

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Escola de Veterinária**  
**Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

Isadora de Menezes Meireles

**EFEITOS DE FONTES DE FIBRAS NA DIETA DE POEDEIRAS COMERCIAIS  
SOBRE O MICROBIOMA CECAL, MORFOMETRIA INTESTINAL E NO  
DESEMPENHO E QUALIDADE DOS OVOS**

Belo Horizonte  
2023

Isadora de Menezes Meireles

**EFEITOS DE FONTES DE FIBRAS NA DIETA DE POEDEIRAS COMERCIAIS  
SOBRE O MICROBIOMA CECAL, MORFOMETRIA INTESTINAL E NO  
DESEMPENHO E QUALIDADE DOS OVOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para Obtenção do grau de Mestre em Zootecnia

Orientador: Prof. Dr. Leonardo José Camargos Lara

Belo Horizonte  
2023

M514e Meireles, Isadora de Menezes, 1996-  
Efeitos de fontes de fibras na dieta de poedeiras comerciais sobre o Microbioma cecal, morfometria intestinal e no desempenho e qualidade dos ovos/ Isadora de Menezes Meireles.- 2023.  
70f: il.

Orientador: Leonardo José Camargos Lara.  
Dissertação (Mestrado) apresentado à Escola de Medicina Veterinária da UFMG, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.  
Área de concentração: Produção de não ruminantes.  
Inclui Bibliografia

1. Aves poedeiras - Alimentação e rações - Teses - 2. Dieta em veterinária - Teses - 3. Nutrição animal - Teses - I. Lara, Leonardo José Camargos - II. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária - III. Título.

CDD – 636.085

Bibliotecária responsável Cristiane Patrícia Gomes CRB 2569  
Biblioteca da Escola de Veterinária, UFMG.



Escola de Veterinária  
UFMG

ESCOLA DE VETERINÁRIA DA UFMG  
COLEGIADO DO PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA  
Av. Antônio Carlos 6627 - CP 567 - CEP 30123-970 - Belo Horizonte - MG  
TELEFONE (31)-3409-2173

www.vet.ufmg.br/academicos/pos-graduacao  
E-mail: cpzootec@vet.ufmg.br

**ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DA ALUNA ISADORA DE MENEZES MEIRELES**

As 08:00 horas do dia 28 de abril de 2023, reuniu-se, a Comissão Examinadora de dissertação, aprovada em reunião ordinária no dia 02/03/2023, para julgar, em exame final, a defesa da dissertação intitulada SORTOS DE FIBRA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES NA FASE DE PRODUÇÃO

\_\_\_\_\_, como requisito final para a obtenção do Grau de Mestre em Zootecnia, área de concentração Produção Animal de não ruminantes

Abriendo a sessão, o Presidente da Comissão, Prof. Leonardo José Camargos Lara, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da Defesa de dissertação, passou a palavra ao (a) candidato (a), para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato (a). Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento da dissertação, tendo sido atribuídas as seguintes indicações:

	Aprovada	Reprovada
Prof.(a)/Dr.(a) <u>BRUNO ANTUNES SOARES</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prof.(a)/Dr.(a) <u>ÍDEU CARVALHO DE FIGUEIREDO</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prof.(a)/Dr.(a) <u>LEONARDO JOSÉ CAMARGOS</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Prof.(a)/Dr.(a) _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prof.(a)/Dr.(a) _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pelas indicações, o (a) candidato (a) foi considerado (a):  
Aprovado (a)  
Reprovado (a)

Para concluir o Mestrado, o(a) candidato(a) deverá entregar 03 volumes encadernados da versão final da dissertação acatando, se houver, as modificações sugeridas pela banca, e a comprovação de submissão de pelo menos um artigo científico em periódico recomendado pelo Colegiado dos Cursos. Para tanto terá o prazo máximo de 60 dias a contar da data defesa.

O resultado final, foi comunicado publicamente ao (a) candidato (a) pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ata, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora e encaminhada juntamente com um exemplar da dissertação apresentada para defesa.

Belo Horizonte, 28 de abril de 2023.

Assinatura dos membros da banca:

Ídeu Carvalho de Figueiredo \_\_\_\_\_  
Leonardo José Camargos \_\_\_\_\_  
Luiz Carlos \_\_\_\_\_

## RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de fontes de fibra em rações para poedeiras comerciais sobre o desempenho produtivo, qualidade dos ovos, microbioma cecal e morfometria intestinal. Foram utilizadas 520 aves da linhagem comercial Dekalb<sup>®</sup>, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, compreendendo quatro tratamentos com cinco repetições de 26 aves em cada unidade experimental. Os tratamentos consistiam em três fontes de fibra (capim elefante, casca de soja e fibra comercial insolúvel), e um tratamento controle, sem fonte adicional de fibra. O período experimental foi entre 63 a 71 semanas de idade das poedeiras. Foram avaliados os seguintes dados: desempenho produtivo (produção de ovos, consumo de ração, peso e massa dos ovos, conversão alimentar por dúzia e caixa de ovos); qualidade de ovos (resistência da casca, coloração da gema, altura de albúmen, unidade Haugh e espessura de casca); microbioma cecal e morfometria intestinal. A inclusão das fontes de fibra não afetou a produção de ovos, número de ovo por ave alojada, peso dos ovos, massa dos ovos, além da viabilidade e parâmetros de qualidade dos ovos ( $p < 0,05$ ). A inclusão do capim elefante aumentou o peso final das aves em comparação com os demais tratamentos ( $p < 0,05$ ). As aves que se alimentaram com casca de soja apresentaram melhor conversão alimentar por quilo comparado às aves dos demais tratamentos. Na variável conversão alimentar por caixa de ovos, a casca de soja e o capim elefante apresentaram melhores resultados comparado às aves dos demais tratamentos. Na primeira avaliação de qualidade dos ovos, as aves que consumiram a ração com inclusão de casca de soja apresentaram os ovos mais pesados em comparação ao capim elefante e a fibra insolúvel. Na segunda avaliação de qualidade dos ovos, as aves que consumiram a ração com inclusão de casca de soja e a ração controle apresentaram os ovos mais pesados em comparação a fibra insolúvel. Além disso, aves alimentadas com a casca de soja apresentaram melhor % de gema e a pior % de albúmen em comparação aos demais tratamentos. Quanto a avaliação da beta diversidade, aves que consumiram ração com capim elefante apresentaram maior diversidade bacteriana em comparação as aves que consumiram ração com casca de soja e sem fonte adicional de fibra. Aves que consumiram ração com casca de soja apresentaram a microbioma com maior população da família *Selenomonadaceae* em comparação às aves que consumiram ração com capim elefante e o tratamento controle. Aves que consumiram ração com capim elefante apresentaram a microbioma com maior composição do gênero *bacteroides Megamonas* em comparação às aves que consumiram ração com a fibra comercial e casca de soja. Da mesma

forma, aves que também consumiram ração com capim elefante apresentaram a microbioma cecal com maior população da espécie *Faecalibacterium Prausnitzu*. O capim elefante, casca de soja e a fibra comercial insolúvel são alternativas viáveis para a alimentação de poedeiras na fase de produção sem prejudicar o desempenho, qualidade casca, morfometria e microbioma cecal.

Palavras-chave: poedeiras; fibra; capim elefante; desempenho; microbioma cecal.

## ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of including fiber sources in diets for commercial laying hens on productive performance, egg quality, cecal microbiome and intestinal morphometry. 520 laying hens of the commercial lineage Dekalb® were used, distributed in a completely randomized design, comprising four treatments with five replications of 26 laying hens in each experimental unit. Treatments consisted of three fiber sources (elephant grass, soybean hulls and commercial insoluble fiber), and a control treatment with no additional fiber source. The experimental period was between 63 and 71 weeks of age of the laying hens. The following data were evaluated: productive performance (egg production, feed intake, egg weight and mass, feed conversion per dozen and egg box); egg quality (shell strength, yolk color, albumen height, Haugh unit and shell thickness); Cecal microbiome and intestinal morphometry. The inclusion of fiber sources did not affect egg production, number of eggs per housed layers, egg weight, egg mass, in addition to viability and egg quality criteria ( $p < 0.05$ ). The inclusion of elephant grass increased the final weight of the layers compared to the other treatments ( $p < 0.05$ ). Laying hens fed with soy hulls showed better feed conversion per kilogram compared to laying hens on other treatments. In the feed conversion variable per egg box, soybean hulls and elephant grass showed better results compared to layers in the other treatments. In the first evaluation of egg quality, the laying hens that consumed the diet with soybean hulls had the heaviest eggs compared to elephant grass and insoluble fiber. In the second evaluation of egg quality, the layers that consumed the feed with soybean hulls and the feed had the heaviest eggs compared to insoluble fiber. In addition, laying hens fed with soy hulls had the best yolk % and the worst albumen % compared to the other treatments. As for the assessment of beta diversity, layers consuming feed with elephant grass showed greater bacterial diversity compared to layers consuming feed with soy hulls and no additional source of fiber. Laying hens consuming feed with soy hulls had the microbiome with the highest population of the Selenomonadaceae family compared to laying hens consuming feed with elephant grass and the control treatment. Laying hens that consumed feed with elephant grass had a microbiome with a higher composition of the genus *Megamonas bacteroides* compared to layers that consumed feed with commercial fiber and soy hulls. Likewise, layers that also consumed feed with elephant grass had the microbiome with the highest population of the species *Faecalibacterium Prausnitzu*.

Elephant grass, soybean hulls and commercial insoluble fiber are viable alternatives for feeding laying hens in the production phase without impairing performance, shell quality, morphometry and cecal microbiome.

Keywords: layers; fiber; elephant grass; performance; cecal microbiome.

---

## SUMÁRIO

---

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>09</b>
<b>CAPÍTULO I – REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>10</b>
1.Definição e classificação da fibra.....	10
2.Fontes de fibra na alimentação de poedeiras.....	12
3.Fibra e seus efeitos sobre o trato gastrointestinal .....	18
4.Efeitos da fibra sobre a qualidade da casca.....	20
5.Efeitos da fibra sobre a microbiota .....	22
<b>6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>26</b>
<b>CAPÍTULO II – FONTES DE FIBRA NA ALIMENTAÇÃO DE POEDEIRAS NA FASE DE PRODUÇÃO.....</b>	<b>34</b>
Resumo.....	34
Abstract.....	36
Introdução.....	38
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>39</b>
Condições experimentais.....	39
Aves e manejos.....	39
Delineamento experimental.....	39
Parâmetros de avaliações.....	40
Análises estatísticas.....	42
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>43</b>
Desempenho.....	43
Qualidade dos ovos.....	45
Morfometria intestinal .....	47
Microbioma.....	49
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>57</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>64</b>

---

## INTRODUÇÃO

Após anos de melhoramento genético, a indústria avícola vem desenvolvendo poedeiras cada vez mais eficientes, que produzem mais de 300 ovos por ano e que suportam rações com menor densidade energética em sua composição. No entanto, para formular rações com menor inclusão de energia, torna-se necessário adicionar alguma fonte de fibra. A inclusão de fontes de fibra na alimentação de poedeiras é uma alternativa que auxilia diversos aspectos na cadeia avícola.

Entretanto, a importância da correta quantificação e uso da fibra na dieta de poedeiras vinha sendo relegada a segundo plano, além de seus possíveis efeitos digestivos e metabólicos. A maioria das abordagens quanto a essa fração, ressaltava principalmente os aspectos negativos de sua presença na dieta de poedeiras, sendo vista apenas como um componente que traz prejuízos à digestibilidade dos nutrientes e ao desempenho das aves.

Com a evolução dos estudos nutricionais as abordagens relacionadas ao uso de fibras nas dietas das poedeiras têm sido reconsideradas, a começar pela sua correta quantificação e qualificação na dieta, considerando aspectos de solubilidade e características físico-químicas. Além disso, os aspectos benéficos de seu uso vêm sendo pesquisados com maior frequência, especialmente em relação aos efeitos positivos sobre a fisiologia digestiva e atividade microbiana (Jha et al., 2019). Manter ou melhorar a saúde intestinal é essencial para melhorar a eficiência alimentar, o desempenho e a saúde geral das aves.

A fibra também pode melhorar o desenvolvimento de órgãos digestivos das aves, especialmente a atividade da moela, aumentar os ácidos biliares, secreções de enzimas e alterar a microbiota intestinal (Mateos et al., 2012). A inclusão de fibra na dieta de poedeiras pode também afetar positivamente a saúde intestinal, evitando adesão de populações de bactérias patogênicas à mucosa epitelial (Jha et al., 2019).

Além disso, a fibra é uma importante alternativa na redução dos níveis de energia da ração, que por sua vez, representa cerca de 70% do custo total de produção de uma empresa de postura avícola (Giroto, 2008).

O farelo de trigo é a principal fonte de fibra utilizada para reduzir os níveis de energia e aumentar os teores de FDN (fibra em detergente neutro) dietéticos. Entretanto, este ingrediente, assim como outras fontes de fibra, apresenta-se muitas vezes com o preço mais elevado em relação ao milho, havendo a necessidade de se buscar ingredientes alternativos para serem

utilizados na dieta com o objetivo de reduzir os custos da produção de ovos, sem prejudicar o desempenho animal.

Portanto, se torna essencial a busca por matérias primas alternativas que proporcionam o aumento do nível de fibra e a redução do nível de energia das rações, a fim de reduzir o custo da produção de ovos, visando o melhor resultado econômico e zootécnico do plantel.

Sendo assim, o objetivo ao desenvolver o presente trabalho foi avaliar a resposta produtiva de poedeiras comerciais frente a inclusão de fontes de fibra nas rações de poedeiras em produção, seus efeitos sobre índices zootécnicos, qualidade dos ovos, desenvolvimento do sistema digestório e microbioma cecal.

## **CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA**

### **1. Definição e classificação de fibra**

A definição de fibra, do ponto de vista da morfologia vegetal, corresponde aos componentes estruturais das plantas, constituindo a parede celular. Do ponto de vista nutricional, a fibra constitui-se de carboidrato não digestível por enzimas endógenas de animais monogástricos, mas passível de hidrólise no intestino grosso ou cecos por meio da fermentação microbiana (AACC, 2001). Sua composição química é dependente de sua origem e do método analítico empregado em sua determinação laboratorial (Mertens, 1997). A fração extraída em solução de detergente neutro é composta pela celulose, hemicelulose e lignina, enquanto a fração extraída em solução de detergente ácido é composta pela celulose e lignina (Choct, 2015).

A fibra é um agregado de compostos heterogêneos (polissacarídeos não amiláceos e oligossacarídeos), com sua origem associada na parede celular das plantas (Morgado e Galzerano, 2008). São resistentes à digestão enzimática no trato gastrointestinal dos animais, chegando até o cólon intacto e servindo como substrato para a fermentação bacteriana (Van Soest et al., 1991; Montagne et al., 2003). Ao chegar ao colo, a fibra é fermentada pelas bactérias locais, contribuindo com a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), predominantemente acetado, propionato e butirato, além de água (H<sub>2</sub>O) e vários gases, como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), hidrogênio (H<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>) (Montagne et al., 2003).

As fibras também podem causar aumento do volume do bolo alimentar proporcionando sensação de saciedade devido à dilatação da parede estomacal e interferindo na disponibilidade dos demais nutrientes (Silva et al., 2012). São divididas em duas frações em função de seu

efeito fisiológico ou solubilidade em água: fibra solúvel e fibra insolúvel (Montagne et al., 2003).

A fração insolúvel da fibra é formada por celulose, hemicelulose e lignina e se diferencia da fração solúvel, que é constituída por pectinas, mucilagens, polissacarídeos e hemiceluloses (Theuwissen e Mensink, 2008).

Fontes de fibra solúvel possuem grande capacidade de absorver água e formar substância gelatinosa no trato gastrointestinal, o que pode aumentar a viscosidade da digesta, prejudicando tanto a mistura do alimento ingerido com os sucos digestivos quanto o acesso das enzimas aos nutrientes do alimento, inibindo a digestão e absorção dos nutrientes de modo geral. A alta viscosidade pode ainda afetar o consumo de ração em decorrência da redução da velocidade de passagem da digesta, exercendo influência sobre a microbiota intestinal (Mateos et al., 2012; Jha et al., 2019).

A fibra insolúvel, por sua vez, não estaria relacionada a esses efeitos antinutricionais por não apresentarem a capacidade de retenção de água. Sua inclusão em níveis moderados na dieta das aves pode aumentar o tempo de retenção do quimo na parte superior do trato gastrointestinal, estimulando o desenvolvimento da moela e produção de enzimas endógenas, melhorando a digestão dos componentes da dieta. As espécies monogástricas possuem capacidade limitada para fermentar a fibra insolúvel, uma vez que carecem de espécies microbianas específicas. Portanto, é essencial entender os componentes da fonte de fibra e seus efeitos nutricionais e fisiológicos nos animais antes de incorporá-lo em dietas (Mateos et al., 2012; Jha et al., 2019).

Foi demonstrado por Abreu (2020) que a inclusão de quantidades moderadas de fibra na dieta das poedeiras traz efeitos benéficos. O uso de dietas com fibra insolúvel pode reduzir a incidência de surtos de canibalismo. A hipótese seria de que, com o aumento da velocidade da digesta pelo lúmen intestinal, as aves passassem mais tempo se alimentando e menos tempo bicando umas às outras. Portanto pode ser usada como uma alternativa ao aparo de bico em alguns sistemas de criação.

Os efeitos da fibra sobre a digestibilidade, as funções do intestino e o comportamento das aves, ainda são, em grande parte, desconhecidos. Como a maioria dos ingredientes de origem vegetal contém quantidades consideráveis de fibra, sendo a maior parte insolúvel (Bach-Knudsen, 1997), os efeitos fisiológicos e nutricionais da fibra insolúvel podem ter significativas implicações práticas na nutrição de não ruminantes.

## 2. Fontes de fibra na alimentação de poedeiras

No Brasil, o milho e farelo de soja são matérias primas básicas na composição das rações utilizadas para as aves, porém, muitos países utilizam diferentes matérias primas, obtendo resultados semelhantes em comparação com rações à base de milho e farelo de soja. Além disso, a indústria avícola enfrenta desafios com essas matérias primas em relação à qualidade e a grande oscilação dos preços (Pottgueter, 2011).

O farelo de trigo é a principal matéria prima utilizada para reduzir o teor de energia e aumentar o teor de fibra da ração. No entanto, este ingrediente fica mais caro que o milho em alguns momentos, de modo que a redução no custo de formulação esperada ao utilizar uma ração com menor densidade energética não vem sendo observada. Além disso, a fração fibrosa do farelo de trigo é rica em PNAs (polissacarídeos não amiláceos) insolúveis, o que pode contribuir para o aumento da velocidade de passagem da digesta e, conseqüentemente, redução da digestibilidade dos nutrientes e eficiência alimentar (Araújo et al., 2008).

O farelo de trigo é formado por tecidos externos do grão de trigo, incluindo a camada do aleurona com um pouco de endosperma aderido, pois o grão de trigo apresenta um vinco que se estende ao longo de todo o comprimento do grão e dificulta a separação do endosperma amiláceo dos outros tecidos durante o processamento para a produção de farinha destinada ao consumo humano (Bergmans et al., 1996; Evers e Millar, 2002).

O farelo de trigo é composto essencialmente por polissacarídeos não amiláceos (41 a 60%), são eles, a arabinoxilanas, celulose,  $\beta$ -glucanos e lignina, além de proteína (15 a 22%) e amido (10 a 20%) (Bergmans et al., 1996; Maes and Delcour, 2001). A adição do farelo de trigo na dieta de aves é limitada pela exigência de energia destes animais (Rostagno et al., 2011).

