

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS BOTUCATU

USO DE LIGNINA NA DIETA DE FÊMEAS SUÍNAS EM GESTAÇÃO E
LACTAÇÃO

GEYSSANE FARIAS DE OLIVEIRA

Tese apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Zootecnia
como parte das exigências para
obtenção do título de Doutor em
Zootecnia.

BOTUCATU – SP
Março – 2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS BOTUCATU

TESE DE DOUTORADO

USO DE LIGNINA NA DIETA DE FÊMEAS SUÍNAS EM GESTAÇÃO E
LACTAÇÃO

GEYSSANE FARIAS DE OLIVEIRA

ZOOTECNISTA

Orientador: Prof. Dr. Marcos Livio Panhoza Tse

Tese apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia como
parte das exigências para obtenção
do título de Doutor em Zootecnia.

BOTUCATU – SP

Março – 2022

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Oliveira, Geyssane Farias de.

Uso de lignina na dieta de fêmeas suínas em gestação e lactação / Geyssane Farias de Oliveira. - Botucatu, 2022

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina
Veterinária e Zootecnia

Orientador: Marcos Livio Panhoza Tse

Capes: 50400002

1. Suínos - Reprodução. 2. Lignina. 3. Prebióticos.
4. Microbiota. 5. Gestação. 6. Lactação.

Palavras-chave: Compostos naturais; Microbiota;
Prebióticos; Reprodução; Suínos.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Geyssane Farias de Oliveira, nascida em 15 de dezembro de 1990, na cidade de São Luís/MA, filha de Maria José Cantanhede Sousa e Carlos César Amorim Farias, ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Campus de São Luís, em agosto de 2010, e graduou-se em fevereiro de 2016. Em março de 2016, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), onde foi bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), concluindo em fevereiro de 2018. Em agosto de 2018, iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Campus de Botucatu, na qual também é bolsista pela CAPES. Durante a pós-graduação, atuou na área de bem-estar animal, com ênfase em utilização de enriquecimento ambiental para leitões desmamados e seus efeitos na plasticidade e ansiedade. Na área de nutrição de suínos atuou na pesquisa e uso de novos aditivos com ação prebiótica na dieta de fêmeas suínas em gestação e lactação.

Dedicatória

Aos meus pais, Maria José e Carlos César, por todo amor, paciência e ensinamentos.

Com gratidão!

DEDICO

Agradecimentos

À minha família, pai e mãe, por todo apoio e confiança para seguir com meus objetivos.

Ao Rayrondes Eduardo de Oliveira, por todo o amor, paciência e ajuda neste período.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, pela oportunidade de realizar o meu doutorado em uma das maiores Universidades do Brasil.

Ao Departamento de Produção Animal e Medicina Veterinária Preventiva pelo ensino, estrutura física e humana.

Ao Professor Doutor Marcos Livio Panhoza Tse, pela oportunidade de orientação, amizade, exemplos pessoais, profissionais, ensinamentos e toda ajuda para a execução deste trabalho.

Aos professores Ricardo de Oliveira Orsi, Ibiara Correia de Lima Almeida Paz, Margaria Maria Barros e Fabiana Ribeiro Caldara, pelos ensinamentos, conversas, convívio e apoio.

Ao amigo e funcionário do setor de suinocultura, José Antônio Franco, pela ajuda nas coletas de sangue, assim como pela amizade e ensinamentos.

À Granja Antunes, à Senhora Eliane Antunes, Paulo Henrique Santos, Juliano Manoel Bezerra e seus colaboradores – Ludney Rocha da Silva, Ryan Henrique Santos, Marcos Monteiro, Marcio Pontes, Welington dos Santos, Maria Aparecida Cardoso, Rosemary Pontes e Daniel Candido, entre outros, por toda ajuda, receptividade e paciência ao longo dos 145 dias de condução do experimento.

Aos amigos de grupo de pesquisa, Silvia Leticia Ferreira, Leticia Garbin, Thallysoon Taumaturgo, Eduardo Rodrigues, Bernadette Rossiti e Mariane Evangelista, pela amizade e toda a ajuda nos momentos mais difíceis do experimento.

Ao veterinário Gustavo Silva, por toda ajuda na condução experimento, amizade, companheirismo e ensinamentos.

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

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Quantidade de ração oferecida aos animais, de acordo com o programa de alimentação das fêmeas	50
Tabela 2. Composição percentual e valores nutricionais calculados das dietas de gestação, pré-parto e lactação	51
Tabela 3. Desempenho de matrizes suínas durante a gestação e lactação e sua leitegada	60
Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDaPB), extrato etéreo (CDaEE), matéria seca (CDaMS) e energia bruta (CDaEB) das rações das fêmeas ao 90º dia de gestação.....	60
Tabela 5. Composição do colostro e leite das fêmeas em lactação	61
Tabela 6. Quantificação microbiológica fecal (UFC/g) das fêmeas ao 90º dia de gestação.....	
Tabela 7. Concentração fecal de ácidos graxos de cadeia curta das fêmeas no 90º dia de gestação.....	62
Tabela 8. Parâmetros sanguíneos de matrizes suínas ao 90º dia de gestação.....	62
Tabela 9. Parâmetros bioquímicos das fêmeas suína ao 90º dia de gestação.....	63
Tabela 10. Quantificação da atividade das enzimas superóxido dismutase (unidade/mg proteína), catalase (nmol.min ⁻¹ /mg proteína), taxa de lipoperoxidação (nmol.min ⁻¹ /mg proteína) e quantificação de proteína (mg/mL) no soro de matrizes suínas lactantes.....	64

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	14
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	15
1. REVISÃO DE LITERATURA	17
1.1 NUTRIÇÃO DURANTE AS FASES DE GESTAÇÃO E LACTAÇÃO DA FÊMEA SUÍNA.....	17
1.2 MICROBIOTA INTESTINAL DE SUÍNOS.....	21
1.3 ADITIVOS USADOS NA DIETA DE SUÍNOS	23
1.4 ESTRESSE OXIDATIVO EM PORCAS	28
1.5 LIGNINA KRAFT NA DIETA DE SUÍNOS.....	29
REFERÊNCIAS	32
CAPÍTULO 2	45
1. Introdução.....	48
2. Material e métodos.....	49
2.1. Alojamento e animais	49
2.2. Delineamento experimental e dietas	50
2.3. Desempenho das matrizes suínas e leitegada	52
2.4. Digestibilidade aparente dos nutrientes da ração.....	52
2.5. Composição bromatológica do colostro e leite	54
2.6. Quantificação microbiológica fecal	55
2.6.1. Contagem de coliformes totais e <i>Escherichia coli</i>	55
2.6.2. Contagem de Enterobactérias.....	56
2.6.3. Contagem de bactérias ácido-láticas (BAL).....	56
2.6.4. Contagem de <i>Salmonella spp</i>	56
2.7. Concentração fecal de ácidos graxos de cadeia curta	57
2.8. Perfil hematológico.....	58
2.9. Concentração bioquímica sérica	58
2.10. Atividade enzimática antioxidante do soro	58
2.11. Análise estatística	59
3. Resultados	59
3.1. Desempenho das matrizes suínas e leitegada	59
3.2. Digestibilidade aparente dos nutrientes da ração.....	60
3.3. Composição bromatológica do colostro e leite	61
3.4. Quantificação microbiológica fecal	61

3.5. Concentração fecal de ácidos graxos de cadeia curta	62
3.6. Perfil hematológico.....	62
3.7. Concentração bioquímica sérica.....	63
3.8. Atividade enzimática antioxidante do soro	64
4. Discussão.....	64
Conclusão	68
Referências	68
IMPLICAÇÕES.....	72

