11), 1573-1577.

Gilani, A., Kermanshahi, H., Golian, A. & Seifi, S. (2016). Appraisal of the impact of aluminosilicate use on the health and performance of poultry. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 40(3), 255-262.

Gilardi, J. D., Duffey, S. S., Munn, C. A. & Tell, L. A. (1999). Biochemical functions of geophagy in parrots: detoxification of dietary toxins and cytoprotective effects. *Journal of Chemical Ecology*, 25(4), 897-922.

Herzig, I., Strakova, E. & Suchy, P. (2008). Long-term application of clinoptilolite via the feed of layers and its impact on the chemical composition of long bones of pelvic limb (femur and tibiotarsus) and eggshell. *Veterinarni Medicina*, 53(10), 550-554.

Huwig, A., Freimund, S., Kappeli, O., Dutler, H. (2001). Mycotoxin detoxication of animal feed by different adsorbents. *Toxicology Letters*, 122, 179-188.

Hesham, M. T., Hegazy, A. A., & Yehia, A. H. (2004). Efficiency of kaolin and activated charcoal to reduce the toxicity of low level of aflatoxin in broilers. *Sci J King Faisal Univ (Basic Appl Sci)*, 5, 14-25.

Inal, F., Gulsen, N., Coskun, B. & Arslan, C. (2000). The effects of bentonite on egg performance of laying hens. *Indian Journal of Animal Sciences*, 70(2).

Justino, L. R., Calixto, L. F. L., Reis, T. L., de Lemos, M. J. & Soares, P. L. S. (2019). Níveis de inclusão de caulim na ração de codornas japonesas no final do ciclo produtivo. *Archives of Veterinary Science*, 24(1).

Kaya, H., Kaya, A., Gul, M. & Celebi, S. (2013). The effect of zeolite and organic acid mixture supplementation in the layer diet on performance, egg quality traits and some blood parameters. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 12(6), 782-787.

Kermanshahi, H., Jani, E. H. A., Hashemipour, H. & Pilevar, M. (2011). Efficacy of natural zeolite and pigments on yolk color and performance of laying hens. *African Journal of Biotechnology*, 10(16), 3237-3242.

Khanedar, F., Vakili, R. & Zakizadeh, S. (2012). Effects of two kinds of bentonite on the performance, blood biochemical parameters, carcass characteristics and tibia ash of broiler chicks. *Global Vet*, 9(6), 720-725.

Lemos, M. J. D., Calixto, L. F. L., Alves, O. D. S., Souza, D. S. D., Moura, B. B. & Reis, T. L. (2015). Kaolin in the diet and its effects on performance, litter moisture and intestinal morphology of broiler chickens. *Ciência Rural*, 45(10), 1835-1840.

Madkour, A. A., Madina, E. M., El-Azzouni, O. E., Amer, M. A., El-Walili, T. M. & Abbass, T. (1993). Smectite in acute diarrhea in children: a double-blind placebo-controlled clinical trial. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*, 17, 176-176.

Mendes, A. A., de Alencar Nääs, I. & Macari, M. (2004). *Produção de frangos de corte*. Facta. 356 p.

Mizrak, C., Yenice, E., Kahraman, Z., Tunca, M., Yildirim, U. & Ceylan, N. (2014). Effects of dietary sepiolite and mannanoligosaccharide supplementation on the performance, egg quality, blood and digestion characteristics of laying hens receiving aflatoxin in their feed. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 61(1), 65-71.

Morrison, K. D., Underwood, J. C., Metge, D. W., Eberl, D. D. & Williams, L. B. (2014). Mineralogical variables that control the antibacterial effectiveness of a natural clay deposit. *Environmental geochemistry and health*, 36(4), 613-631.

Mullens, B. A., Soto, D., Martin, C. D., Callaham, B. L. & Gerry, A. C. (2012). Northern fowl mite (*Ornithonyssus sylviarum*) control evaluations using liquid formulations of diatomaceous earth, kaolin, sulfur, azadirachtin, and *Beauveria bassiana* on caged laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*, 21(1), 111-116.

Ouhida, I., Perez, J. F., Piedrafita, J. & Gasa, J. (2000). The effects of sepiolite in broiler chicken diets of high, medium and low viscosity. Productive performance and nutritive value. *Animal Feed Science and Technology*, 85(3-4), 183-194.

Pasha, T. N., Mahmood, A., Khattak, F. M., Jabbar, M. A. & Khan, A. D. (2008). The effect of feed supplemented with different sodium bentonite treatments on broiler performance. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 32(4), 245-248.

Pedroso, A. A., Batal, A. B. & Lee, M. D. (2016). Effect of in ovo administration of an adult-derived microbiota on establishment of the intestinal microbiome in chickens. *American journal of veterinary research*, 77(5), 514-526.

Penz Junior, A. M., Bruno, D. & Fujji, S. (2008). Uso de Aditivos Antimicrobianos na Alimentação Animal-Controle, Restrição e Tendências. Palestra apresentada durante o AVISULAT. São Bento, RS.

Ramos, A. J., Hernandez, E., Pla-Delfina, J. M. & Merino, M. (1996). Intestinal absorption of zearalenone and in vitro study of non-nutritive sorbent materials. *International Journal of Pharmaceutics*, 128(1-2), 129-137.