Em um trabalho realizado por Araujo et al. (2008), foram avaliadas quatro inclusões de farelo de trigo (0, 3, 6 e 9%) na dieta para poedeiras marrons em fase de produção, obtendo dietas com 2,55; 2,73; 2,91 e 3,09% de fibra bruta. Os autores concluíram que a inclusão de até 9% de farelo de trigo na dieta não afeta o consumo de ração, o peso vivo final, a produção, o peso e a massa dos ovos e a conversão por massa e por dúzia de ovos.

A casca de soja é um subproduto do beneficiamento do grão de soja, com grandes perspectivas de uso pela sua disponibilidade e valor nutricional (Garleb et al., 1988). Por não ter competição com a alimentação humana e ser pouco utilizada na alimentação animal torna-se um ingrediente de grande potencial na alimentação de aves. Também, por ser produzido em grande quantidade, pois para cada 100 kg de soja processada resultam em aproximadamente 8 kg de casca de soja (Mulrhead, 1993).

Em comparação ao milho e ao farelo de soja, a casca de soja apresenta um nível intermediário de proteína bruta (15 a 20%), menores teores de lipídios e energia metabolizável para aves (3,22% e 981 kcal/kg, respectivamente) e maiores índices de matéria mineral e fibra (5,19% e 37,16%, respectivamente) (Rostagno et al., 2017).

Roberts et al. (2007) não observaram efeito da inclusão de 4,8% de casca de soja sobre a produção, peso e massa dos ovos, nem sobre ganho de peso de poedeiras de 23 a 58 semanas de idade. Amaral (2014), trabalhando com poedeiras de 18 a 30 semanas de idade, avaliou a redução do teor de energia da dieta por meio da inclusão de uma das três fontes de fibra: farelo de trigo, casca de soja e feno de tifton. Observou-se que as aves que receberam a dieta com inclusão de 4,5% de casca de soja (2.690 kcal/kg e 12% de FDN) apresentaram consumo de ração, produção e peso dos ovos semelhantes às que receberam a dieta controle (2.784 kcal/kg e 10,5% de FDN). Ao avaliar a inclusão de três fontes de fibra (casca de soja, farelo de trigo e casca de café) na dieta para poedeiras Lohmann LSL® de 25 a 45 semanas de idade Sousa et al. (2019) observaram que a inclusão de casca de soja na dieta (5%) proporcionou ovos com maior score de cor de gema quando comparada com as aves que receberam o farelo de trigo (7,83%) e casca de café (4,25%).

O uso de forragens como fontes de fibra para poedeiras está crescente com o destaque para o bem-estar animal. Em sistemas alternativos, como “free-range”, utilizados para a produção de ovos orgânicos ou caipira, as aves têm acesso a piquetes, consumindo as forragens por meio do pastejo. Entretanto, as aves também podem receber as forragens picadas, tanto secas, como úmidas; sendo que a forma seca (por meio da fenação) e moída permite que a forragem seja misturada na ração, possibilitando seu uso para aves em gaiolas. De modo geral, as forragens apresentam um teor de fibra muito alto. O conteúdo de polissacarídeos não amiláceos nas plantas varia não só de acordo com as espécies, mas também entre cultivares da mesma espécie, além das condições de cultivo, idade da planta e número de cortes. Os teores PNA aumentam com o número de cortes, de modo que forragens de terceiro corte apresentam maior teor de PNA em relação às de primeiro corte. Com relação aos teores de açúcares, substâncias pécicas e frutanas ocorre o inverso, há redução destas substâncias com o aumento do número de cortes. Estas mudanças ocorrem em decorrência da maturação da parede celular (Bach-Knudsen, 1997).

As gramíneas forrageiras podem ser adicionadas à ração de aves como fonte de xantofilas para pigmentação. Rações com inclusão de 5% de alfafa podem intensificar a coloração amarela na pele dos frangos ou na gema dos ovos (10 na escala Roche). A inclusão de alfafa além dos

5% tem pouco efeito na pigmentação, sendo que outras fontes naturais ou sintéticas são mais eficientes para atingir maiores escores de pigmentação (Leeson e Summers, 2005).

No Brasil, recomendam-se especialmente forrageiras do gênero *Cynodon*, como Tifton e estrela africana, gramíneas tropicais que apresentam boa cobertura do solo. As braquiárias, de modo geral, são forrageiras pouco exigentes e bem adaptadas aos solos brasileiros, entretanto, pouco se sabe a respeito dos efeitos do oxalato sobre o metabolismo do cálcio e a qualidade da casca dos ovos. O capim-elefante ou capim napier é de fácil cultivo, sendo uma opção viável de forrageira como fonte de fibra para as aves. A alfafa, por outro lado, é uma planta mais exigente e muito valorizada, de modo que cuidados o preparo e correção do solo tornam-se obrigatórios (Butolo, 2002).

Amaral (2014) observou que a inclusão de 3,1% de feno de tifton na dieta para poedeiras de 18 a 30 semanas de idade não afetou a produção e peso dos ovos, mas aumentou o peso relativo da moela e reduziu o peso do fígado das aves. Outra pesquisa realizada por Fernandes et al. (2018) com inclusão de diferentes fontes de fibra (feno maniva de mandioca, feno leucena, feno de mata pasto e feno flor de seda) na dieta de frangos Label Rouge 28 a 112 dias, mostrou que os fenos de maniva de mandioca e de leucena tiveram resultados superiores aos demais tratamentos em relação ao desempenho zootécnico das aves.

Os concentrados de fibra insolúvel disponíveis no mercado têm sido descritos como produtos fibrosos (pelo menos 60% de fibra bruta) normalmente compostos por celulose ou lignocelulose. Os altos teores de fibra são obtidos por processos de concentração que podem ser de natureza física ou termomecânica. A lignocelulose eubiótica é um ingrediente nutricional originado de madeira fresca selecionada especificamente para o uso na alimentação animal. A fibra passa por tratamento de alta temperatura e posteriormente processada em partículas ultrafinas. Contém em torno de 65% de fibra bruta e 85% de fibra alimentar total (Feedis., 2023).

Ao avaliar a inclusão de duas fontes de fibra comerciais (lignocelulose padrão e lignocelulose eubiótica) em dietas para frangos de corte Zeitz et al. (2019) observaram que o consumo de ração e o ganho de peso dos frangos de cortes foram semelhantes entre os tratamentos. Além disso, os pesos de carcaça, pesos relativos da moela e o pH do conteúdo da moela não foi influenciado pela adição de lignoceluloses. Na digesta cecal, as concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) não diferiram entre os tratamentos. No entanto, houve aumento na proporção de ácido acético e redução de ácido butírico no tratamento com lignocelulose eubiótica em relação ao grupo controle e o grupo com adição de lignocelulose

padrão. Outra pesquisa realizada por Traineau et al. (2013) também não observaram efeitos sobre o desempenho das aves com a inclusão de 5% de fibra insolúvel na dieta de poedeiras ISA Brown<sup>®</sup> de 20 a 35 semanas de idade. Yokhana et al. (2016) trabalharam com inclusão de 1% de fibra insolúvel comercial em frangas de oito semanas e observaram maior ganho de peso corporal em comparação ao grupo controle. Sozcu et al. (2020) utilizaram lignocelulose a 0, 0,5, 1 e 2kg por tonelada de ração em poedeiras de 18 a 38 semanas de idade e mostraram que 0,5 e 1 kg/ton de lignocelulose aumentaram significativamente o peso corporal, o consumo de ração e a eficiência alimentar em comparação ao grupo controle. Em contrapartida, Rohe et al. (2019) trabalharam com a inclusão de 10% de lignocelulose em poedeiras Lohmann durante 52 semanas e mostraram redução significativa do peso corporal das aves em comparação ao tratamento controle.

A casca de café é outro subproduto da agricultura com potencial para utilização na alimentação de monogástricos. A casca representa 40% do fruto maduro e retorna às lavouras de café como adubo orgânico ou perde-se por não ter utilização (Poveda Parra et al., 2008). Um ponto que deve ser considerado ao utilizar a casca de café é a concentração de cafeína, substância esta que pode de alguma maneira causar consequências na fisiologia das aves.

De acordo com Mello et al. (1992), o valor encontrado de cafeína para os grãos crus encontra-se entre os limites relatados na literatura científica de 0,5 a 2 g.100g<sup>-1</sup> para café arábica. A cafeína é citada como um componente da alimentação humana que pode interferir no metabolismo do cálcio, visto que essa substância aumenta a excreção urinária desse mineral, e ainda pode prejudicar sua absorção no intestino.

Sousa et al. (2019) avaliaram a inclusão de três fontes de fibra (casca de café, farelo de trigo e casca de soja) na dieta para poedeiras Lohmann LSL<sup>®</sup> de 25 a 45 semanas de idade e observaram que a inclusão de casca de café na dieta piorou os parâmetros de qualidade de casca (porcentagem, espessura e resistência). Os autores consideraram que a pior qualidade da casca das aves que receberam a dieta com casca de café poderia ser atribuída tanto à presença de cafeína na dieta, como aos efeitos antinutricionais da fibra solúvel, reduzindo a disponibilidade do cálcio para absorção. Entretanto, a inclusão de casca de café (4,25%) na dieta para poedeiras de 25 a 45 semanas não afetou a produção de ovos e conversão alimentar em relação às dietas com inclusão de casca de soja (5%) ou farelo de trigo (7,5%).

O produto chamado “Grãos secos de destilaria com solúveis” ou “Distiller’s Dried Grains with Solubles” e, popularmente chamado apenas de DDGS é um subproduto da indústria do etanol, produzido no processo de fermentação do amido dos grãos de cereais. O DDGS pode

ser definido como o produto obtido após a remoção de álcool etílico e secagem do material fermentado usando métodos empregados na indústria de destilação de grãos. Dessa forma, a composição nutricional do DDGS varia amplamente em função dos grãos utilizados para a fermentação (sendo milho o mais comum) e das condições de processamento (Belyea et al., 2004). De modo geral, o DDGS é considerado como fonte de energia e proteína para aves, apresentando em torno de 29,5% de proteína bruta, 11,1% de gordura e 2.559 kcal de EMA/kg (Feedipedia, 2017).

Além disso, o DDGS fornece em torno de 34 mg de xantofilas /kg (Sauvant e Tran, 2004), sendo este valor três vezes superior à concentração de xantofilas no milho (10,62 mg/kg; NRC, 1994) devido à remoção do amido pelo processo de fermentação. Entretanto, o conteúdo de xantofilas do DDGS pode ser bastante variável devido à destruição desse carotenóide pelo calor durante o processo de secagem.

Swiatkiewicz e Koreleski (2006) avaliaram os efeitos da inclusão de DDGS (0,0; 10,0; 15,0 e 20,0%) em dietas para poedeiras Lohamnn Brown® de 26 a 68 semanas de idade. Não observaram efeito da inclusão de DDGS sobre o desempenho das aves e qualidade dos ovos durante o pico de produção (26 a 43 semanas). Entretanto, no período de 44 a 68 semanas, a inclusão de 20% de DDGS na dieta reduziu a produção e massa de ovos. Resultados obtidos em outro trabalho pelos mesmos autores (Swiatkiewicz e Koreleski, 2007), demonstraram que a inclusão de 20% de DDGS na dieta reduz a digestibilidade do extrato etéreo e o teor de EMAn da dieta, possivelmente, devido aos efeitos negativos da fibra solúvel. Entretanto, a inclusão de 0, 5, 10, ou 15% de DDGS na dieta não afeta a digestibilidade dos nutrientes.

O farelo de arroz integral é relativamente rico em energia (2.583 kcal/kg) e proteína (13,3%), sendo um alimento alternativo para a alimentação de aves que contém em torno de 19,7% de fibra dietética total, composta por PNA solúveis (1,6%) e insolúveis (14,2%), além da lignina (3,9%). Considerando os outros métodos utilizados para a determinação da fração fibrosa, o farelo de arroz contém em torno de 22,5% de FDN e 7,7% de FB. Há ainda, o farelo de arroz desengordurado, obtido por meio da extração do extrato etéreo (14,2% no integral para 1,6% no desengordurado), conseqüentemente, a fração fibrosa desse ingrediente passa a ser mais concentrada (24,7% de FDN) e o risco de rancificação durante o armazenamento é reduzido (Rostagno et al., 2017). De acordo com Rostagno et al. (2017) a inclusão de farelo de arroz em dieta para poedeiras é de no máximo 12%.

Lemos et al. (2004), avaliando níveis crescentes de inclusão de farelo de arroz (0 %, 12 %, 24 % e 36 %), observaram que o consumo de ração e a conversão alimentar decresceram

linearmente com o aumento da inclusão. Segundo os autores, a diminuição no consumo de ração está relacionada à presença de fatores antinutricionais presentes no farelo de arroz.

Samli et al. (2006) estudaram os efeitos da inclusão de farelo de arroz (0%, 5%, 10% e 15%) em poedeiras de 22 a 32 semanas de idade e verificaram redução do consumo de ração e da produção de ovos pelas aves que receberam a dieta com 15% de farelo de arroz. Dessa forma, os autores concluíram que o farelo de arroz pode ser incluído somente até 10% da dieta sem causar efeito adverso no desempenho produtivo e na qualidade dos ovos. Em contrapartida, Filardi et al., (2007) avaliaram diferentes inclusões de farelo de arroz (0%, 5%, 10% e 15%) na dieta de poedeiras Lohmann LSL® de 26 a 46 semanas de idade. De acordo com os resultados obtidos, a inclusão de até 15% de casca de arroz na dieta não afetou o consumo de ração, a produção e o peso dos ovos, nem a qualidade da casca. Saki et al. (2017) observaram redução da produção de ovos com a inclusão de 15% de farelo de arroz na dieta para poedeiras Hy-Line W36 de 23 a 35 semanas de idade.

De acordo com Souza e Lopes (1994), o fato de maiores níveis de inclusão de farelo de arroz determinarem prejuízos ao desempenho está associado à diminuição no consumo de ração, o que ocorre em função da baixa digestibilidade dos polissacarídeos não-amiláceos. Esses PNA's, quando não digeridos, aumentam a viscosidade do quimo intestinal, diminuindo a velocidade de passagem do alimento ao longo do trato digestório e, conseqüentemente, determinam menor ingestão de ração.

A torta de algodão é o co-produto da extração do óleo contido no grão, que ao ser cozido por calor a vapor e, posteriormente, esmagado é denominado torta, sendo usada na forma moída ou peletizada para nutrição animal. Pode-se produzir dois tipos de torta: a torta gorda (5% de óleo residual) mais energética, proveniente do aquecimento e prensagem mecânica, e com um menor teor de proteína e a chamada torta magra ou farelo de algodão (menos de 2% de óleo residual), menos energética, oriunda da extração através de solventes, apresentando maior teor de proteínas (Tavares-Samay, 2012). O farelo de algodão é rico em proteína e contém em torno de 29,6% de FDN e 15,3% de FB (Rostagno et al., 2017). Os efeitos prejudiciais do uso de farelo de algodão na dieta para poedeiras não estão relacionados à sua fração fibrosa, mas sim às substâncias presentes na fração lipídica do farelo de algodão: o gossipol e os ácidos graxos ciclopropenoicos (malvático e estercúlico). Na maioria dos farelos, o conteúdo de gossipol total está em torno de 1%. Entretanto, desse total, somente 0,1% está na forma livre, que é a forma de gossipol responsável pelas alterações da gema (descoloração), redução da qualidade do albúmen e pela redução da produção e peso dos ovos (Yuan et al., 2014). Além disso, o gossipol

inibe a atividade da pepsina e da tripsina no trato gastrointestinal, reduzindo assim a digestibilidade da proteína (Nagalakshmi et al., 2007).

As poedeiras são mais sensíveis ao gossipol livre e níveis iguais ou superiores a 0,024% já reduzem a produção de ovos e a eclodibilidade e, em nível acima de 0,05% as galinhas produzem ovos com gemas verde oliva. Entretanto, em níveis de 0,015% ou menos de gossipol livre o uso do farelo de algodão na dieta das aves é recomendado de acordo com Ezequiel (2002).

### **3. Fibra e seus efeitos sobre o trato gastrointestinal**

A função do trato gastrointestinal inclui digestão, absorção e fornecimento de uma barreira física e imunológica para microrganismos. Por ser o local de digestão, o trato gastrointestinal maximiza a utilização de nutrientes para reduzir o substrato para as bactérias, além de potencializar a diferenciação de células epiteliais. Além de prevenir a adesão de bactérias patogênicas, equilibra populações de microrganismos com baixo número de bactérias patogênicas, apoiam a resposta imune adequada e controlam a inflamação. O funcionamento eficaz do trato gastrointestinal e sua saúde são fatores importantes na determinação do desempenho animal (Jha et al., 2019).

As aves necessitam de certa quantidade de fibra para o bom funcionamento e fisiologia intestinal, visto que a saúde do trato gastrointestinal é essencial para manter o desempenho e a saúde geral dos animais monogástricos (Jha et al., 2021).

O teor de fibra necessário para maximizar o desenvolvimento do trato gastrointestinal depende do tipo e idade das aves (González-Alvarado et al., 2010), das características da fonte de fibra utilizada, especialmente a solubilidade, o teor de lignina e a granulometria (Jiménez-Moreno et al., 2011a). De acordo com Scheideler et al. (1998), a adição de fibra pela inclusão de aveia na ração de frangas resultou em efeitos positivos no desenvolvimento dos órgãos do trato gastrointestinal, na digestão de nutrientes e na eficiência alimentar. Resultados semelhantes de pesquisas realizadas por Mateos et al. (2012), mostraram que a inclusão de até 3% de fibra insolúvel em rações à base de milho e farelo de soja para poedeiras e frangos de corte beneficia o desenvolvimento do trato gastrointestinal e o desempenho das aves.

As aves respondem rapidamente às mudanças no teor de fibra da ração, modificando os pesos dos órgãos e comprimento do intestino, além da taxa de passagem da ração pelos segmentos do trato gastrointestinal. O aumento do teor de fibra insolúvel na ração, resulta em redução do comprimento do intestino delgado (Amerah et al., 2009) e do peso do proventrículo

(Jiménez-Moreno et al., 2009b) e em aumento do peso e conteúdo da moela (Amerah et al., 2009; Svihus, 2011) que, em geral, são indicativos de melhor funcionamento do TGI e maior capacidade de consumo de ração (Mateos et al., 2012).

A moela é responsável por importantes funções do trato gastrointestinal, incluindo a redução do tamanho de partícula da digesta que entra no intestino delgado; a regulação da motilidade; o controle da passagem da ração e dos refluxos gastroduodenais; o estímulo das secreções digestivas, como HCl, sais biliares e enzimas endógenas; e a sincronização dos processos de digestão e absorção (Mateos et al., 2012).

Yokhana et al. (2016) trabalharam com inclusão de 1% de fibra insolúvel comercial em frangas de 8 semanas e observaram que as aves alimentadas com a fonte de fibra apresentaram o peso do fígado, moela e intestino delgado significativamente maiores em relação ao grupo controle. As enzimas no trato gastrointestinal também foram analisadas e os autores mostraram que as atividades de pepsina, tripsina e quimotripsina foram aumentadas em comparação ao grupo controle. Da mesma forma, Rohe et al. (2020) trabalharam com a inclusão de 10% de lignocelulose em poedeiras Lohmann durante 52 semanas e apresentaram em seus resultados pesos de moelas aumentados em comparação ao tratamento controle.

Ao avaliar a inclusão de três fontes de fibra (casca de café, farelo de trigo e casca de soja) na dieta para poedeiras Lohmann LSL® de 25 a 45 semanas de idade Sousa et al. (2019) observaram que a inclusão de casca de café na dieta (4,25%) proporcionou aves com maior peso relativo da moela quando comparada com as aves que receberam o farelo de trigo (7,83%), ambas não diferiram das aves que consumiram a casca de soja (5%).