Uso de lignina Kraft na dieta de fêmeas suínas em gestação e lactação

RESUMO

O estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos da inclusão de lignina Kraft na dieta de fêmeas gestantes sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes da ração, quantificação microbiológica das fezes, concentração fecal de ácidos graxos de cadeia curta, parâmetros hematológicos e bioquímicos séricos e na dieta de fêmeas lactantes sobre seu desempenho e da leitegada, composição do colostro e leite e atividade de enzimas do sistema antioxidante no soro das porcas. Foram utilizadas 75 matrizes suínas do dia 0 de gestação a 20 dias de lactação, distribuídas em delineamento em blocos ao acaso com três tratamentos e a ordem de parto foi adotada como fator de bloco, os tratamentos foram: C = Controle (dieta basal sem adição de lignina); LK0,5 = dieta basal + 0,5% de lignina Kraft e LK1,0 = dieta basal + 1,0% de lignina Kraft. As matrizes foram alojadas em gaiolas individuais durante o período de gestação e celas de parto durante a lactação. Durante o período de gestação as fêmeas foram alimentadas de forma restrita e durante a lactação à vontade, e água à vontade em ambas as fases. A inclusão de lignina Kraft não afetou o desempenho das matrizes suínas durante a gestação e lactação, assim como da leitegada e composição bromatológica do colostro e do leite. Houve diminuição linear no coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta e de energia bruta, com a inclusão de lignina na dieta. A inclusão de lignina Kraft aumentou linearmente as concentrações de bactérias ácido-láticas na microbiota intestinal, porém não modificou a concentração fecal de ácidos graxos de cadeia curta. Para os parâmetros sanguíneos, houve aumento linear de eosinófilos e hemoglobina corpuscular média e diminuição de linfócitos sanguíneos com o aumento da inclusão de lignina na dieta das fêmeas. Também, o aumento da inclusão de lignina na dieta aumentou linearmente a concentração de creatinina e diminuiu linearmente a atividade da enzima catalase no soro. De maneira geral, a inclusão de 1% de lignina se mostrou vantajosa, pois apesar de diminuir a digestibilidade da dieta, não interferiu no desempenho das fêmeas e leitegada, além de modular positivamente a colonização de bactérias ácido-láticas na microbiota intestinal no terço final de gestação das porcas e reduzir a atividade da catalase no sistema antioxidante.

Palavras-chave: suínos, reprodução, prebióticos, compostos naturais, microbiota

Use of Kraft lignin in the diet of pregnant and lactating sows

ABSTRACT

The study was conducted with the objective of evaluating the effects of the inclusion of Kraft lignin in the diet of pregnant females on performance, nutrient digestibility of the feed, microbiological quantification of feces, fecal concentration of short-chain fatty acids, hematological and serum biochemical parameters. and in the diet of lactating sows on their performance and litter, colostrum and milk composition and activity of enzymes of the antioxidant system in sow whey. A total of 75 sows from day 0 of gestation to 20 days of lactation were used, distributed in a randomized block design with three treatments and the farrowing order was adopted as a block factor, the treatments were: C = Control (basal diet without addition of lignin); LK0.5 = basal diet + 0.5% Kraft lignin and LK1.0 = basal diet + 1.0% Kraft lignin. Sows were housed in individual cages during the gestation period and farrowing cells during lactation. During the gestation period the females were fed ad libitum and during lactation ad libitum, and ad libitum water in both phases. The inclusion of Kraft lignin did not affect the performance of sows during pregnancy and lactation, as well as the litter and bromatological composition of colostrum and milk. There was a linear decrease in the coefficient of apparent digestibility of crude protein and crude energy, with the inclusion of lignin in the diet. The inclusion of Kraft lignin linearly increased the concentrations of lactic acid bacteria in the intestinal microbiota but did not change the fecal concentration of short-chain fatty acids. For blood parameters, there was a linear increase in eosinophils and mean corpuscular hemoglobin and a decrease in blood lymphocytes with increasing inclusion of lignin in the diet of females. Also, increasing dietary lignin inclusion linearly increased creatinine concentration and linearly decreased serum catalase enzyme activity. In general, an inclusion of 1% of lignin proved to be advantageous, because despite decreasing the digestibility of the diet of the females and the diet, in addition to positively modulating the colonization of lactic acid bacteria in the intestinal microbiota at the end of gestation of the sows and reduce catalase activity in the antioxidant system.

Keywords: swine, breeding, prebiotics, natural compounds, microbiota.

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As matrizes suínas utilizadas na suinocultura foram desenvolvidas para precocidade reprodutiva, maior peso corporal e hiperprolificidade. No entanto, a intensificação do potencial reprodutivo proporcionou aspectos negativos, como menor peso ao nascimento dos leitões, que desencadearam alta variabilidade do peso dentro da leitegada e maior mortalidade durante a fase de maternidade e menor peso ao desmame (KOKETSU *et al.*, 2017).

A fêmea suína hiperprolífica possui maiores desafios durante as fases de gestação e lactação, visto que ocorre uma alta demanda de energia para garantir a produção adequada de leite para atender a necessidade de um maior número de leitões, o que ocasiona uma alta mobilização de reservas corporais durante a lactação, que afeta diretamente a condição corporal da fêmea, além da sua eficiência reprodutiva na gestação subsequente (ZANGERONIMO *et al.*, 2013).

A suplementação da fêmea no terço final da gestação é uma estratégia nutricional capaz de reduzir as perdas produtivas geradas pelo estado metabólico, melhorar o desempenho da leitegada ao nascimento e desmame. Dentre eles aminoácidos, como arginina, glutamina, leucina, triptofano, glicina e taurina, ácidos graxos essenciais - AGE como linoleico (LA), docosahexaenoico (DHA) e eicosapentaenoico (EPA), assim como ácido ascórbico e L-carnitina (CHAVES, 2017; NUNTAPAITOON *et al.*, 2018; WEI *et al.*, 2019; SUN; KIM, 2020; KROGH *et al.*, 2020; HONG *et al.*, 2020). Além destes observa-se a inclusão de aditivos zootécnicos para modulação da microbiota intestinal (CHENG *et al.*, 2015; LI *et al.*, 2015; GU *et al.*, 2019).

Segundo o MAPA (2004), os aditivos zootécnicos equilibradores de microbiota devem ter estabilidade na microbiota intestinal normal do hospedeiro, além de reduzir a carga bacteriana no trato gastrointestinal - TGI e, por consequência indireta do seu modo de ação, melhorar a digestibilidade de nutrientes. Entre eles estão os probióticos, prebióticos e simbióticos.

Os prebióticos são carboidratos, polissacarídeos não amiláceos – PNA, oligossacarídeos não digestíveis - OND e fibras dietéticas (solúveis e insolúveis) que servem como substrato de uma ou mais colônias de bactérias no TGI, favorecendo a sua multiplicação em detrimento das bactérias prejudiciais. Os prebióticos mais importantes usados na suinocultura são os oligossacarídeos funcionais, sendo o

mananoligossacarídeos (MOS) e frutooligossacarídeo (FOS) mais estudados (GIBSON; ROBERFROID, 1995).

Os prebióticos adicionados à dieta modulam a microbiota intestinal afetando diretamente a sua atividade metabólica (ROBERFROID *et al.*, 2010). Além da seletividade de colônias bacterianas fermentadoras, que proporcionam maior produção de AGCC, que atuam na atividade antibacteriana específicas (LIU *et al.*, 2021), o aumento da produção de AGCC tem correlação positiva com a apoptose de células inflamatórias, e são fontes importantes de energia para as células epiteliais do intestino, responsável por funções imunomoduladoras e anti-inflamatórias que atuam na inibir de proliferação de bactérias patogênicas (LIU *et al.*, 2021).