Reis, T. L.; Quintero, J. C. P.; Sousa, F. D. R.; Soares, P. L. S.; Calixto, L. F. L. & Fassani, E. J. (2019). Inclusão de caulim em ração no final do ciclo produtivo, influenciando a umidade das excretas, a digestibilidade e a qualidade óssea de galinhas. In: XVII Congresso Apa - Produção e Comercialização de Ovos. Ribeirão Preto. Resumos... Ribeirão Preto: APA.

Safaeikatouli, M., Jafariahangari, Y. & Baharlouei, A. (2011). An evaluation on the effects of dietary kaolin and zeolite on broilers blood parameters, T4, TSH and growth hormones. *Pakistan Journal of Nutrition*, 10(3), 233-237.

Safaeikatouli, M., Boldaji, F., Dastar, B. & Hassani, S. (2012). Growth response and tibia bone characteristics in broilers fed diets containing kaolin, bentonite and zeolite. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 21(2).

Salari, S., Kermanshahi, H. & Moghaddam, H. N. (2006). Effect of sodium bentonite and comparison of pellet vs. mash on performance of broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*, 5(1), 31-34.

Sanni, C. O. (2017). *Evaluation of techniques for improving phosphorus utilisation in meat poultry* (Doctoral dissertation, Nottingham Trent University). 275p.

Souza, D. S., Calixto, L. F. L., Lemos, M. J., Reis, T. L., Oliveira, C. A., Fassani, É. J. & Sousa, F. D. R. (2019). Inclusion of kaolin in the feed of Japanese quails during the production phase. Inclusion of kaolin in the feed of Japanese quails during the production phase. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 32(4), 1-11.

Schneider, A. F., Zimmermann, O. F. & Gewehr, C. E. (2017). Zeolites in poultry and swine production. *Ciência Rural*, 47(8).

Schneider, A. F., Mayer, J. K., Volpato, J. & Gewehr, C. E. (2019). Minerais séricos, características morfológicas ósseas e deposição de minerais ósseos de frangos de corte alimentados com dieta com inclusão de bentonita. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 71(2), 594-602.

Schutte, J. B. & Langhout, D. J. (1998). Effect of EXAL in practical of broiler chick. *TNO Report*, 93, 310-369.

Shryock, T. R., Klink, P. R., Readnour, R. S. & Tonkinson, L. V. (1994). Effect of bentonite incorporated in a feed ration with tilmicosin in the prevention of induced *Mycoplasma gallisepticum* airsacculitis in broiler chickens. *Avian diseases*, 501-505.

Sindirações. Boletim Informativo do Setor – Julho/2019. 6 p. 2019.

Slamova, R., Trckova, M., Vondruskova, H., Zraly, Z. & Pavlik, I. (2011). Clay minerals in animal nutrition. *Applied Clay Science*, 51(4), 395-398.

Świątkiewicz, S., Koreleski, J., & Arczewska, A. (2010). Laying performance and eggshell quality in laying hens fed diets supplemented with prebiotics and organic acids. *Czech Journal of Animal Science*, 55(7), 294-306.

Taylor, D. (2000). Mycotoxin Binders: What they are and how they work. In *Proceedings of the 1st Annual OIL-DRI Animal Health Technical Symposium, August* (Vol. 25).

Ullman, J. L., Mukhtar, S., Lacey, R. E. & Carey, J. B. (2004). A review of literature concerning odors, ammonia, and dust from broiler production facilities: 4. Remedial management practices. *Journal of applied poultry research*, 13(3), 521-531.

Ustundag, A. O., & Ozdogan, M. (2018). Effects of Feed Additives Used As an Alternative to Antibiotics on Mineral Absorption and Bone Characteristics in Poultry: A Review. *Hayvansal Üretim*, 59(1), 79-85.

Uzunoğlu, K. & Yalçın, S. (2019). Effects of dietary supplementation of betaine and sepiolite supplementation on performance and intestinal health in broilers. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 66(3), 221-230.

Varol Avcılar, Ö., Kocakaya, A., Onbaşlar, E. E., & Pirpanahi, M. (2018). Influence of sepiolite additions to different litter materials on performance and some welfare parameters of broilers and litter characteristics. *Poultry science*, 97(9), 3085-3091.

Viotti, G. C. D. A. (2006). Desenvolvimento e caracterização de argilas organofílicas para uso em alimentação animal como adsorvente inativador de micotoxinas. Florianópolis: UFSC, 2006. 216 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Universidade Federal de Santa Catarina.

Williams, L. B., & Hillier, S. (2014). Kaolins and health: from first grade to first aid. *Elements*, 10(3), 207-211.

Wilson, J. H., & Ruzler, P. L. (1998). Long term effects of boron on layer bone strength and production parameters. *British Poultry Science*, 39(1), 11-15.

Yalçın, S., Gebeş, E. S., Şahin, A., Duyum, H. M., Escibano, F., & Ceylan, A. (2017). Sepiolite as a feed supplement for broilers. *Applied Clay Science*, 148, 95-102.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Túlio Leite Reis – 25%

Felipe Dilelis – 25%

Édison José Fassani – 25%

Ligia Fatima Lima Calixto – 25%