De acordo com Hetland et al. (2003), a inclusão de trigo inteiro e raspas de madeira (fibra predominantemente insolúvel) na dieta de aves entre 15 a 29 semanas de idade, mostraram que a fração insolúvel da fibra estimulou o desenvolvimento da moela e aumentou a concentração de fibra e o teor de ácidos biliares, melhorando a digestibilidade do amido.

González-alvarado et al. (2010) também observaram que a inclusão casca de aveia na ração aumenta o pH e tamanho da moela, bem como o tamanho dos segmentos do intestino. Estudo realizado por Amaral (2014), que incluiu farelo de trigo, casca de soja e feno tifton na dieta de poedeiras entre 12 a 30 semanas de idade, verificou que o teor de fibra predominantemente insolúvel na ração, estimulou o desenvolvimento da moela e aumentou a coloração da gema dos ovos.

Amaral (2018) avaliou a inclusão de diferentes fontes de fibra na dieta de poedeiras de 100 a 110 semanas de vida, foram elas: polpa de beterraba (fibra solúvel-insolúvel), lignocelulose

(fibra insolúvel) e farelo de trigo (fibra solúvel e insolúvel). A autora observou que as aves que receberam a dieta com inclusão de 3,3% de polpa de beterraba apresentaram maior peso relativo da moela em relação aos demais tratamentos. Além disso, as aves que receberam esta dieta tiveram menor número de Enterobacteriaceae nos cecos, efeitos considerados benéficos para a fisiologia do trato gastrintestinal.

Hetland et al. (2003) mostram que, ao incluírem trigo inteiro e raspas de madeira na dieta de aves entre 15 a 29 semanas de idade, a fração insolúvel da fibra estimulou o desenvolvimento da moela e aumentou a concentração de fibra e o teor de ácidos biliares no conteúdo da mesma. Resultados semelhantes de pesquisa realizadas por Sousa et al. (2019) avaliaram a inclusão de três fontes de fibra (casca de café, farelo de trigo e casca de soja) na dieta para poedeiras Lohmann LSL<sup>®</sup> de 25 a 45 semanas de idade e observou que a inclusão de casca de café na dieta proporcionou maior peso relativo da moela quando comparada com as aves que receberam os demais tratamentos.

A presença de fibra na dieta melhora a digestibilidade do amido e da gordura, através do estímulo da atividade da moela, aumentando o refluxo da digesta do duodeno para a moela, e assim aumentando a secreção de amilase e ácidos biliares (Hetland et al., 2003). Quando ocorre redução da fibra na dieta o tamanho e o conteúdo da moela são afetados pela falta de estímulo e, conseqüentemente, compromete o desenvolvimento do trato gastrointestinal (Hetland et al., 2004).

#### **4. Efeitos da fibra sobre qualidade da casca**

Os efeitos da fibra sobre a qualidade da casca, assim como para os demais parâmetros produtivos, estão intimamente relacionados às características físico-químicas da fibra, especialmente a solubilidade e a capacidade de troca catiônica. Resultados de pesquisas têm demonstrado que a fibra insolúvel tem efeito de aumentar o peso da moela (Svihus, 2011) e alterar as características do conteúdo deste órgão, que passa a ter maior concentração de FDN (Hetland et al., 2003) e menor valor de pH (Steenfeldt, 2007). O menor pH do conteúdo da moela favorece a solubilidade do cálcio (Guinotte et al. 1995) e, dessa forma, a inclusão de fontes de fibra insolúvel na dieta para poedeiras poderia melhorar a absorção do cálcio e, conseqüentemente, a qualidade da casca. Por outro lado, a fibra solúvel, principalmente as substâncias pécnicas, tem grande capacidade de absorver água e formar substância gelatinosa no trato intestinal, o que aumenta a viscosidade da digesta, prejudicando tanto a mistura do alimento ingerido com os sucos digestivos quanto o acesso das enzimas aos nutrientes do

alimento, inibindo a digestão e absorção dos nutrientes de modo geral. Além disso, a fibra que tem alta capacidade de troca catiônica, geralmente a solúvel, exerce ação adsorvente especialmente sobre os cátions bivalentes, como cálcio, tornando-os indisponíveis para a absorção, o que poderia piorar a qualidade da casca (Annison e Choct, 1991).

A inclusão de fontes de fibra na ração implica na redução do teor de energia da mesma, que é um fator determinante na nutrição de poedeiras. Além da importância econômica (a energia representa o componente mais caro da dieta), a poedeira regula o consumo de ração conforme suas necessidades energéticas (Saldaña et al., 2016). Dessa forma, o uso de dietas com menores teores de energia favorece o consumo de ração e, conseqüentemente, dos nutrientes de modo geral, inclusive de cálcio, o que pode trazer benefícios na qualidade dos ovos.

Casartelli et al. (2006) observaram que a inclusão do farelo de girassol (0%, 4%, 8% e 12%) na dieta para poedeiras Lohmann LSL de 41 a 51 semanas de idade não influenciou o desempenho das aves. Entretanto, o aumento dos níveis de farelo de girassol na dieta melhorou a porcentagem de casca e a gravidade específica dos ovos. Resultados semelhantes foram observados por Incharoen e Maneechote et al. (2013) ao incluírem casca de arroz (0, 3 ou 6%) como fonte de fibra insolúvel na dieta de poedeiras H&N marrons de 32 a 44 semanas de idade. Os autores também verificaram melhor resistência da casca dos ovos das aves que consumiram a dieta com inclusão de 6% de casca de arroz, sendo que o consumo de ração foi similar entre as aves dos diferentes tratamentos.

Leite (2018) observou que a inclusão de uma fonte de fibra comercial (0,0; 0,2; 1,0 e 2,0%) na dieta para poedeiras Lohmann LSL de 24 a 40 semanas de idade apresentou efeito significativo sobre a resistência e espessura de casca. Ambas as características promoveram respostas lineares positivas, na qual os ovos provenientes das aves que receberam diferentes níveis de fibra na dieta apresentaram melhor resistência e espessura de casca quando comparados com aves alimentadas com a dieta controle.

Em contrapartida Sousa et al. (2019) avaliaram a inclusão de três fontes de fibra (farelo de trigo, casca de soja e casca de café) na dieta para poedeiras Lohmann LSL de 25 a 45 semanas de idade e observou que a inclusão de casca de café na dieta reduziu a espessura e a resistência da casca, o que poderia ser atribuído à presença de cafeína na dieta ou aos efeitos antinutricionais da fibra solúvel. Estes resultados corroboram com de Amaral (2014) que, trabalhando com Hy-Line W36 de 18 a 30 semanas de idade, utilizou uma dieta controle (2.784 kcal/kg), sem inclusão de fonte de fibra, e três dietas cujos teores de energia foram reduzidos

(2.690 kcal/kg) por meio da inclusão de uma das fontes de fibra (farelo de trigo, casca de soja ou feno de Tifton). Os ovos das aves que consumiram a dieta controle apresentaram menor peso específico e menor espessura de casca em relação aos demais tratamentos. Teixeira et al. (2020) avaliaram inclusões de cafeína em diferentes níveis (150, 300, 450 ppm) na alimentação de poedeiras de 56 a 68 semanas de idade e mostraram que a inclusão de cafeína na alimentação de poedeiras promoveu a redução da espessura e porcentagem da casca, independentemente dos níveis de inclusão. Segundo os autores, a ingestão de cafeína elevou a excreção urinária de cálcio nas aves, resultando em menor disponibilidade deste mineral para formação da casca do ovo.

Sozcu et al. (2020) utilizaram lignocelulose a 0, 0,5, 1 e 2kg por tonelada de ração em poedeiras de 18 a 38 semanas de idade e mostraram que houve declínio na resistência à quebra da casca e na espessura da casca no grupo com inclusão de 2kg de lignocelulose, quando comparado ao grupo com inclusão de 0,5 e 1kg por tonelada de ração.

Quando se trata de qualidade da casca do ovo, a fibra dietética não costuma ser mencionada como um fator determinante, sendo necessários ainda diversos estudos para estabelecer esta relação. Entretanto, de acordo com essa revisão, há evidências de que a fibra dietética pode influenciar a qualidade da casca.

## **5. Efeitos da fibra sobre a microbiota**

O trato gastrointestinal é o maior grupo de órgãos do corpo, atua na digestão e absorção de nutrientes da dieta e fornece proteção contra patógenos e toxinas. Além disso, hospeda a microbiota e células do sistema imunológico. Dessa forma, um trato gastrointestinal saudável é de extrema importância para boa saúde e produtividade dos animais. A definição de saúde intestinal deve ser considerada de forma holística, incluindo a dieta, a mucosa, sistema imunológico e microbiota (Jha et al., 2019).

É conhecido que a relação simbiótica entre o hospedeiro e sua microbiota é bastante vantajosa para ambos. A microbiota no trato gastrointestinal promove a secreção de enzimas, e contribui para o processo de digestão e absorção. Além de regular o metabolismo energético, prevenir infecções da mucosa e modular o sistema imunológico impedindo o crescimento de patógenos intestinais (Macari et al., 2014).

A composição da microbiota varia de acordo com a idade, o estado fisiológico, a região do intestino, o uso de antimicrobianos, o sistema de criação, bem como a composição da dieta, especialmente, a presença e a natureza da fibra dietética, que é o principal substrato bacteriano

(Shang et al., 2018). Segundo Macari et al. (2014), na primeira semana de vida das aves, as principais bactérias encontradas no trato gastrointestinal são as *Clostridiales*, incluindo *Clostridium* e *Ruminococcus*, *Lactobacillus* e *Gammaproteobacteria*, estas que incluem as principais cepas patogênicas Gram- negativo, como as *Salmonellas* e *Escherichia coli*.

Os cecos representam os principais locais de fermentação do trato gastrointestinal das aves e contêm o maior número de bactérias, especialmente anaeróbicas. De acordo com Józefiak et al. (2004), para avaliar os benefícios que a fermentação cecal da fibra dietética possa trazer para as aves, é necessário estudar os produtos da fermentação, produzidos principalmente nos cecos. Os principais produtos da fermentação da fibra dietética são os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), acetato, propionato, butirato, lactato e succinato e vários gases como  $H^2$ ,  $CO^2$ ,  $CH^4$  (Hou et al., 2020). Os AGCC possuem funções específicas no organismo. O propionato reduz o pH no colón, mantém o equilíbrio da microbiota intestinal, estimula a absorção de sódio e água e, além disso, é transformado em glicose no fígado. Já o butirato aumenta o fluxo sanguíneo e a produção de muco, estimula a proliferação celular epitelial, além de ser a principal fonte de energia para os colonócitos. As bactérias produtoras de butirato incluem *Faecalibacterium*, *Roseburia*, *Coprococcus* e *Anaerostipes*. Por fim, o acetato atua como fonte de energia para o tecido muscular e estimula a produção de secreção pancreática e outros hormônios (Hou et al., 2020). Como os AGCC são os principais produtos da fermentação da fibra, a produção desses metabólitos está diretamente relacionada ao teor de fibra na dieta. Langhout e Schutte (1996) observaram aumento da concentração de AGCC no conteúdo cecal de frangos de corte com a inclusão de 3% de pectina de polpa de beterraba na dieta.

Além da produção de energia, os AGCC nos cecos das aves podem fornecer mais benefícios. Em estudo realizado por Bedbury et al. (1983) foi constatado maior contagem de microrganismos benéficos em exame de cultura bacteriana do ceco de perus alimentados com dieta rica em fibras em comparação à dieta com baixo teor de fibra. Os AGCC resultantes dos processos de fermentação parecem ter efeito bacteriostático sobre algumas bactérias entéricas, especialmente da família *Enterocacteriaceae*, mas não inibiram bactérias benéficas, como *Lactobacillus spp.* (Van der Wielen et al., 2000). Desse modo, os AGCC produzidos pela atividade fermentativa da microbiota têm sido estudados como potenciais moduladores da virulência de agentes patogênicos (Ricke, 2003). Esses estudos sugerem que a capacidade de fermentação, a concentração de AGCC no trato gastrointestinal das aves e as mudanças de pH podem influenciar a invasão por *Salmonella spp.* (Dunkley et al., 2009).

Durant et al. (2000), em estudo com cultivo celular, observaram que a suplementação com acetato, propionato, butirato ou uma mistura dos três AGCC reduziu a capacidade de *S. Typhimurium* de aderir-se e invadir as células Hep-2 cultivadas. Entretanto, a resposta aos AGCC foi influenciada pela concentração dos AGCC (diretamente proporcional) e pelo pH do meio, sendo mais eficientes em meios com pH 6,0 do que em meios com pH 7,0. Da mesma forma, Van der Wielen et al. (2000) demonstraram que a alta atividade da fibra nos cecos de frangos foi correlacionada com menor valor de pH e isso pode inibir algumas bactérias patogênicas como *Salmonella*, *Escherichia coli* e *Clostridium*. Namkung et al., (2011) também observaram redução de 50-80% do crescimento de *Salmonella Typhimurium* e *Clostridium perfringens* na presença de AGCC, dependendo da concentração desses ácidos. O estudo de Abazari et al. (2016) mostrou que a adição de casca de arroz como fonte de lignocelulose pode promover o crescimento de bactérias benéficas e reduzir a população de bactérias patogênicas, como *Escherichia coli* no íleo e ceco de frangos de corte aos 42 dias de idade.

O microbioma intestinal pode também ser influenciada por medicamentos, alimentos, probióticos, prebióticos e nutrição. Meimandipour et al (2010) conduziram um experimento *in vitro*, operado com bioreator, para quantificar a quantidade de butirato produzido por bactérias em um simulador de ceco de frango. O conteúdo do ceco foi suplementado com *Lactobacillus salivarius* ssp. *Salicinuis* JCM 1230 e *Lactobacillus agilis* JCM 1048 durante 24 horas de incubação. As espécies de bactérias foram determinadas por PCR em tempo real, e as concentrações de ácidos graxos de cadeia curta e lactato foram monitoradas. Depois de 24 horas houve aumento significativo do número de *Lactobacilli*, *Bifidobacteria* e *Faecalebacterium prausnitzii* no grupo que recebeu a suplementação com *Lactobacillus*. Os *Lactobacillus* são grandes produtores de propionato e butirato, estes importantes para o desenvolvimento epitelial do intestino, e inibição do crescimento de patógenos. Além disso, observou-se diminuição significativa da quantidade de *Salmonella spp.* no grupo suplementado em comparação ao grupo controle. Neste caso, a introdução destes suplementos mostrou-se benéfica a microbiota cecal.

Ding et al. (2018) estudaram os efeitos de xilo-oligossacarídeos dietéticos (0, 0,01, 0,02, 0,03, 0,04 e 0,05%) na microbiota intestinal de galinhas poedeiras e observaram um aumento linear de acordo com a taxa de inclusão no número de Bifidobactérias no ceco.

A importância de fornecer fibra alimentar para a microbiota é verdadeiramente demonstrado em dietas deficientes em fibra, onde bactérias degradadoras de polissacarídeos

começam a utilizar o muco do intestino, que pode reduzir a função de barreira intestinal deixando o hospedeiro cada vez mais vulnerável à invasão de patógenos (Desai et al., 2016).

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAZARI, A. NAVIDSHAD. B. MIRZAEI AGHJEHGESHLAGH. F. NIKBIN. S. The effect of rice husk as an insoluble dietary fiber source on intestinal morphology and Lactobacilli and Escherichia coli populations in broilers. *Iran J Vet REes*. 2016; 10(3):217–24

AACC- american association of cereal chemists. The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World*, St. Paul, v.46, n.3, p. 112-126, 2001.

ABREU, M,T. Influência da utilização de fibra insolúvel no bem estar de poedeiras comerciais em dois sistemas de criação. 2020. Dissertação (mestrado em zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

AMARAL, L. M. M. Teores de energia e fibra bruta para poedeiras nas fases de recria e produção. 2014. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

AMERAH, A.M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R.G. Influence of insoluble fiber and whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. *Br. Poult. Sci.*, v.50, p.366-375, 2009

ANNISON, G.; CHOCT, M. Anti-nutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategic minimizing their effect. *World's Poultry Science Journal*, v. 47, n. 3, p. 232-242, 1991.

ARAUJO, D.M.; SILVA, J.H.V.; ARAUJO, J.A. et al. Farelo de trigo na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de recria. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.1, p.67-72, 2008

ARAUJO, D. M.; SILVA, J. H. V.; MIRANDA, E. C.; ARAUJO, J. A.; COSTA, F. G. P.; TEIXEIRA, E. N. M. Farelo de trigo e complexo enzimático na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de produção. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.5, p.843-848, 2008b.

BEDBURY, H. P. DUKE, G. E. Cecal microflora of turkeys fed low or high fiber diets: enumeration, identification, and determination of cellulolytic activity. *Poult Sci*. 1983;62(4):675–82.

BERGMANS, M.E.F., BELDMAN, G., GRUPPEN, H., VORAGEN, A.G.J. Optimisation of the selective extraction of (glucurono) arabinoxylans from wheat bran: use of barium and calcium hydroxide solution at elevated temperatures. *J. Cereal Sci.* v.23, n.3, 235–245, 1996.

BELYEA, R. L., RAUSCH, K. D., TUMBLESÓN, M. E.. Composition of corn and distillers grains with solubles from drygrind ethanol processing. *Bioresource Technology*, v. 94, n. 3, p. 293–298, 2004.

BUTOLO, J. E. *Qualidade de ingredientes na alimentação animal*. 1.ed. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2002. 430p

CHOCT, M. *Fibre- Chemistry and functions in poultry nutrition*. School of Environmental and Rural Science, 2015.

CASARTELLI, E. M.; FILARDI, R. S.; JUNQUEIRA, O. M.; LAURENTIZ, A. C.; ASSUENA, V.; DUARTE, K. F. Sunflower meal in commercial layer diets formulated on total and digestible amino acids basis. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v. 8, n. 3, p. 167–171, 2006.

CLEMENTE, AHS., 2015. Níveis de fibra dietética e energia metabolizável em rações para frangos de corte. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 62f.

DESAI, M. S. SEEKATZ, A.M. KOROPATKIN, N.M. KAMADA N. HICKEY, C.A. WOLTER, M. ET AL. A dietary fiber-deprived gut microbiota degrades the colonic mucus barrier and enhances pathogen susceptibility. *Cell*. (2016) 167:1339–53.e 21. doi: 10.1016/j.cell.2016.10.043

DING, M., D. D. LI, S. P. BAI, J. P. WANG, Q. F. ZENG, Z. W. SU, AND K. Y. ZHANG. “Effect of Dietary Xylooligosaccharides on Intestinal Characteristics, Gut Microbiota, Cecal Short-Chain Fatty Acids, and Plasma Immune Parameters of Laying Hens.” *Poultry Science* 97 (3): 874–881. doi:10.3382/ps/pex372. 2018.

DUNKLEY, K. D., T. R. CALLAWAY, V. I. CHALOVA, J. L. MCREYNOLDS, M. E. HUME, C. S. DUNKLEY, L. F. KUBENA, D. J. NISBET, AND S. C. RICKE. Foodborne *Salmonella* ecology in the avian gastrointestinal tract. *Anaerobe*, v. 15, n. 1-2, p. 26–35, 2009.

DURANT, J. A. LOWRY, V. K. NISBET, D. J. STANKER, L. H. CORRIER, D. E. RICKE, S. C. Short-chain fatty acids alter HEp-2 cell association and invasion by stationary growth phase *Salmonella* Typhimurium. *Journal of Food Science*, v. 65, n. 7, p. 1206–1209, 2000.