Na literatura, os estudos com o uso de prebiótico em fêmea suína durante a gestação e a lactação são escassos. No entanto, os estudos com probióticos trazem respostas positivas sobre o desempenho da porca durante a gestação e a lactação, parâmetros sanguíneos, composição do leite e, como consequência, melhor desempenho dos leitões desmamados (ALEXOPOULOS *et al.*, 2004; CHENG *et al.*, 2015; LI *et al.*, 2015; GU *et al.*, 2019), demonstrando que a melhora da saúde intestinal das porcas pode aumentar sua capacidade lactacional e a qualidade do leite (TAN *et al.*, 2015; SUN *et al.*, 2015). Sendo o leite a única fonte de energia para os neonatos, a melhora na sua composição e produção são fundamentais para a sobrevivência e crescimento pós-natal dos leitões (NUNTAPAITOON *et al.*, 2019).

Assim como os probióticos, os prebióticos podem contribuir na promoção de saúde de matrizes. O uso de inulina em porcas gestantes promoveu o aumento na concentração de butirato, importante fonte de energia para os enterócitos, além de reduzir o tempo de trânsito da digesta no final da gestação, melhorando a consistência desidratada das fezes (ZHOU *et al.*, 2018). Outro prebiótico avaliado no terço final da gestação de porcas, o isomaltoligossacarídeo – ISO, oligossacarídeo funcional, foi eficiente na redução da duração do parto (GU *et al.*, 2021) e o MOS na redução no intervalo desmame-estro de matrizes (DUAN *et al.*, 2016).

Em geral, os prebióticos são carboidratos, sendo os PNA, OND e a fibra dietética não solúveis presentes na composição da parede celular de diversos vegetais, na forma de polímeros de carboidratos e polímero de fenilpropano no caso da lignina.

Durante a polpação da madeira para a fabricação de papel, ocorre a separação de componentes como celulose e as hemiceluloses, polissacarídeos de estrutura semicristalina que conferem sustentação a parede celular, e a lignina.

De acordo com o processo químico de extração, a lignina gerada apresenta compostos fenólicos na sua composição, que possui atividade antimicrobiana (HAUPTLI; LOVATTO, 2006; MUELLER-HARVEY, 2010), propriedade benéfica na modulação da microbiota intestinal e estimulação do sistema imune (BAURHOO; PHILLIP; RUIZ-FERIA, 2007a; FERREIRA, 2020) e propriedade antioxidantes semelhantes à vitamina E (ANOUAR *et al.*, 2009; AYYACHAMY *et al.*, 2013; BEZERRA, 2019). Alguns estudos desse composto na dieta de algumas espécies animais (BAURHOO; PHILLIP; RUIZ-FERIA, 2007; WANG *et al.*, 2009; WANG; MCALLISTER; LORA, 2017; YOSSA *et al.*, 2018), demonstraram ação benéfica sobre a microbiota intestinal, melhora no aproveitamento dos nutrientes e desempenho dos animais. Entretanto, seus efeitos em dietas de matrizes suínas gestantes e lactantes e suas possíveis ações prebióticas e sistêmica ainda não são conhecidas, necessitando portanto, de mais estudos.

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1 NUTRIÇÃO DURANTE AS FASES DE GESTAÇÃO E LACTAÇÃO DA FÊMEA SUÍNA

A nutrição da fêmea suína tem evoluído consideravelmente nos últimos anos para acompanhar a evolução genética dos animais, buscando maximizar a produtividade da fêmea com o maior número de leitões nascidos vivos, menor intervalo desmama-estro, maior peso ao nascimento e ao desmame dos leitões. A alta produtividade das fêmeas demanda maior exigência nutricional para atender a demanda metabólica e os desafios durante a gestação e a lactação (PEREIRA *et al.*, 2020).

Inadequados programas de alimentação durante estes períodos trazem como consequências falhas reprodutivas, como baixa produtividade, aumento da taxa de descarte e reposição do plantel, fatores que comprometem o rendimento econômico do sistema produtivo (ABCS, 2014). Os esforços devem ser direcionados para minimizar as perdas durante as fases mais críticas do ciclo reprodutivo, permitindo o aproveitamento com maior eficiência do potencial genético da matriz ao longo da sua vida produtiva.

A nutrição das porcas em gestação está direcionada para redução de perdas gestacionais, assim como o adequado crescimento dos fetos, desenvolvimento da glândula mamária e recomposição da condição corporal da porca em decorrência da

lactação anterior. O programa nutricional da fêmea durante a gestação leva em consideração o período gestacional e suas alterações metabólicas, a heterogeneidade ligada à ordem de parto entre matrizes e a condição corporal e metabólica resultante da lactação anterior. Considerando o período gestacional, divide-se a gestação em primeiro terço, que compreende os 30 primeiros dias; segundo terço, período intermediário entre os 30 dias e 75 dias de gestação; e terceiro e último terço, entre os 75 dias e o momento do parto (ABCS, 2014).

O terço inicial de gestação da matriz (0 a 30 dias) é o mais importante para a viabilidade da gestação, pois é neste período que ocorre grande parte das perdas embrionárias (FLOWERS, 2020). As perdas embrionárias afetam principalmente as marrãs (fêmeas na primeira gestação) e primíparas (fêmeas de segunda gestação) devido a menor capacidade física uterina, no qual as perdas ocorrem antes da implantação embrionária e o principal fator na determinação no tamanho da leitegada ao nascimento. Já em fêmeas múltiparas as perdas embrionárias estão relacionadas ao estado catabólico lactacional, em que a grande mobilização corporal (proteína e gordura) da fêmea é direcionada para a produção de leite (FLOWERS, 2020).

A organogênese, placentação, vascularização e regulação do sangue útero-placenta são afetadas pelo estado nutricional das matrizes, pois fêmeas magras, no primeiro terço da gestação, reduzem a transferência de nutrientes e oxigênio para a placenta, ocasionando a redução no crescimento fetal (BASINI *et al.*, 2018). No entanto, fêmeas em condição corporal obesas, quando alimentadas à vontade, aumentam o fluxo de nutrientes para a corrente sanguínea, elevando a atividade hepática e a metabolização da progesterona circulante, o que reduz a síntese de proteína uterina específica, ocasionando aumento da mortalidade embrionária nos primeiros quinze dias (PRUNIER; QUESNEL, 2000).

A fase intermediária da gestação (31 aos 85 dias) tem como objetivo a recuperação das reservas corporais das fêmeas magras que tiveram maior mobilização corporal durante a lactação anterior e leve restrição em fêmeas obesas. O ajuste nutricional pode ser feito por meio da manipulação da quantidade de ração ofertada às fêmeas, de forma que a fêmea alcance a condição corporal adequada (YOUNG *et al.*, 2005).

Durante este período, além de recuperação das fêmeas ocorre o estabelecimento das fibras musculares dos fetos, que refletirá no máximo de desenvolvimento pós-natal, assim como a eficiência desse crescimento nas fases seguintes até o abate (KIM *et al.*, 2018), pois o nível de hipertrofia (tamanho de fibras) e hiperplasia (número de fibra) que

determina a massa corpórea final do suíno ao abate irá depender das fibras musculares formadas durante o desenvolvimento fetal (BRITO *et al.*, 2020).

No último terço da gestação (86 dias aos 114 dias – parto), é necessário o aumento do aporte de energia para matriz, pois é neste período que ocorre a intensificação do crescimento fetal devido ao período de maior formação de fibras musculares secundárias, entre os 55 e 95 dias (ZHU *et al.*, 2008), maior desenvolvimento das glândulas mamárias, entre 76 e 90 dias de gestação, que sofre ainda um aumento de 30% entre os dias 100 e 110 dias de gestação (JI; HURLEY; KIM, 2006; VANKLOMPENBERG *et al.*, 2013).

Entretanto, o excesso de energia prejudica a formação da glândula mamária e ocasiona queda na produção de leite durante a lactação. O estado energético da fêmea gestante influenciará no seu desempenho durante a lactação seguinte. O excesso de energia pode causar obesidade ao parto, diminuição nas contrações uterinas que aumentam a duração do parto, reduzindo a vitalidade dos leitões, além de sensibilidade a insulina que promove a redução do consumo voluntário e ocasionando perdas corporais significativas durante a lactação (FLORES *et al.*, 2007).

Devido à precocidade das matrizes atuais, o seu crescimento ainda acontece durante os dois primeiros ciclos reprodutivos e existe diferença entre marrãs e fêmeas primíparas, o que exige manejo nutricional diferente para essas duas categorias, uma vez que suas exigências nutricionais são diferentes. Marrãs, na primeira gestação, possuem maiores exigências nutricionais, pois estão em desenvolvimento corporal e gestacional. Fêmeas magras na sua primeira lactação, sofrem maiores mobilização de reservas corporais, devido à alta demanda de nutriente direcionados para produção de leite, além de comprometimento de seu desempenho na gestação subsequente (FOXCROFT *et al.*, 2017).

Segundo Rostagno *et al.* (2017), as exigências de porcas em gestação são divididas em dois períodos (0-85 e 86-114) e diferentes entre marrãs e porcas, sendo que a exigência é de 3.150 kcal/kg de energia metabolizável para marrãs e porcas, de 0,5 % a 0,7% de lisina digestível para marrãs e de 0,3% a 0,6% de lisina digestível para porcas.

A suplementação com fibra no período pré-lactação contribui com a estabilidade da glicose, níveis de insulina e concentração de leptina no sangue, além de melhorar a capacidade e o tamanho do trato gastrointestinal, adaptando a porca a volumes maiores da dieta na lactação (QUESNEL *et al.*, 2009). A suplementação com fibra também reduz a duração do parto, o que é benéfico para reduzir o risco de hipóxia fetal e número de leitões mortos (LANGENDIJK; PLUSH, 2019).

Dentre as estratégias utilizada na nutrição de porcas em gestação é a inclusão de fibra dietética (solúvel e insolúvel) no terço final de gestação (WANG *et al.*, 2016). Avaliando inclusão de fibra insolúvel (casca de soja) em dietas de porcas gestantes, Mou *et al.* (2020) observaram menor número de leitões totais e vivos em comparação a dietas ricas em fibra solúvel (polpa de beterraba), apesar de ambas as dietas serem isonutritivas e com proporções iguais de fibra dietética. Também, o uso dessa mesma fibra dietética na dieta de porcas em gestação proporcionou efeitos benéficos para o sistema imunológico materno e o status redox (LIU *et al.*, 2020).

Além do efeito no desempenho produtivo das fêmeas, a inclusão de fibra contribui para a saúde das fêmeas no terço final de gestação, em que a inclusão de fibra em proporções de fibra solúvel e insolúvel iguais reduz as concentrações de colesterol e *low density lipoprotein* – LDL (LI *et al.*, 2021) por meio da produção de AGCC, que inibem a síntese de colesterol e reduzem a resposta inflamatória (JOVANOVSKI *et al.*, 2018).

Matrizes alimentadas com inulina e celulose (alta inclusão de fibra) no final da gestação apresentam maiores concentrações circulantes de estrógeno e hormônio luteinizante – LH (LI *et al.*, 2021), sendo que a concentração de estrógeno circulante e o tamanho da leitegada possuem correlação positiva, além de que maiores concentrações de LH desencadeiam a produção de progesterona, diretamente associada à manutenção da gestação e sobrevivência embrionária (FLOWERS, 2020).

Um dos principais objetivos do programa nutricional de matrizes suínas em lactação é maximizar a produção de leite para o melhor desenvolvimento de sua prole e reduzir as perdas de reserva corporal, para que a fêmea tenha um desempenho subsequente satisfatório (ZANGERONIMO *et al.*, 2013). Um dos desafios de maior destaque durante a lactação é o consumo insuficiente da dieta devido a resistência à insulina em porcas, o que prejudica diretamente o consumo na lactação (MOSNIER *et al.*, 2010) para atender a alta demanda de produção de leite, o que ocasiona alto grau de mobilização de reservas corporais para compensar o *déficit* energético e nutricional (SOBESTIANSKY *et al.*, 1998; SMITS *et al.*, 2011; TANGHE; SMET, 2013).

A redução no consumo voluntário de ração na lactação (ARENTSON-LANTZ *et al.*, 2014), ocasiona maior catabolismo e queda na produção de leite (KIM *et al.*, 2001). Fêmea obesa no momento do parto acarreta dificuldade de parto, aumento da duração deste, maior número de natimortos e aumento de mortalidade por esmagamento dos leitões durante a lactação (HASAN *et al.*, 2019).

Fêmeas em lactação têm sua exigência aumentada devido à produção de leite,

sendo a necessidade de energia de 3.400 kcal/kg de energia metabolizável e 1,12% de lisina digestível (ROSTAGNO *et al.*, 2017).

Considerando a importância da lactação, além dos moduladores nutricionais já utilizados na suinocultura, como a somatotropina (PST) que proporciona aumento no número de leitões e peso ao nascimento (GATFORD *et al.*, 2010), L-carnitina e L-arginina, que modificam a partição de energia e o fluxo de nutrientes ao nível da placenta e tecido (CHE *et al.*, 2013; LINDEMANN; LU, 2018), pode-se incluir ainda outros aditivos durante a lactação, que proporcionem alterações benéficas na microbiota intestinal e seus efeitos sistêmicos no desempenho e saúde da matriz e leitegada, com destaque para os prebióticos (ZHOU *et al.*, 2018).

1.2 MICROBIOTA INTESTINAL DE SUÍNOS

O trato gastrointestinal dos mamíferos apresenta uma comunidade diversificada e complexa de microrganismos, com cerca de 500 a 1.000 espécies, entre protozoários, fungos, vírus e bactérias (ISAACSON; KIM, 2012). As principais funções da microbiota intestinal para seu hospedeiro incluem atividades metabólicas importantes para o crescimento animal (GREEN *et al.*, 2006), maturação do epitélio intestinal (LE BOURGOT *et al.*, 2014), sistema imune (MAZMANIAN; ROUND; KASPER, 2008; SHIN *et al.*, 2019) e funções relacionadas a distúrbios metabólicos (JANSSEN *et al.*, 2015; HASAN *et al.*, 2018).

Em um sequenciamento de DNA para estruturar a comunidade bacteriana predominante em porcas, foram encontrados 245 gêneros, dos quais, os dez gêneros mais abundantes, que representam aproximadamente 74% das sequências, foram *Treponema*, *Oscillibacter*, *Lactobacillus*, *Clostridium*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus*, *Fibrobacter*, *Clostridium*, *Roseburia* e *Ruminococcus* (NIU *et al.*, 2019). No mesmo estudo, foi identificada uma correlação positiva entre bactérias específicas e digestibilidade aparente de nutrientes. A microbiota intestinal pode ser modulada conforme o estado sanitário, composição genética do hospedeiro e a dieta (SOMMER; BÄCKHED, 2013).