EVERS, T.; MILLAR, S. Cereal grain structure and development: some implications for quality. *J. Cereal Sci.*, v.36, n.3, p.261-284, 2002.

EZEQUIEL, J. M. B. 2002. Farelo de algodão como fonte alternativa de proteína alternativa de origem vegetal. in: Simpósio sobre Ingredientes na Alimentação Animal. Campinas, São Paulo. anais. Campinas:cbna. p.137-161.

FEEDIPEDIA. Animal feed resources information system. Disponível em: . Acesso em: 15 ago. 2017.

FILARDI, R. S.; JUNQUEIRA, O. M.; LAURENTIZ, A. C.; CASARTELLI, E. M.; ASSUENA, V.; PILEGGI, J.; DUARTE, K. F. Utilização do farelo de arroz em rações para poedeiras comerciais formuladas com base em aminoácidos totais e digestíveis. Ciência Animal Brasileira , v. 8, n. 3, p. 397-405, 2007.

GARLEB, K. A.; FAHEY JUNIOR, G. C.; LEWIS, S. M.; KERLEY, M. S.; MONTGOMERY, L. Chemical composition and digestibility of fiber fractions of certain by-products feedstuffs fed to ruminants. Journal of Animal Science, Champaign, v. 66, n. 10, p. 2650-2662, 1988.

GIROTO, F. G. *Custo de produção de ovos*. Concórdia: Embrapa, 2008. (Documentos 127).  
ROBERTS, S. A.; XIN, H.; KERR, B. J.; RUSSELL, J. R.; BREGENDAHL, K. Effects of Dietary Fiber and Reduced Crude Protein on Nitrogen Balance and Egg Production in Laying Hens. Poultry Science, v. 86, n. 8, p. 1716–1725, 2007.

GONZÁLEZ-ALVARADO, J.M.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, D. et al. Effect of inclusion of oat hulls and sugar beet pulp in the diet on productive performance and digestive traits of broilers from 1 to 42 days of age. Animal Feed Science Technol., v.162, p.37- 46, 2010.

GONZÁLEZ-ALVARADO, J.M.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; LAZARO, R.; MATEOS, G.G. Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. Poultry Science, v.86, p. 1705-1715,2007.

GUINOTTE, F.; GAUTRON, J.; NYS, Y. Calcium solubilization and retention in the gastrointestinal tract in chicks (*Gallus domesticus*) as a function of gastric acid secretion inhibition and of calcium carbonate particle size. British Journal of Nutrition, v.73, n. 3, p.125-139, 1995.

HETLAND, H.; SVIHUS, B.; KROGDAHL, A. Effects of oat hulls and wood shavings on digestion in broilers and layers fed diets based on Whole or ground wheat. British Poultry Science., v.44, p.275-282, 2003.

HOU, L; SUN, B; YANG, Y. Effects of Added Dietary Fiber and Rearing System on the Gut Microbial Diversity and Gut Health of Chickens. *Animals* 2020, 10, 107; doi:10.3390/ani10010107.

INCHAROEN, T.; MANEECHOTE, P. The effects of dietary whole rice hull as insoluble fiber on the flock uniformity of pullets and on the egg performance and intestinal mucosa of 78 laying hens. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, v. 8, n. 4, p. 323- 329, 2013

JHA, R. FOUHSE, J.M. TIWARI, U.P. LI, L. WILLING, B.P. Dietary fiber and intestinal health of monogastric animals. *Front Vet Sci.* 2019;6:48.

JIMÉNEZ-MORENO, E.; CHAMORRO, S.; FRIKHA, M. et al. Effects of increasing levels of pea hulls in the diet on productive performance and digestive traits of broilers from one to eighteen days of age. *Animal. Feed Science. Technol.*, v.168, p.100-112, 2011.

JIMÉNEZ-MORENO, E.; GONZÁLEZ-ALVARADO, J.M.; GONZÁLEZ-SERRANO, A. et al. Effect of dietary fiber and fat on performance and digestive traits of broilers from one to twentyone days of age. *Poult. Sci.*, v.88, p.2562-2574, 2009b

JÓZEFIK, D. RUTKOWSKI, A. MARTIN, S. A. Carbohydrates fermentation in the avian ceca. *Animal Feed Science and Technology*, v.113, n. 1, p. 1–15, 2004.

KRÁS, RV., 2010. Efeito do nível de fibra da dieta, da linhagem e da idade sobre desempenho, balanço energético e o metabolismo da digesta em frangos de corte. 2010. 82f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. *Comercial poultry nutrition*. 3.ed. Ontario: University BOOKS. 413p. 2005.

LEMOS, I. T. P.; ZANELLA, I.; CARVALHO, A. D.; RABER, M. R.; ROSA, A.P. ; MAGON, L.; SANTOS, R. Utilização do farelo de arroz integral em níveis crescentes na dieta para poedeiras na fase de produção. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2004, Campo Grande, MS. Anais. Campo Grande, MS, 2004. CD-ROM (NNR 084).

MAES, C.; DELCOUR, J.A. Alkaline hydrogen peroxide extraction of wheat bran non-starch polysaccharides. *J. Cereal Sci.*, v.34, n.1, p.29–35. 2001.

MCHAN, F. SHOTTS, E. B. Effects of short-chain fatty acids on the growth of *Salmonella typhimurium* in an in vitro system. *Avian Diseases*, v. 37, n. 2, p. 396–398, 1993.

MANCABELLI, L. FERRARIO, C. MILANI, C. MANGIFESTA, M. TURRONI, F. DURANTI, S. LUGLI, G. A.; VIAPPIANI, A.; OSSIPRANDI, M.C.; VAN SINDEREN, D.; VENTURA, M. Insights into the biodiversity of the gut microbiota of broiler chickens. *Environmental Microbiology*, v.18, n. 12, p. 4727-4738, 2016.

MATEOS, G.G.; JIMÉNEZ-MORENO. E.; SERRANO, M.P.; LÁZARO, R.P. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *J. appl. Poult. Res.* 21:156–174. 2012

MERTENS, D. R. creating a system for meeting the fiber requirement of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 80, p. 1463, 1997.

MORGADO, E.; GALZERANO, L. A importância dos carboidratos na alimentação. REDVET – Revista eletrônica de veterinária: 2008, Vol. IX, Nº 10. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101008.pdf>.

MONTAGNE, L. PLUSKE, JR. HAMPSON, D.J. A review of interactions between dietary fiber and the intestinal mucosa and their consequences on digestive health in Young non-ruminant animal. *Animal feed Science and Technology*, Amsterdam, v.108, n. 1-4, p.95-117, 2003.

MULRHEAD, S. Soyhulls are acceptable alternative to forage fiber in dairy cows diets. *Feedstuffs*, v. 655, n. 46, p.12, 1993.

NAGALAKSHMI, D.; RAMA RAO, S. V., PANDA, A. K.; SASTRY, V. R. B. Cottonseed meal in poultry diets: a review. *The Journal of Poultry Science*, v. 44, n. 2, p. 119-134, 2007.

ROBERTS SA, XIN H, KERR BJ, RUSSELL JR, BREGENDAHL K. Effects of dietary fiber and reduced crude protein on ammonia emission from laying-hen manure. *Poultry Science* 2007;86:1625-1632.

POTTGUETER, R. Fiber in Layer's Feed – A Practical Approach based on Raw Materials' Varying Patterns. In: Congresso latinoamericano de avicultura, 22, 2011, Buenos Aires. Anais... Buenos Aires: [s.n.] 2011.

ROBERSON, K. D.; KALBFLEISCH, J. L.; PAN, W.; CHARBENEAU, R. A. Effect of corn distiller's dried grains with solubles at various levels on performance of laying hens and egg yolk color. *International Journal of Poultry Science*, v. 4, n. 2, p. 44–51, 2005.

RÖHE, I., J. URBAN, A. DIJKSLAG, J. TE PASKE, AND J. ZENTEK. 2019. "Impact of an Energy and Nutrient Reduced Diet Containing 10% Lignocellulose on Animal Performance, Body Composition and Egg Quality of Dual-Purpose Laying Hens." *Archives of Animal Nutrition* 73 (1): 1–17.

RÖHE, I., W. VAHJEN, F. METGER, AND J. ZENTEK. 2020. "Effect of a "Diluted" Diet Containing 10% Lignocellulose on the Gastrointestinal Tract, Intestinal Microbiota, and Excreta Characteristics of Dual-Purpose Laying Hens." *Poultry Science* 99 (1): 310–319.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 4.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2017. 488p.

SALDAÑA, B. et al. Influence of feed form and energy concentration of the rearing phase diets on productivity, digestive tract development and body measurements of brown-egg laying hens fed diets varying in energy concentration from 17 to 46 wk of age. *Animal Feed Science and Technology*, v. 221A, p. 87-100, 2016.

SAMLI, H. E.; SENKOYLU, N.; AKYUREK, H.; AGMA, AYLIN. Using rice bran in laying hen diets. *Journal of Central European Agriculture*, v. 7, n. 1, p. 135-140, 2006.

SAUVANT, D.; TRAN, G. Corn distillers. In: Sauvant, D.; Perez, J. M.; Tran, G. (Ed.). *Tables of Composition and Nutritional Value of Feed Materials*. Wageningen: WAGENINGEN ACADEMIC PUBLISHERS, 2004. p. 118.

SAKI, A. A.; ATRIAN, A. GOUDARZI, S. M.; KHODAKARAMIAN, G.; YOUSEF, A. Intestinal carbohydrase activity and sodium-glucose transporter expression in layers fed diets containing wheat and rice brans supplemented with phytase. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 39, n. 2, p. 157-162, 2017.

SHEIDELER, S.E.; JARONI, D.; PUTHPONGSIRIPRON, U. Strain, fiber source, and enzyme supplementation effects on pullet growth, nutrient utilization, gut morphology and subsequent layer performance. *Journal of Applied Poultry Research*, v.7, p.359-371, 1998.

SILVA, L.M; GERALDO, A; VIEIRA FILHO, J.A; MACHADO, L.C; BRITO, J.A.G; BETERCHINI, A.G. Associação de carboidrase e fitase em dietas valorizadas para poedeiras semipesadas. *Acta Scientiarum. Animal Sciences Maringá*, v. 34, n.3, p. 253-258, 2012.

SOZCU, A., AND A. IPEK. 2020. "The Effects of Lignocellulose Supplementation on Laying Performance, Egg Quality Parameters, Aerobic Bacterial Load of Eggshell, Serum Biochemical Parameters, and Jejunal Histomorphological Traits of Laying Hens." *Poultry Science* 99.

SOUSA, L. S.; CARVALHO, T, S, M; NOGUEIRA, F, A.; SALDANHA, M, M.; VAZ, D, P.; BETERCHINI, A, G.; BAIÃO, N, C.; LARA, L, J, C. Fiber source and xylanase on performance, egg quality, and gastrointestinal tract of laying hens. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2019. <https://doi.org/10.1590/rbz4820170286>

SOUZA, G. A.; LOPEZ, J. Farelo de arroz integral como fonte de fósforo em rações para frangos de corte.1. Desempenho e produtividade animal. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 23, n. 1, p.73-84, 1994.

STEENFELDT, S.; KJAER, J. B; ENGBERG, R. M. Effect of feeding silages or carrots as supplements to laying hens on production performance, nutrient digestibility, gut structure, gut microflora and feather pecking behavior. *British Poultry Science*, v.48, n.4, p. 454-468, 2007.

SVIHUS, B. The gizzard: Function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. *World's Poultry. Science. J.*, v.67, p.207-224, 2011.

SWIATKIEWICZ, S.; KORELESKI, J. Effect of maize distillers dried grains with solubles and dietary enzyme supplementation on the performance of laying hens. *Journal of Animal and Feed Sciences*, v. 15, n. 2, p. 253–260, 2006.

SWIATKIEWICZ, S.; KORELESKI, J. Effect of dietary level of maize- and rye distiller dried grains with solubles on nutrient utilization and digesta viscosity in laying hens. *Journal of Animal and Feed Sciences*, v. 16, n. 4, p. 668–677, 2007.

TAVARES-SAMAY, A. M. A. 2012. Avaliação nutricional e energética do farelo de algodão com ou sem suplementação enzimática para frangos de corte. 2012 (Dissertação Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE.

TEIXEIRA, M, S; TRIGINELLI, M, V; COSTA, T, A; LARA, L, J, C; SOTO-BLANCO, B. Effects of caffeine on egg quality and performance of laying hens. *Frontiers in Veterinary Science*. 2020.

THEUWISSEN, E; MENSINK, R.P. Water-soluble dietary fibers and cardiovascular disease. *Physiology & Behavior*, v. 94, n. 2, p. 285-292, Maio 2008.

TRAINEAU, M.; BOUVAREL, I.; MULSANT, C.; ROFFIDAL, L.; LAUNAY, C.; LESCOAT, P. Effects on performance of ground wheat with or without insoluble fiber or whole wheat in sequential feeding for laying hens. *Poultry Science*, v. 92, n. 9, p. 2475– 2486, 2013.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, Cambridge, v.74, p. 3583-3597, 1991.

VAN DER WIELEN, P. W. J. J. BIESTERVELD S. NOTERMANS, S. HOFSTRA, H. URLINGS, B. A. P. VAN KNAPEN, F. Role of volatile fatty acids in development of the cecal microflora in broiler chickens during growth. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 66, n. 6, p. 2536–2540, 2000.

YOKHANA, S., G. PARKINSON, AND T. L. FRANKEL. 2016. “Effect of Insoluble Fiber Supplementation Applied at Different Ages on Digestive Organ Weight and Digestive Enzymes of Layer-Strain Poultry.” *Poultry Science* 95: 550–559. doi:10.3382/ps/pev336.

ZEITZ J, O; NEUFELD, K; POTTHAST, C; KROISMAYR, A; MOST, E; EDER, K. Effects of dietary supplementation of the lignocelluloses FibreCell and OptiCell on performance, expression of inflammation-related genes and the gut microbiome of broilers. *Poultry Science*, v. 98, p.287-297, 2019. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey345>

## **CAPÍTULO II Efeitos de fontes de fibras na dieta de poedeiras comerciais sobre o microbioma cecal, morfometria intestinal e no desempenho e qualidade dos ovos**

### **RESUMO**

Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de fontes de fibra em rações para poedeiras comerciais sobre o desempenho produtivo, qualidade dos ovos, microbioma cecal e morfometria intestinal. Foram utilizadas 520 aves da linhagem comercial Dekalb<sup>®</sup>, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, compreendendo quatro tratamentos com cinco repetições de 26 aves em cada unidade experimental. Os tratamentos consistiam em três fontes de fibra (capim elefante, casca de soja e fibra comercial insolúvel), e um tratamento controle, sem fonte adicional de fibra. O período experimental foi entre 63 a 71 semanas de idade das poedeiras. Foram avaliados os seguintes dados: desempenho produtivo (produção de ovos, consumo de ração, peso e massa dos ovos, conversão alimentar por dúzia e caixa de ovos); qualidade de ovos (resistência da casca, coloração da gema, altura de albúmen, unidade Haugh e espessura de casca); microbioma cecal e morfometria intestinal. A inclusão das fontes de fibra não afetou a produção de ovos, número de ovo por ave alojada, peso dos ovos, massa dos ovos, além da viabilidade e parâmetros de qualidade dos ovos ( $p < 0,05$ ). A inclusão do capim elefante aumentou o peso final das aves em comparação com os demais tratamentos ( $p < 0,05$ ). As aves que se alimentaram com casca de soja apresentaram melhor conversão alimentar por quilo comparado às aves dos demais tratamentos. Na variável conversão alimentar por caixa de ovos, a casca de soja e o capim elefante apresentaram melhores resultados comparado às aves dos demais tratamento. Na primeira avaliação de qualidade dos ovos, as aves que consumiram a ração com inclusão de casca de soja apresentaram os ovos mais pesados em comparação ao capim elefante e a fibra insolúvel. Na segunda avaliação de qualidade dos ovos, as aves que consumiram a ração com inclusão de casca de soja e a ração controle apresentaram os ovos mais pesados em comparação a fibra insolúvel. Além disso, aves alimentadas com a casca de soja apresentaram melhor % de gema e a pior % de albúmen em comparação aos demais tratamentos. Quanto a avaliação da beta diversidade, aves que consumiram ração com capim elefante apresentaram maior diversidade bacteriana em comparação as aves que consumiram ração com casca de soja e sem fonte adicional de fibra. Aves que consumiram ração com casca de soja apresentaram a microbioma com maior população da família *Selenomonadaceae* em comparação às aves que consumiram ração com capim elefante e o tratamento controle. Aves que consumiram ração com capim

elefante apresentaram a microbioma com maior composição do gênero *bacteroides* e *Megamonas* em comparação às aves que consumiram ração com a fibra comercial e casca de soja. Da mesma forma, aves que também consumiram ração com capim elefante apresentaram a microbioma com maior população da espécie *Faecalibacterium Prausnitzu*. O capim elefante, casca de soja e a fibra comercial insolúvel são alternativas viáveis para a alimentação de poedeiras na fase de produção sem prejudicar o desempenho.

Palavras-chave: Poedeiras, Fibra, capim elefante, desempenho, microbioma cecal.

## ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of including fiber sources in diets for commercial laying hens on productive performance, egg quality, cecal microbiome and intestinal morphometry. 520 laying hens of the commercial lineage Dekalb® were used, distributed in a completely randomized design, comprising four treatments with five replications of 26 laying hens in each experimental unit. Treatments consisted of three fiber sources (elephant grass, soybean hulls and commercial insoluble fiber), and a control treatment with no additional fiber source. The experimental period was between 63 and 71 weeks of age of the laying hens. The following data were evaluated: productive performance (egg production, feed intake, egg weight and mass, feed conversion per dozen and egg box); egg quality (shell strength, yolk color, albumen height, Haugh unit and shell thickness); Cecal microbiome and intestinal morphometry. The inclusion of fiber sources did not affect egg production, number of eggs per housed layers, egg weight, egg mass, in addition to viability and egg quality criteria ( $p < 0.05$ ). The inclusion of elephant grass increased the final weight of the layers compared to the other treatments ( $p < 0.05$ ). Laying hens fed with soy hulls showed better feed conversion per kilogram compared to laying hens on other treatments. In the feed conversion variable per egg box, soybean hulls and elephant grass showed better results compared to layers in the other treatments. In the first evaluation of egg quality, the laying hens that consumed the diet with soybean hulls had the heaviest eggs compared to elephant grass and insoluble fiber. In the second evaluation of egg quality, the layers that consumed the feed with soybean hulls and the feed had the heaviest eggs compared to insoluble fiber. In addition, laying hens fed with soy hulls had the best yolk % and the worst albumen % compared to the other treatments. As for the assessment of beta diversity, layers consuming feed with elephant grass showed greater bacterial diversity compared to layers consuming feed with soy hulls and no additional source of fiber. Laying hens consuming feed with soy hulls had the microbiome with the highest population of the Selenomonadaceae family compared to laying hens consuming feed with elephant grass and the control treatment. Laying hens that consumed feed with elephant grass had a microbiome with a higher composition of the genus *Megamonas bacteroides* compared to layers that consumed feed with commercial fiber and soy hulls. Likewise, layers that also consumed feed with elephant grass had the microbiome with the highest population of the species *Faecalibacterium Prausnitzu*. Elephant grass, soybean hulls and commercial insoluble fiber are viable alternatives for feeding

laying hens in the production phase without impairing performance, shell quality, morphometry and cecal microbiome.

Keywords: Layers, Fiber, elephant grass, performance, cecal microbiome.