A composição da microbiota intestinal em suínos também é passível de ser moldada pela genética do hospedeiro, no qual em um estudo foram apontadas diferenças no gênero de bactérias fecais de três diferentes raças de suínos (PAJARILLO *et al.*, 2014). Porém, a dieta tem sido avaliada como principal modulador da microbiota, visto que a composição microbiana e a dieta co-evoluíram e estão ligadas à melhor absorção e

digestão dos alimentos no TGI, o que justifica que alterações na dieta do hospedeiro resultam em colonização bacteriana metabolicamente adaptável a diferentes substratos fornecidos na dieta (MORAES *et al.*, 2014).

As bactérias gram negativas, como a *Escherichia coli* e *Salmonella*, destacam-se como principais agentes infecciosos na produção de suínos (ALBERTON, 2012). Não apenas causam infecções entéricas, como deprimem o sistema imune, tornando os animais susceptíveis a outras infecções. As diferentes cepas de *Escherichia coli* estão diretamente ligadas a doenças entéricas em leitões nas fases de aleitamento e período pós-desmame, afetando o desempenho e saúde dos animais (FAIRBROTHER *et al.*, 2005).

Os locais de maior colonização das cepas de *E. coli* são o intestino delgado (duodeno) e o grosso (ceco), em que ocorre a adesão das fimbrias à mucosa, causando uma degeneração dos enterócitos devido ao contato com a TIR (Translocated intimin receptor). A TIR é injetada no citoplasma celular, particularmente nos filamentos de actina, levando a um encurtamento das microvilosidades dos enterócitos e a formação de um pedestal no qual a fimbria bacteriana se fixa, ocasionando a perda da capacidade absorptiva do epitélio intestinal (FAIRBROTHER *et al.*, 2005), desenvolvimento de diarreias neonatais e pós-desmame associadas à má absorção de nutrientes e outras infecções oportunistas.

As cepas *E. coli* patogênicas são responsáveis por 70% dos casos de infecção urinária em porcas e a *E. coli* uropatogênica está diretamente ligada às infecções do trato urinário e influenciam negativamente os índices produtivos (PORTO; SILVA, 2005). As infecções do trato urinário são ocasionadas por algumas vias de contaminação, entre elas, a ambiental, no qual as particularidades anatômicas da fêmea contribuem com a contaminação (ALBERTON, 2012). A microbiota do trato urogenital da fêmea suína normal é desprovida de fatores de patogenicidade e sua presença é sempre um fator de proteção contra infecções por outros agentes patogênicos originários das fezes, pele e ambiente (ALBERTON, 2012).

As bactérias ácido-láticas (BAL) são caracterizadas por organismos gram-positivos e estritamente fermentadores de ácido láctico, entre elas, os gêneros de maior destaque são: *Enterococcus*, *Carnobacterium*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Tetragenococcus*, *Oenococcus*, *Vagococcus*, *Streptococcus* e *Weissella* (GARCÍA-HERNÁNDEZ *et al.*, 2016). As BAL desempenham papel importante na fermentação de açúcares, produção de bacteriocinas e peptídeos bacterianos que agem contra bactérias patogênicas no TGI. Uma das funções das BAL é a produção de ácidos

orgânicos com efeito antimicrobiano, como ácido acético, ácido butírico e ácido propiônico. O modo de ação frente a patógenos está na inibição do metabolismo e o desenvolvimento de bactérias patogênicas como *E. coli*. As bacteriocinas são compostos produzidos por ribossomos de bactérias e apresentam atividade bactericida contra um espectro de bactérias estritamente relacionado às espécies produtoras. Os principais mecanismos de ação são a alteração da atividade enzimática, inibição da germinação de esporos e inativação de transportadores aniônicos através da formação de poros seletivos (FERRONATTO *et al.*, 2017).

1.3 ADITIVOS USADOS NA DIETA DE SUÍNOS

O emprego de aditivos na alimentação animal é uma prática mundialmente conhecida e segue normas técnicas rígidas estabelecidas pela legislação internacional de grande referência, como O *Codex Alimentarius*, criado em 1963, pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) (ANVISA, 2016).

No Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabeleceu, em 1974, a Lei 6.198 de 26 de dezembro de 1974, pelas regras dispostas no Decreto nº 6.296/07 para fiscalização de todo produto e estabelecimento destinado a alimentação animal. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e o MAPA, por meio da Instrução Normativa (IN) 13/2004, estabelecem os procedimentos básicos que precisam ser adotados para a avaliação de uso, registro e comercialização de aditivos na alimentação animal. O conceito de aditivos pela IN 13, posteriormente modificada pela IN 15/2009 de 26 de janeiro de 2009, define que:

[...] aditivo destinado a alimentação animal é toda substância, microrganismo ou produto formulado, adicionado intencionalmente ao produto, que não é utilizada normalmente como ingrediente, tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos animais, melhore o desempenho dos animais sadios ou atenda às necessidades nutricionais (MAPA, 2004).

De acordo com a IN 13/04, os aditivos devem “ser utilizados em quantidades estritamente necessárias à obtenção do efeito desejado” e podem ser classificados de acordo com suas funções e propriedades nas seguintes categorias:

- A) **Aditivos tecnológicos:** substância adicionada ao produto destinado à alimentação animal com fins tecnológicos, como: adsorventes, aglomerante, antiaglomerantes, antioxidantes, antiumectantes, conservantes, emulsificantes, estabilizantes, espessantes, gelificantes, entre outros.
- B) **Aditivos sensoriais:** substância adicionada ao produto para melhorar ou modificar propriedades organolépticas, como corantes e pigmentantes, aromatizantes e palatabilizantes.
- C) **Aditivos nutricionais:** substâncias utilizadas para manter ou melhorar propriedades nutricionais do produto, como as vitaminas, oligoelementos ou seus compostos, aminoácidos e seus derivados.
- D) **Aditivos zootécnicos:** substância adicionada para influir positivamente na melhora do desempenho dos animais, como enzimas, equilibradores de flora e melhoradores de desempenho.
- E) **Aditivos anticoccidianos:** substância destinada a eliminar ou inibir protozoários.

Atualmente, a maior preocupação em relação aos melhoradores de crescimento antimicrobianos é a sua inclusão em larga escala nas dietas, para reduzir os prejuízos econômicos da queda de desempenho em períodos críticos, como, por exemplo, o desmame dos suínos (VIEITES *et al.*, 2020).

Desde então, diversas portarias vêm proibindo o uso de antimicrobiano como melhoradores de crescimento, entre eles, nitrofuranos, furazolidonas, cloranfenicol, avoparcina (IN 9 de 27/06/2003), olaquidox como promotor do crescimento (IN 11 de 24/11/2004), colistina (IN 45 de 22/11/2016), tilosina, lincomicina e tiamulina (IN 1 de 13/01/2020).

Destacam-se como novas estratégias o uso de compostos bioativos naturais, como os prebióticos, probióticos, simbióticos, ácidos orgânicos e fitogênicos (STELLA *et al.*, 2020).

Os probióticos, prebióticos e simbióticos são classificados, segundo a IN 13, como aditivos zootécnicos, assim como os melhoradores de crescimento. Como alternativa aos antibióticos devem apresentar modo de ação que proporcionem estabilização da microbiota intestinal normal e influenciem benéficamente os hospedeiros (MAPA, 2004).

Além disso, o uso de probióticos, prebióticos e simbióticos pode potencializar o desenvolvimento da microbiota intestinal benéfica do hospedeiro. Segundo Gibson e

Roberfroid (1995), probióticos são microrganismos vivos que conferem efeito benéfico à saúde do hospedeiro, como modulação da microbiota intestinal, proteção contra invasores patogênicos por meio da estimulação do sistema imunológico, quando administrados em quantidades adequadas. Os principais microrganismos utilizados como probióticos são as bactérias que pertencem aos gêneros *Lactobacillus*, *Bifidumbacterium*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Bacillus* e leveduras.