## INTRODUÇÃO

Por muito tempo, a importância da correta quantificação e uso da fibra na dieta de poedeiras vinha sendo relegada a segundo plano, além de seus possíveis efeitos digestivos e metabólicos. A maioria das abordagens quanto a sua utilização, ressaltava principalmente os aspectos negativos de sua presença na dieta de poedeiras, sendo vista apenas como um componente que ocasiona prejuízos à digestibilidade dos nutrientes e ao desempenho das aves.

Com a evolução dos estudos nutricionais as abordagens relacionadas ao uso de fibras nas dietas das poedeiras têm sido reconsideradas, a começar pela sua correta quantificação e qualificação na dieta, considerando aspectos de solubilidade e características físico-químicas. Além disso, os aspectos benéficos de seu uso vêm sendo pesquisados com maior frequência, especialmente em relação aos efeitos positivos sobre a fisiologia digestiva e atividade microbiana (Jha et al., 2019). Manter ou melhorar a saúde intestinal é essencial para melhorar a eficiência alimentar, o desempenho e a saúde geral das aves.

A fibra também pode melhorar o desenvolvimento de órgãos digestivos das aves, especialmente a atividade da moela, aumentar os ácidos biliares, secreções de enzimas e alterar a microbiota intestinal (Mateos et al., 2012). A inclusão de fibra na dieta de poedeiras pode também afetar positivamente a saúde intestinal, evitando adesão de populações de bactérias patogênicas à mucosa epitelial. (Jha et al., 2019).

Além disso, a fibra é uma importante alternativa na redução dos níveis de energia da ração, que por sua vez, representa cerca de 70% do custo total de produção de uma empresa de postura avícola (Giroto, 2008).

O farelo de trigo é a principal fonte de fibra utilizada para reduzir os níveis de energia e aumentar os teores de FDN dietéticos. Entretanto, este ingrediente, assim como outras fontes de fibra, apresenta-se muitas vezes com o preço mais elevado em relação ao milho, havendo a necessidade de se buscar ingredientes alternativos para serem utilizados na dieta com o objetivo de reduzir os custos da produção de ovos, sem prejudicar o desempenho animal.

Portanto, se torna essencial a busca por matérias primas alternativas que proporcionam o aumento do nível de fibra e a redução do nível de energia das rações, a fim de reduzir o custo da produção de ovos, visando o melhor resultado econômico e zootécnico do plantel.

Sendo assim, o objetivo ao desenvolver o presente trabalho foi avaliar a influência da inclusão de fontes de fibra nas rações de poedeiras comerciais sobre a produtividade, qualidade dos ovos, desenvolvimento do sistema digestório e microbioma cecal.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Condições experimentais*

O experimento foi conduzido no núcleo experimental da empresa Mantiqueira Brasil, localizado na cidade de Primavera do Leste/MT. As aves foram alojadas em galpão de postura convencional, não climatizado, equipado com gaiolas na densidade de 370 cm<sup>2</sup> /ave, com um total de 13 aves por gaiola. A metodologia utilizada neste experimento foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Minas Gerais – CEUA, sob protocolo n° 48/2023.

### *Aves e manejos*

Foram utilizadas 520 poedeiras Dekalb®, de 63 a 71 semanas de idade. As gaiolas estavam equipadas com comedouros tipo calha de metal, e bebedouros do tipo nipple (dois bebedouros para duas gaiolas). As aves receberam água e ração à vontade, sendo o arraçoamento manual. Antes de iniciar o período experimental (63 a 71 semanas), as aves passaram por adaptação a dieta e ao galpão durante 15 dias.

### *Delineamento experimental*

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso (DIC), em quatro tratamentos com cinco repetições de 26 aves em cada unidade experimental. As dietas experimentais foram formuladas à base de milho e farelo de soja, de acordo com valores nutricionais dos alimentos preconizados por (Rostagno et al., 2017) para atender as exigências nutricionais das poedeiras leves (tabela 1). Os tratamentos consistiram em inclusões de diferentes fontes de fibra nas dietas, sendo elas: casca de soja, capim elefante BRS capiaçu, fibra insolúvel e tratamento controle, sem fonte adicional de fibra.

Para utilização do capim elefante, foram cortados cerca de 500kg deste capim manualmente, quando atingiu 120 dias de rebrota. Em seguida, o capim foi triturado e destinado ao local de secagem, onde ficou por 15 dias sendo revirado diariamente. Após seco, o capim foi moído em uma medida aproximada de 3mm e misturado aos demais ingredientes da ração.

As formulações das dietas experimentais bem como os níveis nutricionais e custos estão descritos na Tabela 1.

---

Tabela 1. Composição Nutricional e custo das dietas experimentais

Ingredientes	R\$/ KG	Tratamentos			
		Casca soja	Capim	Fibra insolúvel	Controle
Milho grão 7,5% PB	1,23	63,70	64,00	64,20	64,20
Farelo de soja 48% PB	2,54	20,30	20,10	20,30	20,30
Casca de soja	1,20	2,00	0	0	0
Capim	0,60	0	2,00	0	0
Fibra insolúvel	7,27	0	0	1,50	0
Inerte (Areia lavada)	0,90	0	0	0	1,60
Calcário	0,27	9,93	9,80	9,92	9,82
Farinha de carne e ossos	2,80	3,20	3,20	3,20	3,20
Sal comum	1,00	0,35	0,35	0,35	0,35
Vitamínico postura <sup>1</sup>	11,02	0,20	0,20	0,20	0,20
Metionina líquida	15,27	0,19	0,19	0,19	0,19
Adsorvente	6,24	0,10	0,10	0,10	0,10
Cloreto de colina	18,24	0,03	0,03	0,03	0,03
Lisina	8,73	0	0,02	0,01	0,01
<b>TOTAL (%)</b>		100,00	100,0	100,00	100,00
<b>CUSTO (R\$/KG)</b>		1,506	1,494	1,598	1,503
<b>Níveis nutricionais</b>					
Cálcio (%)		4,24 (3.22)	4,19 (3.88)	4,23 (4.82)	4,19 (3.61)
EM aves (kcal/kg)		2699,5	2694,8	2699,1	2699,1
FDN (%)		9,22	9,28	8,11	8,11
Fósforo disponível (%)		0,29	0,29	0,29	0,29
Lisina digestível (%)		0,76	0,75	0,75	0,75
Metionina + cistina dig (%)		0,65	0,64	0,64	0,64
Metionina dig. (%)		0,41	0,41	0,41	0,41
Proteína bruta (%)		16,62 (20.89)	16,49 (18.33)	16,47 (17.49)	16,47 (18.37)
Sódio (%)		0,17	0,17	0,17	0,17
Treonina digestível (%)		0,54	0,53	0,53	0,53

<sup>1</sup>Colina (min): 67,2g/kg, Vitamina A (min): 4.050.000UI/kg; Vitamina D3 (min): 1.500.000UI/kg, Vitamina E (min): 3.500UI/kg, Vitamina k3 (min): 1.000mg/kg, Vitamina B1 (min) 500mg/kg, Vitamina B2 (min): 1.750mg/kg, Vitamina B6 (min): 500mg/kg, Vitamina B12 (min): 5.000mcg/kg, Niacina (min): 10,5g/kg, Pantotenato de Cálcio (min): 3.300mg/kg, Ácido Fólico (min): 200mg/kg, Biotina (min): 7,7mg/kg, Ferro (min): 25g/kg, Cobre (min): 5.000mg/kg, Manganês (min) 50g/kg, Zinco (min): 40g/kg, Iodo (min): 600mg/kg, Selênio (min): 140mg/kg e Bacitracina de Zinco 14g/kg.

\*Entre parênteses: níveis analisados.

### **Parâmetros avaliados**

A produção de ovos foi registrada diariamente a fim de se calcular o percentual médio de produção no período experimental. A quantidade de ração oferecida e as sobras de cada repetição foram pesadas semanalmente para a determinação do consumo de ração e conversão

alimentar por quilo de ração consumida. O número de aves mortas foi registrado diariamente a fim de se obter a porcentagem de viabilidade e número de ovos por ave alojada. Os pesos dos ovos foram registrados semanalmente, no qual todos os ovos de cada repetição foram pesados e, desta forma, foi possível obter além do peso dos ovos a conversão por massa de ovo produzido. Ao final do período experimental foi realizado a conversão alimentar por caixa de ovos (360 ovos) e o custo da ração.

Na 67<sup>a</sup> e 71<sup>a</sup> semana de idade, 30 ovos de cada tratamento foram analisados para determinação da porcentagem de gema, casca e albúmen, espessura da casca, unidade Haugh, resistência da casca e coloração da gema. As avaliações de espessura foram feitas utilizando micrômetro digital da marca Digimess®, com precisão de 0,001 mm, realizando as medições em três pontos distintos da casca do ovo (região apical, equatorial e basal). O resultado foi obtido pela média dos três pontos, expresso em (mm). O cálculo de unidade Haugh, foi realizado com o peso do ovo e altura do albúmen, e obtidas pela fórmula:  $UH = 100 \log^{10} (H - 1.7 W^{0.37} + 7.56)$ , em que H = altura de albúmen; e W = peso do ovo (Brant et al. 1951).

Para avaliação de resistência da casca foi realizado o teste de fratura por compressão utilizando o aparelho BRORING fast-egg-shell-tester. O ovo inteiro foi colocado longitudinalmente sobre suporte de metal em forma de anel (5 cm de diâmetro) dentro de um cadinho de porcelana. A casca foi pressionada até que ocorresse a fratura. Para a determinação da coloração da gema foram utilizadas as gemas provenientes dos ovos utilizados para determinação da porcentagem dos componentes do ovo, unidade Haugh e espessura de casca, utilizou o leque colorimétrico (DSM YOLK COLOR FAN, 2005 – HMB 51548). Imediatamente após o ovo ser quebrado, a cor da gema foi comparada com a cor correspondente mais próxima da paleta de cores, que varia de 1 a 15. Estas avaliações foram feitas pela mesma pessoa, sempre no mesmo local, a fim de evitar variações, principalmente por ser uma análise subjetiva.

No início e no término do período experimental todas as aves foram pesadas para avaliação do ganho de peso.

Ao final do período experimental, uma ave por repetição, selecionada dentro de uma faixa de  $\pm 10\%$  da média de peso da repetição, foi sacrificada por deslocamento cervical para realização das análises de morfometria intestinal e microbioma cecal. Para a obtenção dos dados de morfometria intestinal foi retirado o trato gastrointestinal das aves na qual foram feitas as avaliações como: pesagem da moela, mediante limpeza e retirada de todo conteúdo residual de ração, comprimento do intestino e posteriormente o intestino foi dissecado e os segmentos de duodeno, jejuno e íleo foram separados para a análise da altura das vilosidades e profundidade

das criptas. No total foram 20 amostras de cada segmento, totalizando 60 amostras. Essas amostras dos fragmentos de intestino (duodeno, jejuno e íleo) com aproximadamente três centímetros de comprimento foram fixados em solução de formol 10% e enviadas ao laboratório para realização das análises.

Foram coletados o conteúdo cecal dessas mesmas amostras para a realização das análises de microbioma cecal, totalizando 20 amostras.

As amostras foram coletadas de modo asséptico e armazenadas em tubos contendo uma solução estabilizadora molecular. Foi empregado o kit comercial “ZR Fecal DNA MiniPrep®” da Zymo Research para extrair o DNA das amostras seguindo-se o protocolo recomendado pelo fabricante. O DNA extraído foi quantificado por espectrofotometria a 260nm. Para avaliar a integridade do DNA extraído, todas as amostras foram corridas por eletroforese em gel de agarose 1%. Para a análise do microbioma foi amplificado um segmento de aproximadamente 460 bases da região hipervariável V3V4 do gene ribossomal 16S rRNA utilizando-se os primers universais descritos pela metodologia, e as seguintes condições de PCR: 95°C por 3 min; 25 ciclos de 95°C por 30 seg, 55°C por 30 seg e 72°C por 30 seg, seguido de etapa à 72°C por 5 min. A partir destes amplicons foi construída a biblioteca metagenômica utilizando-se o kit comercial “Nextera DNA Library Preparation Kit” (Illumina®, San Diego, CA, EUA). Os amplicons foram reunidos em *pools* e, posteriormente, sequenciados no sequenciador “MiSeq” da Illumina® (Degnan e Ochman, 2012). As leituras ou “reads” obtidos no sequenciador foram analisadas somente com a fita forward na plataforma QIIME2 (Quantitative Insights Into Microbial Ecology) (Caporaso et al., 2011, 2010), seguindo-se um fluxo de trabalho desde a remoção de sequências de baixa qualidade, filtração, remoção de quimeras e classificação taxonômica. As sequências foram classificadas em gêneros bacterianos através do reconhecimento de Variantes de Sequências de Amplicons (ASVs), neste caso, a homologia entre as sequências quando comparadas contra uma base de dados. Para comparar as sequências foi utilizada a atualização (GTDB 202) do ano 2021 do banco de dados de sequências ribossomais Genome Taxonomy Database (Parks et al., 2022).

Para gerar a classificação das comunidades bacterianas por identificação de ASVs, foram utilizadas 20.239 leituras por amostra, com a finalidade de normalizar os dados e não comparar amostras com diferente número de leituras, resultando em 20 amostras analisadas.

### ***Análises Estatísticas***

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso (DIC), constituído por quatro tratamentos com cinco repetições de 26 aves cada em cada unidade experimental, para o desempenho. Para análise da morfometria foram utilizadas uma ave por repetição, totalizando 20 aves por tratamento. Para a análise de qualidade de ovos foram utilizados 30 ovos por tratamento, cada ovo considerado uma repetição.

As médias foram submetidas a ANOVA. Todas as possíveis interações dentro e entre os principais efeitos foram avaliados usando o programa R, quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Os dados não normais foram comparados pelo teste de Kruskal-Wallis.

Para análise do microbioma, a comparação estatística entre as diversidades alfa para cada grupo analisado foi realizada por meio do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Kruskal e Wallis, 1952) e Pós teste de Dunn (Dunn, 1964), considerando como estatisticamente significativo, resultados inferiores a 0,05 ( $p < 0,05$ ). As análises estatísticas para beta diversidade foram realizadas através de perMANOVA presente no pipeline do Qiime2, utilizando um número de 10.000 permutações. Todas as figuras e análises estatísticas foram realizadas no “R”. As análises de alfa diversidade foram calculadas pelas bibliotecas “phyloseq” (McMurdie e Holmes, 2013), vegan (Oksanen et al., 2007) e “Microbiome” (Lahti e Shetty, 2018). As diferenças nas abundâncias relativas dos táxons entre os grupos analisados foram estimadas pelo teste de Kruskal-Wallis (Kruskal e Wallis, 1952) e Pós teste de Dunn (Dunn, 1964).

## RESULTADOS

### *Desempenho*

De acordo com resultados observados na tabela 1, o peso inicial das aves foi semelhante entre os tratamentos o que mostra a uniformidade no início do período experimental. Houve efeito dos tratamentos no peso final das aves ( $P < 0,05$ ). As aves que se alimentaram com capim elefante apresentaram maior peso ao final do período experimental quando comparadas com as aves que se alimentaram com a fonte de fibra insolúvel. Demais tratamentos determinaram pesos intermediários. Não houve efeito dos tratamentos na avaliação do ganho de peso.

Tabela 1. Peso inicial (63 semanas) e final (71 semanas) das aves e ganho de peso das aves de acordo com os tratamentos

Tratamentos	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Ganho de peso (kg)
-------------	----------------------	--------------------	-----------------------

Controle	1,580 a	1,670 ab	0,08 a
Capim elefante	1,564 a	1688 a	0,12 a
Casca de soja	1,590 a	1,652 ab	0,08 a
Fibra insolúvel	1,554 a	1,618 b	0,06 a
CV (%)	2,14	2,04	26,28
Valor de P	0,36	0,02	0,09

Médias seguidas por letras iguais na coluna foram consideradas semelhantes pelo teste F ( $p>0,05$ )

CV: coeficiente de variação

Não houve efeito dos tratamentos sobre as variáveis produção de ovos, número de ovo por ave alojada, consumo, peso dos ovos e massa dos ovos ( $p>0,05$ ), como observado na tabela 2.

Tabela 2. Produção de ovos, número de ovo por ave alojada, consumo, peso dos ovos e massa dos ovos de acordo com os tratamentos

Tratamento	Produção de ovos (%)	Ovo/ave/alojada	Consumo (g)	Peso ovo (g)	Massa dos ovos
Controle	88,70 a	54,68 a	116,70 a	59,98 a	53,24 a
Capim elefante	89,30 a	54,40 a	115,82 a	60,32 a	53,90 a
Casca de soja	93,32 a	56,40 a	115,74 a	61,70 a	57,66 a
Fibra insolúvel	89,94 a	55,34 a	118,78 a	59,90 a	53,88 a
CV (%)	3,64	5,63	4,13	1,94	4,9
Valor de P	0,15	0,74	0,73	0,09	0,07

Médias seguidas por letras iguais na coluna foram consideradas semelhantes pelo teste F ( $p>0,05$ )

CV: coeficiente de variação

Como observado na tabela 3, houve efeito da fonte de fibra ( $p<0,05$ ) sobre a conversão alimentar por quilo de ovo produzido. As aves que se alimentaram com casca de soja apresentaram melhor conversão alimentar por quilo comparado às aves dos demais tratamentos. As fontes de fibra exerceram efeito sobre a conversão alimentar por caixa de ovos produzidos ( $p<0,05$ ). Aves alimentadas com casca de soja apresentaram melhor conversão alimentar por caixa de ovos quando comparada às aves alimentadas com a ração controle e a fibra insolúvel. Aves alimentadas com capim elefante apresentaram resultados de conversão alimentar por caixa de ovos intermediários. Houve efeito da fonte de fibra sobre o custo da ração. O uso da casca de soja na ração apresentou o melhor custo da ração em comparação a fibra insolúvel e tratamento controle. O uso de capim elefante e o tratamento controle apresentaram resultados intermediários. Não houve efeito das fontes de fibra sobre a viabilidade das aves ( $P>0,05$ ).

Tabela 3. Conversão alimentar por quilo (CA/Kg), conversão alimentar por caixa (CA/CX), custo da ração e viabilidade de acordo com os tratamentos

Tratamentos	Kg:Kg	CA/Caixa	Custo da ração (R\$)	Viabilidade
Controle	2,22 b	48,13 b	3,34 b	99,24 a
Capim elefante	2,18 b	47,48 ab	3,26 ab	96,94 a
Casca de soja	2,03 a	45,38 a	3,07 a	96,16 a
Fibra insolúvel	2,23 b	48,30 b	3,57 c	98,48 a
CV (%)	3,47	2,96	3,53	5,27
Valor de P	0,00	0,01	0,00	0,00

Médias seguidas por letras iguais na coluna foram consideradas semelhantes pelo teste F ( $p>0,05$ )  
CV: coeficiente de variação

### **Qualidade dos ovos**

De acordo com dados observados na tabela 4, na primeira avaliação de qualidade de ovos realizada com 67 semanas de idade, houve efeito significativo sobre a variável peso do ovo ( $p<0,05$ ). As aves que consumiram a ração com inclusão de casca de soja apresentaram os ovos mais pesados em comparação com o capim elefante e a fibra insolúvel. O tratamento controle apresentou peso intermediário. Não houve efeito dos tratamentos para % Gema, % casca, % albúmen e cor da gema. ( $p>0,05$ ). De acordo com a tabela 5, na primeira avaliação de qualidade de ovos, não houve efeito significativo sobre as variáveis Unidades Haugh, resistência e espessura da casca ( $p>0,05$ ).

Tabela 4. Peso do ovo, % de gema, % de casca, % de albúmen e cor de gema de acordo com os tratamentos na 67<sup>a</sup> semana de idade das aves

Tratamentos	Peso ovo (g)	% Gema	% Casca	% Albúmen	Cor
Controle	61,20 ab	26,50 a	9,44 a	64,04 a	4,96 a
Capim elefante	59,80 b	27,18 a	9,28 a	63,52 a	4,90 a
Casca de soja	63,60 a	27,13 a	9,30 a	64,27 a	4,66 a
Fibra insolúvel	59,86 b	26,41 a	9,46 a	63,40 a	4,90 a
CV (%)	7,41	7,84	7,74	3,53	13,65
Valor de P	0	0,34	0,68	0,38	0,32

Médias seguidas por letras iguais na coluna foram consideradas semelhantes pelo teste F ( $p>0,05$ )  
CV: coeficiente de variação

Tabela 5. Unidades Haugh (UH), peso específico, resistência e espessura da casca de acordo com os tratamentos na 67ª semana de idade das aves

Tratamentos	UH	Peso específico	Resistência	Espessura
Controle	86,77 a	1085,33 a	3658,55 a	41,01 a
Capim elefante	85,97 a	1086,00 a	4032,38 a	40,51 a
Casca de soja	86,16 a	1085,83 a	3888,32 a	41,49 a
Fibra insolúvel	89,02 a	1086,66 a	4084,99 a	42,38 a
CV (%)	6,71	0,34	17,8	9,24
Valor de P	0,16	0,56	0,08	0,27

Médias seguidas por letras iguais na coluna foram consideradas semelhantes pelo teste F ( $p > 0,05$ )  
CV: coeficiente de variação

De acordo com dados observados na tabela 6, na segunda avaliação de qualidade realizada com 71 semanas de idade, houve efeito dos tratamentos sobre a variável peso do ovo ( $p < 0,05$ ). As aves que consumiram a ração com inclusão de casca de soja e a ração controle apresentaram os ovos mais pesados em comparação a fibra insolúvel. O tratamento que recebeu capim elefante como fonte de fibra apresentou peso dos ovos intermediário.

Aves alimentadas com a casca de soja apresentaram melhor % de gema em comparação aos demais tratamentos. Em contrapartida as mesmas aves apresentaram a pior % de albúmen quando comparado ao tratamento controle, capim elefante e a fibra insolúvel ( $P < 0,05$ ). Não houve efeito dos tratamentos para % cor de gema ( $p > 0,05$ ). De acordo com a tabela 7, na segunda avaliação de qualidade de ovos, não houve efeito significativo sobre as variáveis Unidades Haugh, resistência e espessura da casca ( $p > 0,05$ ).

Tabela 6. Peso do ovo, % de gema, % de casca, % de albúmen e cor de gema de acordo com os tratamentos na 71ª semana de idade das aves

Tratamentos	Peso ovo	% Gema	% Casca	% Albúmen	Cor
Controle	63,80 a	22,60 b	9,07 a	68,31 a	4,96 a
Capim elefante	62,16 ab	22,26 b	9,37 a	68,37 a	4,90 a
Casca de soja	63,53 a	26,48 a	9,22 a	64,29 b	4,66 a
Fibra insolúvel	60,23 b	22,34 b	9,35 a	68,28 a	4,90 a
CV (%)	7,55	13,32	7,25	4,92	13,65

Valor de P	0,01	0	0,27	0	0,32
------------	------	---	------	---	------

Médias seguidas por letras iguais na coluna foram consideradas semelhantes pelo teste F ( $p>0,05$ )  
CV: coeficiente de variação

Tabela 7. Unidades Haugh (UH), peso específico, resistência e espessura da casca de acordo com os tratamentos na 71ª semana de idade das aves

Tratamentos	UH	Peso específico	Resistência	Espessura
Controle	86,16 a	1085,33 a	3763,99 a	41,01 a
Capim elefante	85,97 a	1086,00 a	4163,04 a	40,51 a
Casca de soja	86,16 a	1085,33 a	3895,19 a	41,49 a
Fibra insolúvel	89,02 a	1086,66 a	3995,09 a	42,38 a
CV (%)	6,71	0,34	16,86	9,24
Valor de P	0,16	0,56	0,13	0,27

Médias seguidas por letras iguais na coluna foram consideradas semelhantes pelo teste F ( $p>0,05$ )  
CV: coeficiente de variação

### *Morfometria intestinal*

De acordo com dados observados na tabela 8, houve efeito dos tratamentos no comprimento de uma das porções do intestino das aves ( $P<0,05$ ). As aves que se alimentaram com fibra insolúvel apresentaram maior comprimento de íleo quando comparadas com as aves que se alimentaram com o tratamento controle e a casca de soja. Aves que consumiram capim elefante determinaram comprimento de íleo intermediários. Não houve efeito das fontes de fibra sobre o comprimento total do intestino, das porções duodeno e jejuno e porcentagem de moela.

Tabela 8. Comprimento intestinal e porcentagem de moela em relação ao peso das aves de acordo com os tratamentos

Tratamentos	Intestino (cm)	Duodeno (cm)	Jejuno (cm)	Íleo (cm)	Moela (%)
Controle	165,9 a	20,4 a	78,5 a	46,6 b	13,9 a
Capim elefante	160,4 a	22,8 a	72,8 a	53,4 ab	13,4 a
Casca de soja	168,2 a	17,8 a	78,9 a	44,6 b	12,5 a
Fibra insolúvel	163,8 a	22,7 a	73,6 a	59,8 a	15,3 a
CV (%)	7,17	31,7	15,24	12,82	12,68
Valor de P	0,75	0,6	0,76	0,19	0,13

Médias seguidas por letras iguais na coluna foram consideradas semelhantes pelo teste F ( $p>0,05$ )  
CV: coeficiente de variação

De acordo com dados observados na tabela 9, houve efeito significativo sobre a altura da vilosidade do duodeno ( $p<0,05$ ). Aves alimentadas com fibra insolúvel mostraram maior altura da vilosidade do duodeno comparada as aves alimentadas com capim elefante. Aves alimentadas com os tratamentos controle e casca de soja apresentaram resultados intermediários. Houve efeito significativo sobre a largura da vilosidade do íleo ( $p<0,05$ ). Aves alimentadas com casca de soja apresentaram maior largura da vilosidade do íleo comparada as aves alimentadas com o tratamento controle. Aves alimentadas com capim elefante e fibra insolúvel apresentaram resultados intermediários. Não houve efeito das fontes de fibra sobre altura da vilosidade do íleo, altura da vilosidade do jejuno, largura da vilosidade do duodeno e largura da vilosidade do jejuno ( $p>0,05$ ).

Tabela 9. Morfometria intestinal de acordo com os tratamentos.

Tratamentos	AVD	AVI	AVJ	LVD	LVJ	LVI
Controle	1.611 ab	0.680 a	0.990 a	0.155 a	0.962 a	0.086 b
Capim elefante	1.176 b	0.677 a	0.928 a	0.175 a	0.962 a	0.136 ab
Casca de soja	1.595 ab	0.689 a	0.946 a	0.251 a	0.994 a	0.180 a
Fibra insolúvel	1.630 a	0.768 a	0.979 a	0.195 a	0.862 a	0.124 ab
CV (%)	16.62	38.35	24.45	30.14	18.58	28.17
Valor de P	0.03	*ns	*ns	0.09	*ns	0.00

Médias seguidas por letras iguais na coluna foram consideradas semelhantes pelo teste F ( $p>0,05$ )  
CV: coeficiente de variação

ns\*: Não-significativo

AVD: altura da vilosidade do duodeno; AVI: altura da vilosidade do íleo; AVJ: altura da vilosidade do jejuno; LVD: largura da vilosidade do duodeno; LDJ: largura da vilosidade do jejuno; LVI: largura da vilosidade do íleo

De acordo com dados observados na tabela 10, houve efeito significativo sobre o diâmetro de cripta do duodeno ( $p<0,05$ ). Aves alimentadas com capim elefante mostraram maior diâmetro de cripta do duodeno comparada as aves alimentadas com fibra insolúvel. Aves alimentadas com os tratamentos controle e casca de soja apresentaram resultados intermediários. Houve efeito significativo sobre a espessura da parede do duodeno ( $p<0,05$ ). Aves alimentadas com o tratamento controle e fibra insolúvel apresentaram maior espessura da parede do duodeno

comparada as aves alimentadas com capim elefante. Aves alimentadas com casca de soja apresentaram resultados intermediários. Não houve efeito das fontes de fibra sobre diâmetro de cripta do jejuno, diâmetro de cripta do íleo, espessura da parede do jejuno, espessura da parede do íleo ( $p>0,05$ ).

Tabela 10. Morfometria intestinal de acordo com os tratamentos.

Tratamentos	DCD	DCJ	DCI	EPD	EPJ	EPI
Controle	0.088 ab	0.718 a	0.618 a	2.211 a	1.433 a	1.04 a
Capim elefante	0.134 a	0.151 a	0.778 a	1.171 b	1.256 a	1.01 a
Casca de soja	0.103ab	0.758 a	0.792 a	2.051 ab	1.304 a	1.05 a
Fibra insolúvel	0.075 b	0.678 a	0.588 a	2.120 a	1.396 a	1.15 a
CV (%)	26.05	79.08	37.16	10.25	18.44	30.89
Valor de P	0.01	0.24	*ns	0.00	*ns	*ns

Médias seguidas por letras iguais na coluna foram consideradas semelhantes pelo teste F ( $p>0,05$ )

CV: coeficiente de variação

ns\*: Não-significativo

DCD: diâmetro de cripta do duodeno; DCJ: diâmetro de cripta do jejuno; DCI: diâmetro de cripta do íleo; EPD: espessura da parede do duodeno; EPJ: espessura da parede do jejuno; EPI: espessura da parede do íleo

### **Microbioma**

Para os grupos experimentais capim elefante (TA), casca de soja (TD), fibra insolúvel (TB) e controle (TC), o microbioma cecal foi avaliado quanto a diversidade alfa e beta, composição taxonômica e abundância diferencial de táxons. Os resultados descritos são apresentados abaixo.

### **Alfa-Diversidade**

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos por meio de análise de diversidade alfa através dos índices de Shannon, Evenness Pielou, Simpson, Fisher, OTUs observados e Chao1.

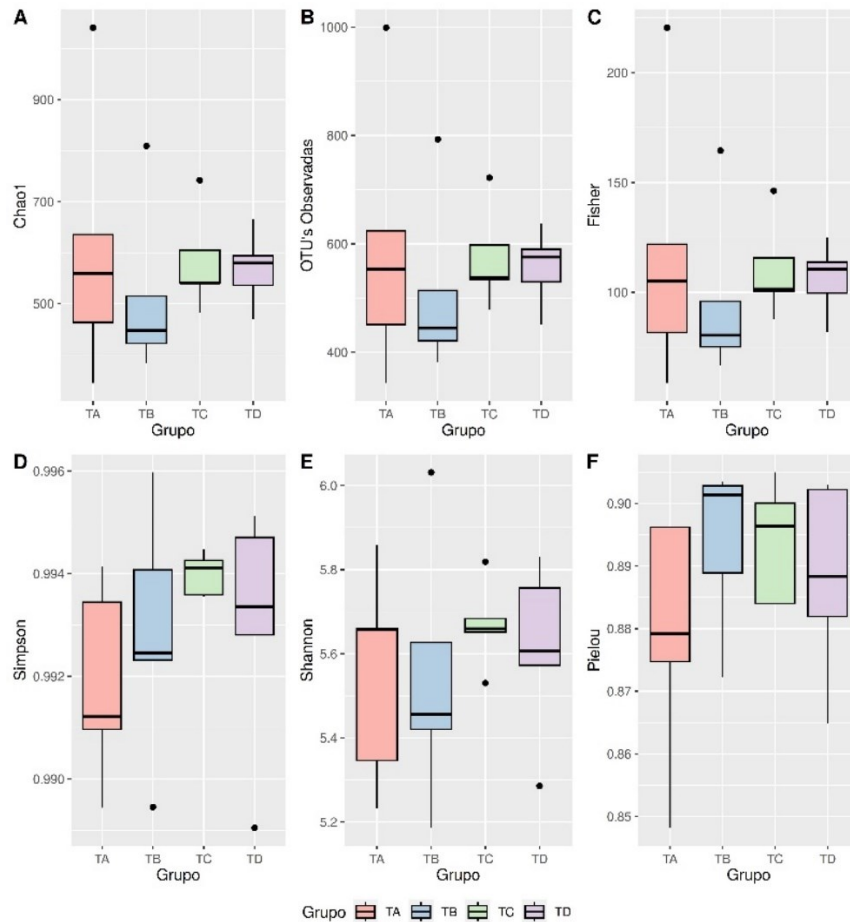


Figura 1. Alfa-diversidade estimada pelos parâmetros Chao1 (A), OTUs Observadas (B), Índice de Fisher (C), Índice de Simpson (D), Shannon (E) e Evenness (F).

### Beta-Diversidade

Houve diferenças significativas do tratamento com inclusão capim elefante (TA) entre os tratamento controle (TC) e com inclusão de casca de soja (TD), não diferindo do tratamento com inclusão de fibra insolúvel (TB) por meio da métrica de Bray-Curtis (Figura 2A) e diferença entre o tratamento com inclusão de capim elefante (TA) e o tratamento com inclusão de casca de soja (TD) através da métrica de Unifrac ponderado (Figura 2D), não diferindo dos demais tratamentos embasados na dissimilaridade dos táxons presentes. A diversidade beta (**Figura 2**) foi estimada pelos parâmetros Bray-Curtis ( $p=0,036296$ ), Jaccard ( $p=0,370563$ ), UniFrac ( $p=0,348565$ ) e UniFrac Ponderado ( $p=0,107189$ ).

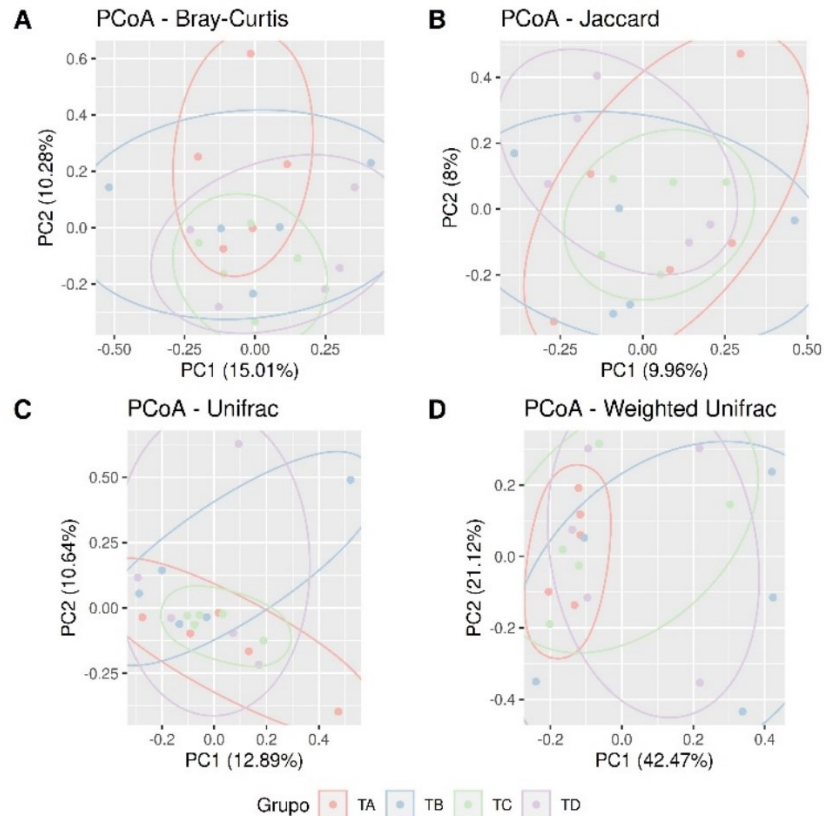


Figura 2. Diversidade beta estimada pelos parâmetros Bray-curtis (A), Jaccard (B), UniFrac (C) e UniFrac Ponderado (D). Elipses coloridas foram adicionadas automaticamente através da biblioteca ggforce em R.

### Composição da comunidade bacteriana

Os filos, classes, ordens, famílias, gêneros e espécies com abundância relativa média acima de 2% em pelo menos em um dos grupos testados, foram representados nos gráficos. Os filos mais abundantes nas amostras foram Firmicutes, Bacteroidota, Actinobacteriota e Proteobacteria, de acordo com a **Figura 3**.

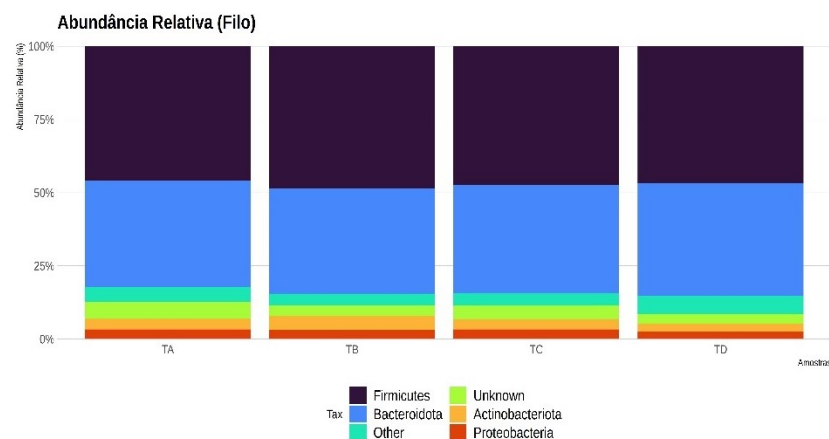


Figura 3. O gráfico de barras mostra a abundância relativa dos filos nos grupos testados

As classes mais abundantes nas amostras foram Clostridia, Bacteroidia, Coriobacteriia, Negativicutes, Bacilli e Gammaproteobacteria, de acordo com a **Figura 4**.

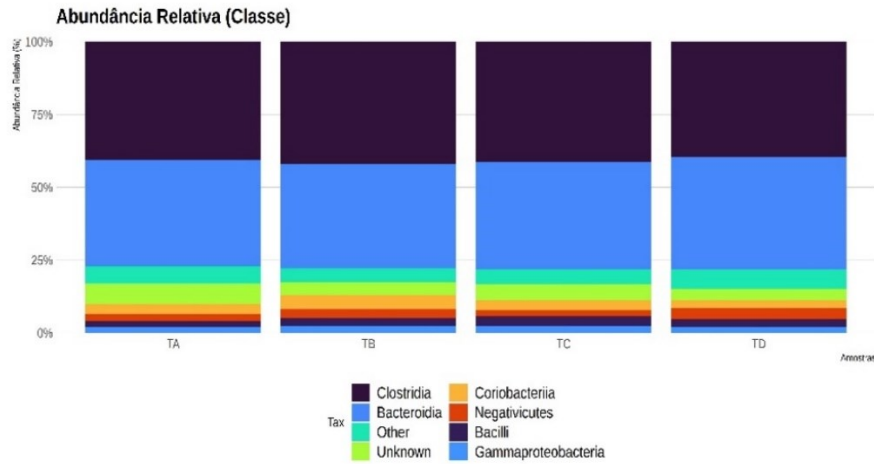


Figura 4. O gráfico de barras mostra a abundância relativa de classes nos grupos testados.

Bacteroidales, Oscillospirales, Lachnospirales, Flavobacteriales e Coriobacteriales foram as ordens com maior abundância nas amostras, de acordo com o que está apresentado na **Figura 5**.