Pesquisas sobre os efeitos dos probióticos no desempenho reprodutivo de suínos são relativamente limitados. No entanto, alguns estudos mostraram microrganismos probióticos (*Bacillus*, *Lactobacillus* e *Streptococcus*) que melhoraram a qualidade do colostro, qualidade e quantidade do leite, tamanho e vitalidade da leitegada e o peso corporal dos leitões (ALEXOPOULOS *et al.*, 2001; ALEXOPOULOS *et al.*, 2004).

Outra alternativa para a modulação da microbiota intestinal é o uso de prebióticos. Segundo Roberfroid *et al.* (2010), prebióticos são componentes alimentares (carboidratos) não digeríveis no intestino delgado, que estimulam o crescimento seletivo de bactérias benéficas no TGI, entre eles a lactulose, inulina e oligossacarídeos como o fructooligossacarídeo (FOS), mananoligossacarídeos (MOS), pectooligossacarídeo (POS) e xilooligossacarídeo (XOS).

As principais características buscadas em compostos prebióticos são: a) não devem ser metabolizados ou absorvíveis no trato digestório; b) servem como substrato para um grupo ou mais de bactérias intestinais benéficas e estimulam o crescimento e metabolismo destas; c) provocam alteração na microbiota intestinal do hospedeiro, favorecendo a saúde do hospedeiro; e d) promovem efeitos benéficos sistêmicos ao hospedeiro (GIBSON *et al.*, 2004; ROBERFROID, 2007).

De acordo com Silva e Nönberg (2003), o principal modo de ação dos prebióticos é a modulação benéfica da microbiota natural presente no hospedeiro, por meio da especificidade de sua fermentação, estimulando o crescimento e a estabilidade das populações por meio da produção de ácidos orgânicos, em especial, acético e láctico, a produção de substâncias bacteriocinas e enzimáticas que resultam na inibição da proliferação de microrganismos nocivos.

Outro modo de ação bastante elucidado é a exclusão competitiva por sítios de ligação na mucosa, no qual prebióticos específicos com capacidade de adesão no sítio de ligação, ocupam este espaço, antes ocupado por bactérias indesejadas. Tornam, assim, esses sítios indisponíveis, levando à redução da capacidade de fixação de algumas colônias de bactérias patogênicas e, por fim, sua eliminação (GIBSON; ROBERFROID,

1995).

A microbiota colonizada no TGI está diretamente ligada à produção de AGCC, com destaque para bactérias dos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*. As bactérias do gênero *Bifidobacterium* produzem maior concentração de ácido acético no intestino durante o processo de fermentação (HOOPER *et al.*, 2002). No entanto, a inclusão de probióticos e prebióticos como moduladores da microbiota do TGI trazem resultados controversos sobre alterações do padrão de produção de AGCC.

Os prebióticos podem ser polissacarídeos não amiláceos – PNA, oligossacarídeos não digeríveis – ODN (carboidratos que compreendem 2 a 10 monossacarídeos) e fibras dietéticas solúveis e insolúveis. Na nutrição de suínos, os prebióticos OND vêm sendo preferencialmente estudados, entre eles os frutoligossacarídeos (FOS) (BUDIÑO *et al.*, 2013; ALVARENGA, 2019; KIM *et al.*, 2019), β -glucano (ALVARENGA, 2019), galactoligossacarídeos (GOS) (MCDONNELL *et al.*, 2016) e os mananoligossacarídeos (MOS) (ASSIS *et al.*, 2014), visto que bactérias gram-negativas como *Salmonella* e *E. Coli* são incapazes de fermentar os oligossacarídeos e têm seu crescimento reduzido na presença destes produtos.

Positivamente, observa-se que o uso de prebióticos na ração de leitões desmamados tem efeito semelhante ao uso de antibióticos melhoradores de desempenho, (BUDIÑO *et al.*, 2010). O uso de β -glucano melhora o desempenho (MENDES *et al.*, 2010) e os parâmetros pró-inflamatórios de leitões na fase de creche (LI *et al.*, 2005). A suplementação na dieta de oligossacarídeo de alginato modificou a microbiota intestinal e promoveu aumento nas concentrações de acetato, propionato e butirato no conteúdo cecal (WANG *et al.*, 2020).

Por outro lado, outros trabalhos não encontraram efeitos sobre a microbiota intestinal e conteúdo de AGCC quando se usou na dieta de leitões desmamados mistura de diferentes prebióticos, como mananoligossacarídeo, β -glucano, frutoligossacarídeo e galactoligossacarídeo (ALVARENGA, 2019) ou lignina Kraft (FERREIRA *et al.*, 2021).

Em porcas, a inclusão de 5% de inulina (flutooligossacarídeos com alto grau de polimerização), durante todo o período de gestação, melhorou a resistência à insulina e tolerância à glicose materna, fonte de energia para nutrição placentária, alterou o metabolismo lipídico e a produção de AGCC com aumento do ácido propiônico (ZHOU *et al.*, 2018).

De acordo com Duan *et al.* (2016), a suplementação de mananoligossacarídeo (MOS) na concentração de 400 mg/ kg na dieta dos 86 dias de gestação até o desmame

das porcas não afetou o número de leitões vivos e o peso ao nascimento, mas foi suficiente para reduzir o intervalo desmame-estro da fêmea e melhorar o desempenho dos leitões ao desmame.

Em outros estudos, a inclusão de isomaltooligossacarídeo (IMO), na dieta de porcas em gestação, não afetou o número de leitões nascidos totais, vivos e mumificados, nem a espessura toucinho das porcas (GU *et al.*, 2019) e parâmetros de hemograma, exceto para VLDL (lipoproteína de densidade muito baixa) e AGNE (ácido graxo não esterificado) (WU *et al.*, 2020). Por outro lado, o uso de IMO na dieta de porcas do 85º dia de gestação até o fim da lactação reduziu a duração do parto, aumentou o conteúdo de água das fezes e a taxa de trânsito do intestino delgado, reduzindo a ocorrência de constipações (GU *et al.*, 2021), melhorando, assim, o desempenho reprodutivo das porcas.

A suplementação prebiótica durante a gestação e a lactação das porcas também pode estar associada a maior concentração de IgG do colostro, melhorando a imunidade passiva dos leitões (GRAUGNARD *et al.*, 2015). Entretanto, essa melhora não foi observada nas concentrações séricas de IgA e IgG no colostro e IgG, IgA e IgM do leite com a inclusão de mananoligossacarídeo (MOS) na concentração de 400 mg/kg no terço final de gestação de porcas. No entanto, a suplementação foi mais efetiva ao desmame dos leitões, em que as concentrações séricas de IgA e IgG foram maiores, resultando na melhora do crescimento e imunidade da leitegada ao desmame (DUAN *et al.*, 2016).

A suplementação de porcas com MOS dos 86 dias de gestação a 20 dias pós-parto, associada à suplementação dos leitões do 7º ao 35º dia de vida, foi positiva para a redução das concentrações de citocinas pró-inflamatórias IL-2, IL-4 e IFN no soro dos leitões e aumento nas concentrações de citocina anti-inflamatória (IL-10) (DUAN *et al.*, 2019).