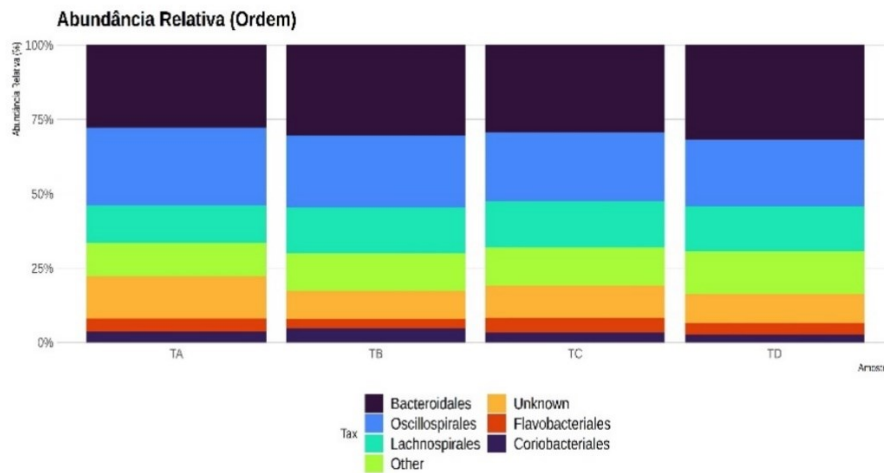


Figura 5. O gráfico de barras mostra a abundância relativa de ordens nos grupos testados.

As famílias com maior abundância relativa nas amostras foram Bacteroidaceae, Lachnospiraceae, Ruminococcaceae, Oscillospiraceae, Atopobiaceae e Acutalibacteraceae de acordo com os resultados apresentados na **Figura 6**.

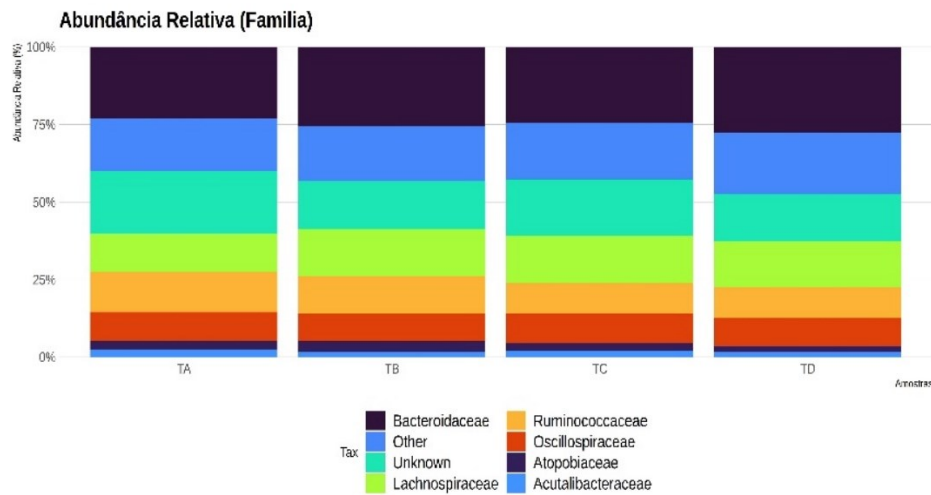


Figura 6. O gráfico de barras mostra a abundância relativa de famílias nos grupos testados.

Phocaeicola, Faecalibacterium, Bacteroides, Olsenella e Lawsonibacter foram os gêneros mais abundantes nas amostras, de acordo com o resultado apresentado na **Figura 7**.

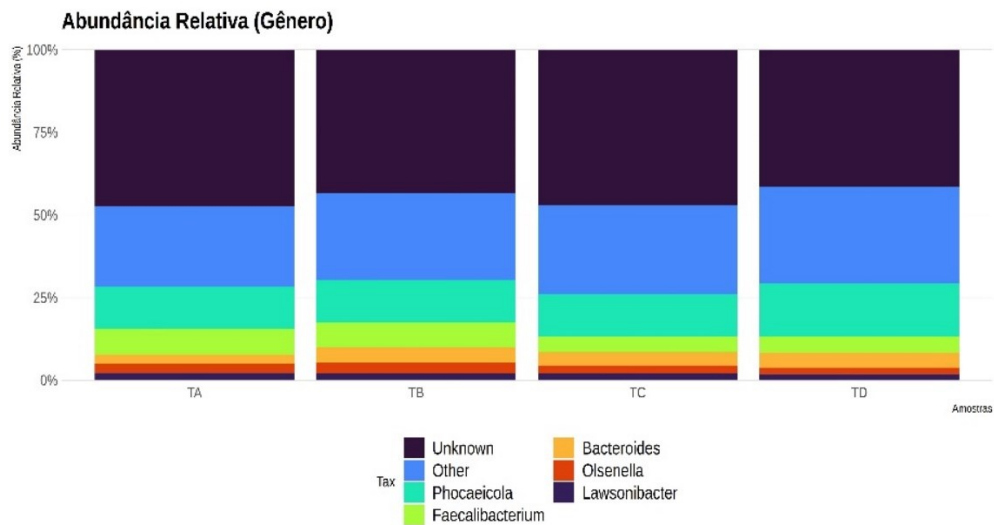


Figura 7. O gráfico de barras mostra a abundância relativa de gêneros nos grupos testados.

Phocaeicola sp900066445, Faecalibacterium sp002160895, Bacteroides sp002160055, Olsenella sp002159625 e Phocaeicola salanitronis foram as espécies mais abundantes nas amostras, de acordo com a **Figura 8**.

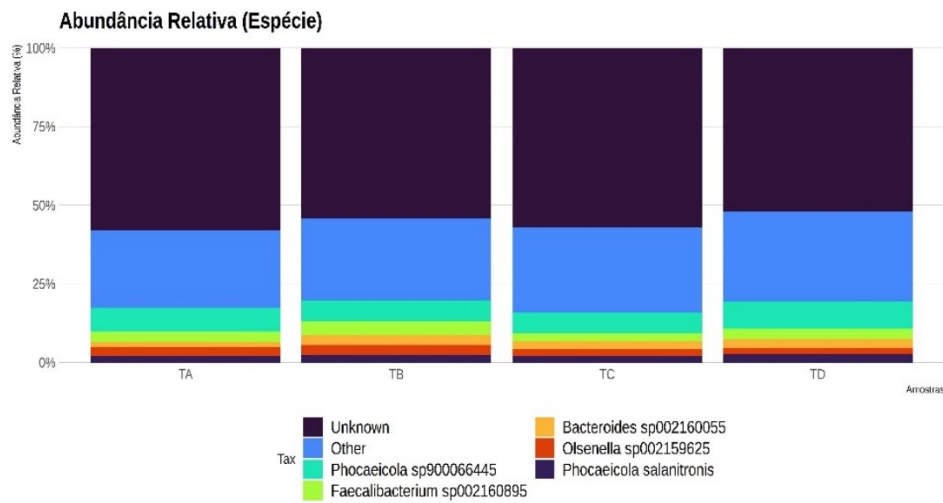


Figura 8. O gráfico de barras mostra a abundância relativa das espécies nos grupos testados.

A razão Firmicutes/Bacteroidota (F/B) foi calculada (TS15 e TS16) para cada amostra analisada e não houve diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 9).

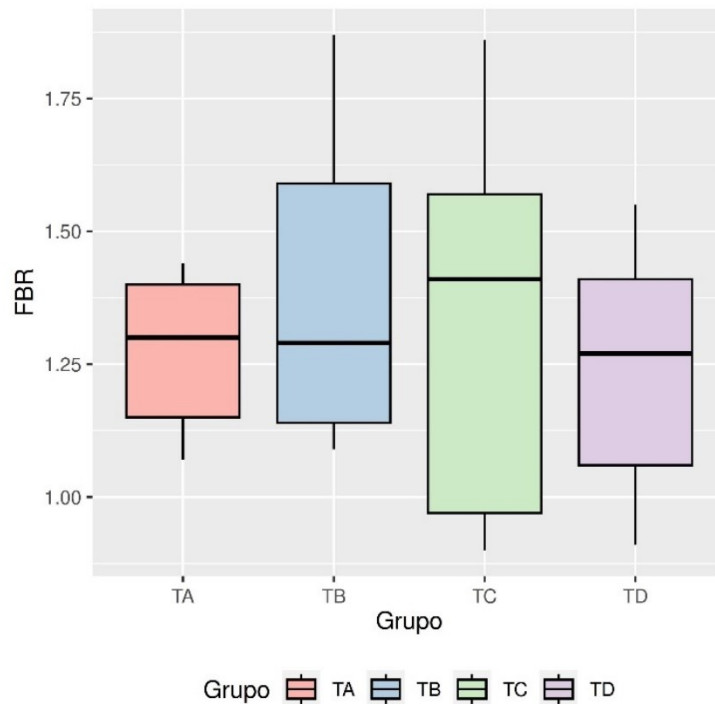


Figura 9. O gráfico de barras mostra a razão entre os táxons Firmicutes e Bacteroidota nos grupos testados.

### Diferenças nas abundâncias dos táxons

Apenas os táxons com diferenças estatisticamente significativas na abundância relativa (teste de Kruskal-Wallis e pós teste de Dunn  $p < 0,05$ ) foram apresentados.

Para a família Selenomonadaceae o tratamento com inclusão de casca de soja (TD) apresentou diferenças estatisticamente significativas entres os tratamentos controle (TC) e com inclusão de capim elefante (TA) (Figura 10A), não diferindo do tratamento com inclusão de fibra insolúvel (TB).

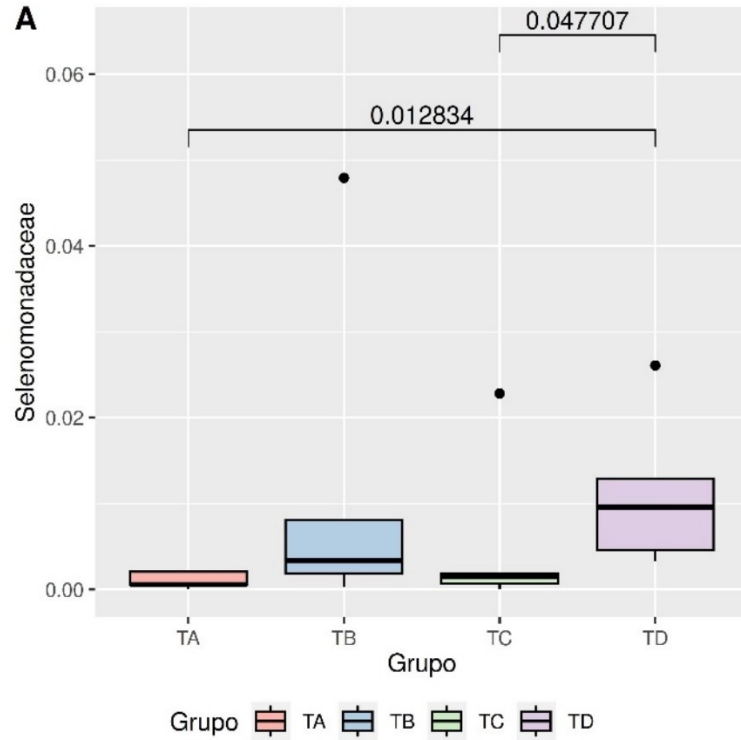


Figura 10. Abundância diferencial das famílias Selenomonadaceae (A).

Para os gêneros Bacteroides e Megamonas, o tratamento com inclusão de capim elefante (TA) apresentou diferenças entre os tratamentos com inclusão de fibra insolúvel (TB) e com inclusão de casca de soja (TD) (Figura 11A e 11B), não diferindo do grupo TC.

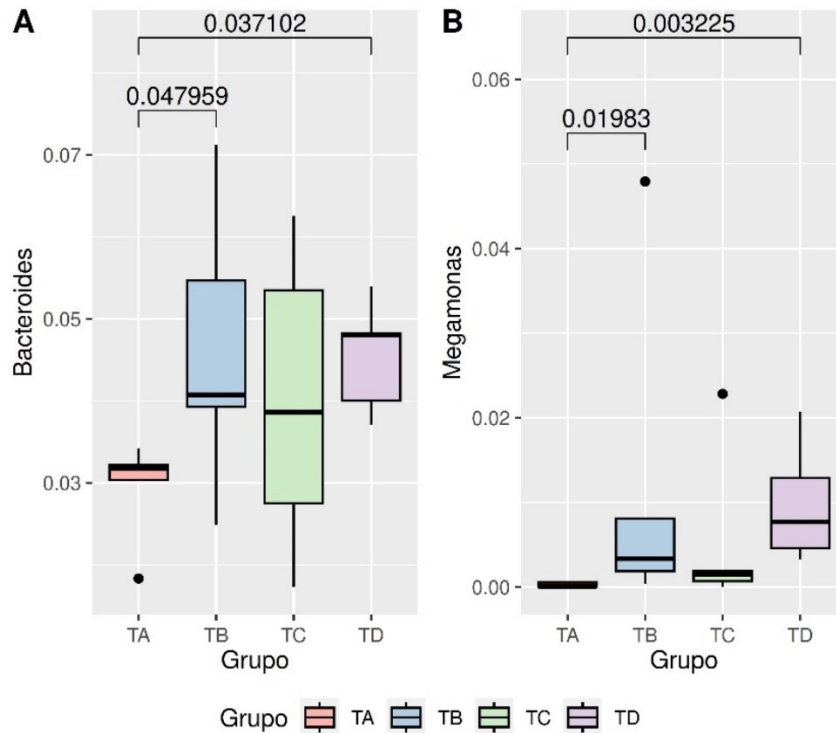


Figura 11. Abundância diferencial dos gêneros *Bacteroides* (A) e *Megamonas* (B).

A espécie *Faecalibacterium prausnitzii* apresentou diferenças significativas no tratamento com inclusão de capim elefante (TA) em relação ao tratamento com casca de soja (TD) (Figura 12A), não diferindo dos demais tratamentos. A espécie *Megamonas funiformis* demonstrou diferenças do tratamento com inclusão de capim elefante (TA) entre os tratamentos com inclusão de fibra insolúvel (TB) e casca de soja (TD) (Figura 12B), não diferindo do tratamento controle (TC).

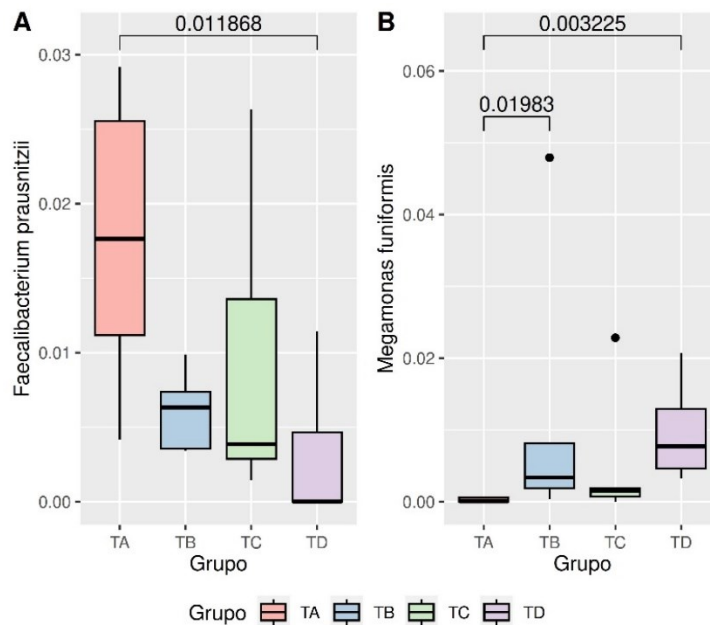


Figura 12. Abundância diferencial para as espécies *Faecalibacterium prausnitzii* (A) e *Megamonas funiformis* (B).

## DISCUSSÃO

O presente estudo mostrou que a inclusão de até 2% de fontes de fibra como capim elefante, casca de soja e celulose na alimentação de poedeiras não afeta os principais parâmetros de desempenho, como produção de ovos, ovo/ave/alojada, peso dos ovos, massa dos ovos, além da viabilidade e parâmetros de qualidade dos ovos ( $p>0,05$ ). Estes resultados dão embasamento para a utilização de diferentes fontes de fibra na nutrição de poedeiras.

As aves que se alimentaram com capim elefante apresentaram maior peso ao final do período experimental quando comparadas com as aves que se alimentaram com a fonte de fibra comercial (tabela 1). Acredita-se que o capim elefante por ser predominantemente constituído de fibra insolúvel favoreceu a produção de enzimas endógenas, melhorando a digestão e absorção dos componentes da dieta e, conseqüentemente, favoreceu o ganho de peso das aves. Este resultado confronta com resultados apresentados por Roberts et al. (2007) que ao avaliarem a inclusão de 4,8% da casca de soja como fonte de fibra na alimentação de poedeiras de 23 a 58 semanas de idade, não encontrou diferenças significativas no peso final das aves. Em contrapartida Panaite et al. (2016) estudaram o efeito da inclusão de alfafa peletizada em frangas Lohmann Brown de 9 a 16 semanas de idade e mostraram que frangas suplementadas com 8% de alfafa tiveram pesos vivos significativamente maiores em comparação com o tratamento controle ao final do experimento. Aves que consumiram ração com fonte de fibra comercial tiveram o menor peso ao final do período experimental. Yokhana et al. (2016) encontraram resultados diferentes. Os autores trabalharam com inclusão de 1% de lignocelulose como fonte de fibra na ração de frangas de 8 semanas e observaram maior ganho de peso corporal em comparação ao grupo controle. Sozcu et al., (2020) também utilizaram lignocelulose a 0, 0,5, 1 e 2kg por tonelada de ração em poedeiras de 18 a 38 semanas de idade e mostraram que 0,5 e 1 kg/ton de lignocelulose aumentaram significativamente o peso corporal, o consumo de ração e a eficiência alimentar em comparação ao grupo controle. Em contrapartida, Rohe et al. (2019) trabalharam com a inclusão de 10% de lignocelulose em poedeiras Lohmann durante 52 semanas e mostraram redução significativa do peso corporal das aves em comparação ao tratamento controle. De acordo com resultados mostrados no presente trabalho e em trabalhos mencionados acima, a maior inclusão de lignocelulose na ração pode ter reduzido a digestibilidade dos componentes da dieta, resultando em menor peso corporal, desta forma, a melhor inclusão desta fonte de fibra na ração de poedeiras comerciais para a variável peso final, seria de 1%.

A inclusão das fontes de fibra como capim elefante, casca de soja e celulose não afetaram a produção de ovos, número de ovos por ave alojada, consumo, peso dos ovos e massa dos ovos (tabela 2). Estes resultados fortalecem as buscas por fontes de fibras alternativas que proporcionam o aumento do nível de fibra e a redução do nível de energia das rações, a fim de reduzir o custo da produção de ovos, visando o melhor resultado econômico e zootécnico do plantel. Estes resultados concordam com resultados apresentados por Amaral (2014), que trabalhando com poedeiras de 18 a 30 semanas de idade, avaliou a redução do teor de energia da dieta por meio da inclusão de uma das três fontes de fibra: farelo de trigo, casca de soja e feno de tifton e observou que não houve diferença significativa entre os índices de produção, número de ovos por ave alojada, peso dos ovos e massa dos ovos comparado ao tratamento controle. Sousa et al. (2019) também avaliaram a inclusão de três fontes de fibra (casca de café, farelo de trigo e casca de soja) na dieta para poedeiras Lohmann LSL® de 25 a 45 semanas de idade e observou que não houve diferença significativa em produção, número de ovos por ave alojada e peso dos ovos comparando ao tratamento controle.

A casca de soja apresentou melhor conversão alimentar por quilo e por caixa de ovos e, conseqüentemente, o melhor custo (tabela 3) Apesar das rações experimentais serem isonutritivas, a análise da ração experimental com casca de soja mostrou resultados de proteína bruta superiores aos demais tratamentos o que justificaria o melhor resultado de conversão alimentar deste tratamento em relação aos demais. Quanto a conversão alimentar por caixa de ovos, o capim elefante mostrou resultados intermediários. Em contrapartida, o tratamento controle e com inclusão fibra comercial mostraram os piores resultados de conversões alimentares por caixa de ovos. Em relação ao custo da ração, a casca de soja apresentou os melhores resultados comparados à fibra comercial. Estes resultados demonstram a importância de estudos quanto as fontes de fibras alternativas como constituinte das rações para poedeiras, uma vez que há fontes de fibra que apresentam resultados satisfatórios com menor custo.

Não houve efeito das rações experimentais sobre a viabilidade das aves. Apesar disso, o uso de fontes de fibra na alimentação de poedeiras vem ganhando destaque em pesquisas associadas ao bem-estar e redução de mortalidade por canibalismo, pois contribui com a melhor capacidade de ingestão e de digestão dos alimentos. Amaral (2018) trabalhou com diferentes fontes de fibra (polpa de beterraba, lignocelulose e farelo de trigo) na alimentação de poedeiras Lohmann de 100 a 110 semanas e observou efeitos sobre a viabilidade das aves. As aves que receberam a dieta com inclusão de lignocelulose ou farelo de trigo apresentaram maior viabilidade em comparação com as aves que receberam a dieta sem inclusão de fonte adicional de fibra.

Segundo a autora, boa parte da mortalidade das aves ocorreu em decorrência de canibalismo. Uma hipótese que poderia explicar a redução do canibalismo nos tratamentos com a presença de fibra na dieta seria que, devido ao menor tempo de permanência da digesta no trato gastrointestinal, as aves passariam mais tempo ingerindo ração e menos tempo bicando umas às outras. Entretanto, Sousa et al. (2019) verificaram em seu trabalho que aves alimentadas com casca de soja apresentaram pior viabilidade.

No presente trabalho, houve efeito significativo para o parâmetro peso dos ovos, nos dois momentos das avaliações de qualidade dos ovos (67 e 71 semanas de idade das aves). Na primeira avaliação as aves que consumiram casca de soja mostraram maior peso dos ovos em comparação aos demais tratamentos. Na segunda avaliação as aves que consumiram casca de soja e tratamento controle mostraram melhor peso dos ovos. Segundo Leeson e Summers (2005), a proteína, os aminoácidos e o ácido linoleico são os fatores nutricionais mais importantes que afetam o peso do ovo e, conseqüentemente, a proporção dos componentes do ovo. Nesse estudo as rações foram formuladas para que apresentassem os teores de nutrientes semelhantes, porém a ração contendo casca de soja apresentou maior proteína em análise bromatológica, o que justificaria este resultado.

A variável peso dos ovos além de ter sido realizada durante a avaliação de qualidade dos ovos, foi realizada semanalmente em todos os ovos produzidos no dia, e não apresentou efeito significativo entre os tratamentos. Acredita-se que os resultados de peso dos ovos que foram realizados semanalmente são mais seguros do que o realizado durante a análise de qualidade de ovos por serem realizados apenas em dois momentos do período experimental. Na segunda avaliação de qualidade de ovos (71 semanas de idade das aves), a casca de soja mostrou maior porcentagem de gema e menor porcentagem de albúmen. O fato de a ração com inclusão de casca de soja ter apresentado maior proteína em análise bromatológica justifica este resultado. As demais variáveis de qualidade de ovos como porcentagem de casca, espessura de casca, resistência, UH, cor de gema e peso específico não sofreram efeito dos tratamentos. No estudo realizado por Sousa et al. (2019) também foram avaliadas fontes de fibra (casca de café, farelo de trigo e casca de soja) na alimentação de poedeiras e observou-se efeitos significativos sobre os parâmetros de qualidade de casca, como a redução da porcentagem de casca e espessura de casca em ovos de aves alimentadas com casca de café. Segundo os autores, a casca de café foi a fonte de fibra que apresentou maiores concentrações de pectina durante análises. A pectina possui capacidade de aumento da viscosidade do quimo, promovendo diminuição da digestão e absorção de componentes da dieta como proteínas, gorduras, carboidratos e também

micronutrientes, prejudicando a qualidade da casca. Além disso, a cafeína presente na casca de café eleva a excreção urinária de cálcio nas aves, resultando em menor disponibilidade deste mineral para formação da casca do ovo (Teixeira et al. 2020).

Nesse estudo não houve alteração no comprimento total do intestino das aves e porcentagem de moela. Observou-se apenas o maior comprimento de íleo em poedeiras alimentadas com fibra comercial em comparação com aquelas que se alimentaram com casca de soja e com o tratamento controle. Estes resultados mostram que a inclusão de fibra não afetou significativamente o intestino das aves. Segundo Amerah et al. (2009), o aumento do teor de fibra insolúvel na ração, resulta em redução do comprimento do intestino delgado e aumento do peso e conteúdo da moela. Estes resultados diferem de pesquisa realizada por González-alvarado et al. (2010) na qual observaram que a inclusão de casca de aveia como fonte de fibra na ração aumenta o pH, tamanho da moela, bem como o tamanho dos diferentes segmentos do intestino. Mateos et al. (2012) mostraram que a inclusão de 3% de fibra insolúvel em rações à base de milho e farelo de soja para poedeiras beneficia o desenvolvimento do trato gastrointestinal das aves. Yokhana et al. (2016) trabalharam com inclusão de 1% de fibra insolúvel em frangas de 8 semanas e observaram que as aves alimentadas com a fonte de fibra apresentam o peso do fígado, moela e intestino delgado significativamente maiores em relação ao grupo controle. Sousa et al. (2019) avaliaram a inclusão de três fontes de fibra (casca de café, farelo de trigo e casca de soja) na dieta para poedeiras Lohmann e observaram que a inclusão de casca de café na dieta proporcionou maior peso relativo da moela quando comparada com as aves que receberam os demais tratamentos. Da mesma forma, Rohe et al. (2020) trabalharam com a inclusão de 10% de lignocelulose em poedeiras Lohmann durante 52 semanas e apresentaram em seus resultados pesos de moela aumentados em comparação ao tratamento controle. A presença de fibra na dieta melhora a digestibilidade do amido e da gordura, através do estímulo da atividade da moela, aumentando o refluxo da digesta do duodeno para a moela, e assim aumentando a secreção de alfaamilase e ácidos biliares (Hetland et al., 2003). Quando ocorre redução da fibra na dieta o tamanho e o conteúdo da moela são afetados pela falta de estímulo e conseqüentemente compromete o desenvolvimento do trato gastrointestinal (Hetland et al., 2004). No presente estudo utilizou-se baixa inclusão de fibra na ração de poedeiras (2%), este fato justifica os resultados confrontantes com apresentados pelo Role et al. (2020).

A mucosa do intestino delgado apresenta vilosidades ou vilos, que proporcionam um aumento na superfície interna do órgão, ou seja, são estruturas muito importantes envolvidas

na digestão e absorção de nutrientes no intestino (Mazzuco et al. 2014). A relação desejável entre as vilosidades e as criptas ocorre quando as vilosidades se apresentam altas e as criptas rasas, significando que melhor será a absorção de nutrientes e ocorrerá menores perdas energéticas com a renovação celular (Arruda et al. 2008). Neste trabalho, em relação à morfometria intestinal, pode-se observar que poucos efeitos foram significativos entre os tratamentos. A altura da vilosidade do duodeno foi maior em aves que consumiram a ração com fibra comercial, em comparação com as aves que consumiram a ração com capim elefante. Em contrapartida, o diâmetros de cripta do duodeno foi melhor em aves que consumiram a ração com capim elefante, em comparação as que consumiram a ração com fibra comercial. Na avaliação de espessura da parede do duodeno, as aves que consumiram a ração com fibra insolúvel e o tratamento controle mostraram melhores resultados em comparação as aves que consumiram os demais tratamentos. Já na largura da vilosidade do íleo, as aves que consumiram a casca de soja mostraram resultados superiores comparados aos das aves que consumiram o tratamento controle. As demais variáveis de morfometria intestinal não foram significativas entre os tratamentos. A baixa inclusão das fontes de fibra neste trabalho (até 2%), justifica resultados semelhantes de morfometria comparado ao tratamento sem fonte adicional de fibra em grande parte das avaliações (tabelas 9 e 10), e mostra que as inclusões de fontes de fibra na alimentação de poedeiras não são capazes de prejudicar a morfometria intestinal das aves. Resultados diferentes foram encontrados por Sittiya et al. (2019) que trabalharam com a inclusão de 2,5% casca de arroz e casca de soja em frangos de corte e mostraram em seus resultados que a inclusão das fontes de fibra contribuiu para aumento da altura das vilosidades duodenais.

O microbioma intestinal é de fundamental importância para os animais. É conhecido que a relação simbiótica entre o hospedeiro e sua microbiota é bastante vantajosa para ambos (Kogut et al., 2019). A composição da microbiota varia de acordo com a idade, a região do intestino, o uso de antimicrobianos, o sistema de criação, bem como a composição da dieta, especialmente, a presença e a natureza da fibra dietética, que é o principal substrato bacteriano (Jha et al., 2019). Segundo Brian et al. (2014), a microbiota benéfica é representada por 90% dos microrganismos presentes no segmento intestinal e contribuem na absorção e digestão dos nutrientes contidos na dieta e com o sistema imunológico. Portanto, favorece a saúde do organismo da ave, enquanto a microbiota maléfica predispõe a infecções diminuindo a taxa de crescimento e aumentando a mortalidade. Os filos que compõem a microbiota benéfica são constituídos por Actinobacteria, Firmicutes, Fusobacteria e Bacteroidetes e a maléfica são as

Proteobacterias (Brian et al., 2014). No presente trabalho, os filos mais abundantes foram os de bactérias benéficas. As bactérias benéficas do filo Firmicutes produzem ácido lático devido seu metabolismo fermentativo, além de contribuir com a eficiência alimentar, possui capacidade de utilizar carboidratos complexos derivados de plantas e produzir butirato. As bactérias do filo Actinobacteria degradam os carboidratos e produzem ácido lático, ácido acético e estão ligadas ao metabolismo dos lipídios e do colesterol (Apajalahti et. 2016). Dado a importância da microbiota para a saúde intestinal das aves, a composição taxonômica encontrada de acordo com a fonte de fibra utilizada torna-se um aspecto importante e que deve ser mais bem explorado. No presente estudo, quanto a avaliação da beta diversidade, aves que consumiram ração com capim elefante apresentaram maior diversidade bacteriana em comparação as aves que consumiram ração com casca de soja e sem fonte adicional de fibra. As aves que consumiram ração com casca de soja apresentaram a microbiota com maior população da família *Selenomonadaceae* em comparação às aves que consumiram ração com capim elefante e o tratamento controle. Aves que consumiram ração com capim elefante apresentaram a microbiota com maior composição do gênero *bacteroides* e *Megamonas* em comparação às aves que consumiram ração com a fibra comercial e casca de soja. Da mesma forma, aves que também consumiram ração com capim elefante apresentaram a microbiota com maior população da espécie *Faecalibacterium Prausnitzu*, que são bactérias benéficas e produtoras de butirato, um ácido graxo de cadeia curta (AGCA) que é responsável por aumentar o fluxo sanguíneo e a produção de muco no intestino, estimular a proliferação celular epitelial, além de ser a principal fonte de energia para os colonócitos (Hou et al., 2020). Estes resultados reforçam que a inclusão de fontes de fibras na alimentação de poedeiras pode aumentar a diversidade de bactérias benéficas nos cecos, uma vez que o tratamento sem adição de fontes de fibra não mostrou resultados superiores em comparação aos demais tratamentos. Em um estudo realizado por Hou et al. (2020), os autores trabalharam com a inclusão de lignocelulose na alimentação de frangos e mostraram que a adição de fibra aumentou a diversidade microbiana e abundância de *Faecalibacterium* no ceco das aves.

## CONCLUSÃO

A utilização de fontes de fibra na alimentação de poedeiras não alterou os principais índices de avaliação de desempenho das aves (produção de ovos, consumo de ração, viabilidade e peso e massa dos ovos) e nem a qualidade dos ovos. (resistência da casca, coloração da gema, altura de albúmen, unidade Haugh e espessura de casca).

A casca de soja reduziu os custos da ração por dúzia e por caixa de ovos em comparação com a fibra insolúvel comercial.

A utilização de fontes de fibra na alimentação de poedeiras não alterou a morfometria intestinal.

A utilização de fontes de fibra na alimentação de poedeiras proporcionou melhor diversidade de bactérias benéficas nos cecos

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, L. M. M. Teores de energia e fibra bruta para poedeiras nas fases de recria e produção. 2014. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- AMARAL, L. M. M. Fontes de fibra na alimentação de poedeiras. 2018. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- AMERAH, A.M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R.G. Influence of insoluble fiber and whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. *Br. Poult. Sci.*, v.50, p.366-375, 2009.
- APAJALAHTI, J., & VIENOLA, K. (2016). Interação entre microbiota intestinal de frango e digestão de proteínas. *Animal Feed Science and Technology*, 221. <https://doi.org/323-330>. 10.1016/j.anifeedsci.2016.05.004
- ARAUJO, D.M.; SILVA, J.H.V.; ARAUJO, J.A. et al. Farelo de trigo na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de recria. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.1, p.67-72, 2008.
- ARRUDA, A.N.V.; FERNANDES, R.T.V.; SIVA, J.M.; LOPES, D.C. Avaliação morfo-fisiológica da mucosa intestinal de coelhos alimentados com diferentes níveis e fontes de fibra. *Revista Caatinga, Mossoró*, v.21, n.2, p.01-11, 2008.
- BRAZ, N.M.; FREITAS, E.R.; BEZERRA, R.M. *et al.* Fibra na ração de crescimento e seus efeitos no desempenho de poedeiras nas fases de crescimento e postura. *Rev. Bras. Zootec.*, v.40, n.12, p.2744-2753, 2011.
- BRIAN, B., OAKLEY, H. S., LILLEHOJ, M. H., KOGUT, W. K., KIM, J. J., MAURER, A., PEDROSO, M. D., LEE, S. R., COLLET, T. J., & JOHNSON, N. A. C. (2014). O microbioma gastrointestinal de frango. *FEMS: Microbiology Letters*, 360, 100–112
- COSTA, F.G.P.; QUIRINO, B.J.S.; GIVISIEZ, P.E.N. *et al.* Poedeiras alimentadas com diferentes níveis de energia e óleo de soja na ração. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.58, n. 223, p.405-411, 2009.
- GONZÁLEZ-ALVARADO, J.M.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, D. *et al.* Effect of inclusion of oat hulls and sugar beet pulp in the diet on productive performance and digestive traits of broilers from 1 to 42 days of age. *Animal Feed Science Technol.*, v.162, p.37-46, 2010.

HETLAND, H.; SVIHUS, B.; KROGDAHL, A. Effects of oat hulls and wood shavings on digestion in broilers and layers fed diets based on Whole or ground wheat. *British Poultry Science.*, v.44, p.275-282, 2003.

HOU, L; SUN, B; YANG, Y. Effects of Added Dietary Fiber and Rearing System on the Gut Microbial Diversity and Gut Health of Chickens. *Animals* 2020, 10, 107; doi:10.3390/ani10010107.

JHA, R. FOUHSE, J.M. TIWARI, U.P. LI, L. WILLING, B.P. Dietary fiber and intestinal health of monogastric animals. *Front Vet Sci.* 2019; 6:48.

KOCER, B., M. BOZKURT, G. EGE, A. E. TUZUN. “Effects of Sunflower Meal Supplementation in the Diet on Productive Performance, Egg Quality and Gastrointestinal Tract Traits of Laying Hens.” *British Poultry Science* 62(1): 101–109. 2021.

KOGUT, M, H. The effect of microbiome modulation on the intestinal health of poultry. *Anim Feed Sci Technol.* 2019.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. *Comercial poultry nutrition.* 3.ed. Ontario: University BOOKS. 413p. 2005.

MATEOS, G.G.; JIMÉNEZ-MORENO. E.; SERRANO, M.P.; LÁZARO, R.P. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *J. appl. Poult. Res.* 21:156–174. 2012

MAZZUCO, H. Nutrição em foco na saúde intestinal das poedeiras. *Revista Avicultura Industrial*, Edição 1230, n.02, p. 18-27. 2014.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D.J. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa and their consequences on digestive health in Young non-ruminant animal. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.108, n.1-4, p.95-117, 2003.

PANAITE, C. V., R. D. CRISTE, D. DRAGOTOIU, T. D. PANAITE, AND M. OLTEANU. “Effect of Crude Fibre Concentration in Pullet Diets (9-16 Weeks) on Their Subsequent Performance.” *The International Conference of the University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest Agriculture for Life, Life for Agriculture*, Bucharest, Romania. 2016

RIBEIRO, P.A.P. Effect of dietary energy concentration on performance parameters and egg quality of white leghorn laying hens. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.16, n.4, p.381-388, 2014.

ROBERTS SA, XIN H, KERR BJ, RUSSELL JR, BREGENDAHL K. Effects of dietary fiber and reduced crude protein on ammonia emission from laying-hen manure. *Poultry Science* 2007;86:1625-1632.

RÖHE, I., J. URBAN, A. DIJKSLAG, J. TE PASKE, AND J. ZENTEK. 2019. "Impact of an Energy and Nutrient Reduced Diet Containing 10% Lignocellulose on Animal Performance, Body Composition and Egg Quality of Dual-Purpose Laying Hens." *Archives of Animal Nutrition* 73 (1): 1–17.

RÖHE, I., W. VAHJEN, F. METGER, AND J. ZENTEK. 2020. "Effect of a "Diluted" Diet Containing 10% Lignocellulose on the Gastrointestinal Tract, Intestinal Microbiota, and Excreta Characteristics of Dual-Purpose Laying Hens." *Poultry Science* 99 (1): 310–319.

SITTIYA, J; YAMAUCHI, K; NIMANONG, W; THONGWITTAYA, N. Influence of Levels of Dietary Fiber Sources on the Performance, Carcass Traits, Gastrointestinal Tract Development, Fecal Ammonia Nitrogen, and Intestinal Morphology of Broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 2019.

SOUSA, L. S.; CARVALHO, T, S, M; NOGUEIRA, F, A.; SALDANHA, M, M.; VAZ, D, P.; BETERCHINI, A, G.; BAIÃO, N, C.; LARA, L, J, C. Fiber source and xylanase on performance, egg quality, and gastrointestinal tract of laying hens. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2019. <https://doi.org/10.1590/rbz4820170286>

SOZCU, A., AND A. IPEK. 2020. "The Effects of Lignocellulose Supplementation on Laying Performance, Egg Quality Parameters, Aerobic Bacterial Load of Eggshell, Serum Biochemical Parameters, and Jejunal Histomorphological Traits of Laying Hens." *Poultry Science* 99.

TEIXEIRA, M, S; TRIGINELLI, M, V; COSTA, T, A; LARA, L, J, C; SOTO-BLANCO, B. Effects of caffeine on egg quality and performance of laying hens. *Frontiers in Veterinary Science*. 2020.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, Cambridge, v.74, p. 3583-3597, 1991.

YOKHANA, S., G. PARKINSON, AND T. L. FRANKEL. 2016. "Effect of Insoluble Fiber Supplementation Applied at Different Ages on Digestive Organ Weight and Digestive Enzymes of Layer-Strain Poultry." *Poultry Science* 95: 550–559. doi:10.3382/ps/pev336.