Os prebióticos podem ser obtidos da extração de compostos naturais em sementes e raízes de alguns vegetais como a chicória, cebola, alho, alcachofra, aspargo e cevada (SILVA, 2000). Como evidenciado por Chang *et al.* (2021), com a inclusão de ácido 5-aminolevulínico, composto extraído de plantas, foi apresentado efeito na síntese de ferro, composição, diversidade e função da microbiota intestinal de porcas aos 85 dias de gestação até o desmame. Ainda aplicando o sequenciamento de genes, observaram a redução de cepa patogênicas e o aumento a abundância relativa de cepas probióticas (*Streptococcus*). Dessa forma, outras possibilidades de estudos de compostos naturais, compostos secundários de plantas e moléculas bioativas podem ser desenvolvidas, com possível atividade biológica e ação antioxidante e antimicrobiana.

1.4 ESTRESSE OXIDATIVO EM PORCAS

Durante a gestação a alimentação restrita associada ao aumento da demanda de oxigênio e nutrientes para o desenvolvimento fetal no terço final resultam em aumento de 20-30% nas taxas metabólicas em porcas (AGGARWAL; UPADHYAY, 2012). Síndromes metabólicas severas e estresse térmico elevado ocasionam estresse oxidativo (KIM *et al.*, 2013), além de alterações na diversidade e composição bacteriana de porcas (HE *et al.*, 2020). O processo de estresse oxidativo é caracterizado pelo acúmulo de oxigênio ativo, superóxido e peróxido de hidrogênio produzidos pela placenta e glândula mamária durante o período de gestação. A quantidade de espécies reativas de oxigênio (ERO) produzida, excedendo a capacidade de neutralização dos antioxidantes, causa danos oxidativos às proteínas, lipídios e DNA e, eventualmente, destrói a função celular (CADENAS, 1997).

Este excesso de ERO em matrizes suínas aumenta o risco de morte pré-natal, diminuiu o desempenho reprodutivo, como número total de nascidos, número de nascidos vivos e ganho de peso da leitegada (WHANG *et al.*, 2020), além de redução no consumo de ração das porcas durante a lactação. Isto leva a um balanço energético negativo prolongado, maior perda da condição corporal e redução da produção de leite (ALBERA; KANKOFER, 2010; KIM *et al.*, 2013).

Para eliminar o excesso de radicais livres, o sistema antioxidante apresenta dois mecanismos de defesa, sendo o sistema enzimático e não-enzimático. O sistema antioxidante enzimático inclui as enzimas superóxido dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GSH-Px) e catalase (CAT), que atuam como detoxificadoras do agente antes que ele cause a lesão. O sistema antioxidante não-enzimático é representado pelo ácido ascórbico (vitamina C), α -tocoferol (vitamina E), glutathione (GSH), entre outros, e tem a função de reparar a lesão já ocorrida (CADENAS, 1997).

A aplicação de estratégias nutricionais pode reduzir os efeitos do estresse oxidativo, assim como a modificação da microbiota intestinal, por estar diretamente interligada à capacidade antioxidante e à função imunológica de porcas no final da gestação (HAYAKAWA *et al.*, 2016).

A suplementação 1,6% de inulina (uma fibra solúvel) na ração das porcas de 80 a 109 dias de gestação proporcionou aumento na capacidade antioxidante total do soro (T-AOC), superóxido dismutase total (T-SOD) e atividades de GSH-Px das porcas,

melhorando o estado oxidativo (LI *et al.*, 2020).

A inclusão de prebióticos no terço final da gestação pode contribuir para a melhora na capacidade de defesa antioxidante de porcas. Xie *et al.* (2016) observaram melhora no desempenho reprodutivo de porcas com a suplementação de oligossacarídeo de quitosana na dieta durante o final da gestação. Em resposta, aumentou a capacidade de defesa antioxidante da placenta durante o fim da gestação e da leitegada.

1.5 LIGNINA KRAFT NA DIETA DE SUÍNOS

Os compostos naturais secundários de plantas como saponinas, taninos e polifenóis vêm sendo avaliados como alternativas ao uso de antibióticos como melhoradores de desempenho, devido à sua capacidade antimicrobiana natural (HOSTETTMANN *et al.*, 1996; HERPIN; CHEEKE, 2004; HAUPTLI; LOVATTO, 2006; MUELLER-HARVEY, 2010).

A lignina é um polímero aromático composto por unidades de 4-fenilpropano, sua estrutura complexa decorre da grande diversidade, quando se passa de uma espécie vegetal para outra ou, até mesmo, dentro da mesma espécie e quando são analisadas partes diferentes do vegetal, sendo que madeiras de fibras longas (coníferas) apresentam 25 a 33% da biomassa seca de lignina e madeiras de fibras curtas (folhosas) e gramíneas com 18 e 34% lignina. As diferenças na constituição dessas substâncias são devidas, principalmente, às diferenças de fatores ambientais como temperatura, intensidade de luz, disponibilidade de água e latitude, além do tempo de colheita e armazenamento (SALIBA *et al.*, 2001).

A lignina está presente na parede celular de plantas e árvores, confere suporte estrutural, impermeabilidade e resistência contra pragas e doenças (VANCE *et al.*, 1980) e atua como componente essencial da madeira, promovendo o fortalecimento da parede celular e facilitando o transporte de água (HATFIELD; VERMERRIS, 2001). A lignina extraída da madeira apresenta 11 fragmentos fenólicos (ZEMEK *et al.*, 1979), sendo o cumárico, ferúlico, eugenol, isoeugenol e siringaldeído como principais.

No entanto, diferentes meios extração da celulose produzem diferentes fragmentos de lignina. No processo de extração sulfúrico, o ácido sulfúrico é usado para converter a lignina em lignossulfonatos. O processo de extração Kraft, que usa hidróxido de sódio e sulfeto de sódio para extrair lignina da celulose das fibras da madeira, produzindo assim fragmentos de lignina purificada (CHEN *et al.*, 2020).

Portanto, a lignina Kraft apresenta efeitos biológicos que diferem da lignina nativa. Por esse motivo, a lignina Kraft não representa uma barreira para digestão de nutrientes para animais monogástricos e ruminantes, pois durante o processo Kraft, o pré-tratamento da madeira com hidróxido de sódio e sulfeto de sódio quebra a ligação alfa-0-4 e beta 0-4 da sua macroestrutura, liberando unidades de fenilpropano com compostos fenólicos de baixo peso molecular (125 a 155 g / mol). Ainda durante a extração da lignina da madeira, o ácido pirolenhoso é liberado. Este ácido é conhecido por atividade antimicrobiana contra vários microrganismos, além de atividade antioxidante (UGARTONDO *et al.*, 2008; DONG *et al.*, 2011; MA *et al.*, 2013).

Os compostos fenólicos liberados na polpação da madeira são bem conhecidos como substâncias fungitóxicas, antibacterianas e antiviróticas (SHAHIDI; AMBIGAIPALAN, 2015). Os mais importantes e com atividade biológica são o guaiacol e siringol. Diversas finalidades são descritas em literatura, como propriedades analgésicas (PARKE *et al.*, 2009); antioxidante (ANOUAR *et al.*, 2009; AYYACHAMY *et al.*, 2013) e antimicrobiana (LI; GE, 2012).

O mecanismo proposto por Fujisawa *et al.* (2002) pressupõe que a ação do guaiacol está baseada na transferência de H^+ do grupo fenólico OH, em que o guaiacol reage com o H_2O_2 e as peroxidases, regando novos produtos. As propriedades antimicrobianas dos compostos fenólicos da lignina conferem durabilidade natural de muitas espécies de madeira e está relacionada à potencial toxicidade para microrganismos degradadores. Os compostos fenólicos são utilizados como conservantes de alimentos e atuam na inibição do crescimento microbiano (DAVIDSON; BRANEN, 1981), possibilitando potencial em melhorar a saúde intestinal em animais.

Zemek *et al.* (1979), em um dos primeiros estudos *in vitro*, mostraram que os componentes fenólicos da lignina foram capazes de inibir crescimento de microrganismos como *Escherichia coli*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus licheniformis* e *Aspergillus niger*.

Apesar da variação na concentração inibitória mínima, devido a diferentes fragmentos fenólicos presentes, a eficiência da lignina purificada já mostrou resultados positivos na redução das concentrações de ácidos graxos voláteis no ceco e no intestino grosso de frangos (RICKE *et al.*, 1982), propriedades antibacterianas contra os microrganismos *E. coli* e *Pseudomonas* em camundongos (OH-HARA *et al.*, 1990) e propriedades antitumorais em camundongos (SAKAGAMI *et al.*, 1991).

Em outras espécies de animais, Phillip *et al.* (2000) mostraram melhor ganho de peso corporal de bezerros da raça Holandesa, quando alimentados com lignina Alcell na dieta. Em gansos, a suplementação de lignina purificada a partir de fibras vegetais melhorou o ganho de peso diário, mas com efeito negativo na eficiência alimentar (YU *et al.*, 1998). Os autores atribuíram esse efeito a uma taxa mais rápida de passagem da digesta pelo TGI, afetando diretamente o desempenho animal.

Em frangos de corte, a inclusão de 12,5g/ kg MS na dieta de lignina purificada da extração Alcell mostrou maiores concentrações intestinais de Lactobacilos e Bifidobactérias (BAURHOO; PHILLIP; RUIZ-FERIA, 2007a), porém, em nível mais elevado (25 g/kg de MS) de lignina na dieta, inibiu o crescimento destas bactérias (BAURHOO *et al.*, 2007b).

Os prebióticos também podem desempenhar papéis importantes na melhoria da morfologia intestinal. A altura de vilosidades é geralmente correlacionada com melhor saúde intestinal e maior eficiência de digestão e absorção. Em frangos de corte, o uso da lignina na dieta aumentou a altura das vilosidades e o número de células caliciformes (BAURHOO; PHILLIP; RUIZ-FERIA, 2007a).

Valencia e Chavez (1997) mostraram que a inclusão de 1,25% lignina purificada na dieta de leitões desmamados não afetou o desempenho, mas reduziu o nível plasmático de triglicerídeos, demonstrando a propriedade hipolipêmica, quando fornecida a leitões desmamados. No entanto, Ferreira *et al.* (2021) observaram resultados semelhantes à adição de antimicrobianos no desempenho de leitões desmamados com a inclusão de 0,5 % de lignina Kraft na dieta. Esses achados sugerem que diferenças nas concentrações de lignina, bem como nas espécies animais, podem contribuir para as respostas encontradas sobre a inclusão de lignina na nutrição animal.

A natureza fenólica contida na lignina Kraft frente à oxidação levou a estudos sobre a capacidade da lignina em sequestrar radicais livres e, consequentemente, de estabilizar as reações induzidas por oxigênio e ERO (DIZHBITE *et al.*, 2004; UGARTONDO *et al.*, 2009), além de promover a função de proteção da molécula de DNA (MARTÍNEZ *et al.*, 2012). Apesar do uso de prebióticos ser comum na dieta de suínos, os efeitos da inclusão de lignina na dieta de leitões ainda são variáveis e nas dietas de porcas em gestação e lactação ainda não foi descrita em literatura, assim como a melhora na atividade antioxidante.

Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos dos teores de lignina Kraft na dieta de matrizes suínas gestantes e lactantes sobre o seu desempenho e da

leitegada, digestibilidade aparente dos nutrientes da ração, composição do colostro e leite, quantificação microbiológica das fezes, concentração de ácidos graxos de cadeia curta nas fezes, perfil hematológico, concentração de bioquímico séricos e atividade enzimática antioxidante do soro.

REFERÊNCIAS

AGGARWAL, A.; UPADHYAY, R. Heat stress and animal productivity. **Springer Science & Business Media**, v. 188, 2012.

ALBERA, E.; KANKOFER, M. Antioxidants in colostrum and milk of sows and cows. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 44, n. 4, p. 606-611, 2010.

ALBERTON, G. C.; SOBESTIANSKY, J.; DONIN, D. G. Infecção urinária em fêmeas em produção. In: SOBESTIANSKY, Y; BARCELLOS, D. **Doenças dos Suínos**. 2. ed. Goiânia: [s.n.], p 179 -184. 2012.

ALEXOPOULOS, C.; KARAGIANNIDIS, A.; KRITAS, S. K. Field evaluation of a bioregulator containing live bacillus cereus spores on health status and performance of sows and their litters. **Journal of Veterinary Medicine**, v. 48, n. 3, p. 137-145, 2001.

ALEXOPOULOS, C.; GEORGOULAKIS, I. E.; TZIVARA, A.; KRITAS, S. K.; SIOCHU, A.; KYRIAKIS, S. C. Field evaluation of the efficacy of a probiotic containing *Bacillus licheniformis* and *Bacillus subtilis* spores, on the health status and performance of sows and their litters. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 88, n. 11-12, p. 381-392, 2004.

ALVARENGA, P. V. A. **Prebióticos em substituição à antimicrobiano em dietas de leitões recém-desmamados**. 98f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus Botucatu, Botucatu, 2019.

ANOUAR, E.; CALLISTE, C. A.; KOSINOVA, P.; DI MEO, F.; DUROUX, J. L.; CHAMPAVIER, Y.; TROUILLAS, P. Free radical scavenging properties of guaiaicol oligomers: A combined experimental and quantum study of the guaiacyl-moiety role. **The Journal of Physical Chemistry**, v. 113, n. 50, p. 13881-13891, 2009.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Codex Alimentarius**. 2016. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/388701/Codex+Alimentarius/10d276cf-99d0-47c1-80a5-14de564aa6d3>. Acesso em: 10 mai. 2021.

ARENTSON-LANTZ, E. J.; BUHMAN, K. K.; AJUWON, K.; DONKIN, S. S. Excess pregnancy weight gain leads to early indications of metabolic syndrome in a swine model of fetal programming. **Nutrition research**, v. 34, n. 3, p. 241-249, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS. **Produção de Suínos, Teoria e Prática**. Brasília, 2014.

ASSIS, S. D.; LUNA, U. V.; JUNIOR, J. G. C.; CORREA, G. S. S.; CORREA, A. B.; BRUSAMARELO, E. Desempenho e características morfo- intestinais de leitões desmamados alimentados com dietas contendo associações de mananoligossacarídeos. **Arquivos de Ciências Veterinárias**, v. 19, n. 4, p. 33-41, 2014.

AYYACHAMY, M.; CLIFFE, F. E.; COYNE, J. M.; COLLIER, J.; TUOHY, M. G. Lignin: untapped biopolymers in biomass conversion technologies. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v. 3, n. 3, p. 255–269, 2013.

BASINI, G.; BUSSOLATI, S.; GROLLI, S.; RAMONI, R.; CONTI, V.; QUINTAVALLA, F.; GRASSELLI, F. Platelets are involved in in vitro swine granulosa cell luteinization and angiogenesis. **Animal reproduction science**, v. 188, p. 51-56, 2018.

BAURHOO, B.; PHILLIP, L.; RUIZ-FERIA, C. A. Effects of purified lignin and mannan oligosaccharides on intestinal integrity and microbial populations in the ceca and litter of broiler chickens. **Poultry science**, v. 86, n. 6, p. 1070-1078, 2007a.

BAURHOO, B.; LETELLIER, A.; ZHAO, X.; RUIZ-FERIA, C. A. Cecal populations of lactobacilli and bifidobacterial and Escherichia coli populations after in vivo Escherichia coli challenge in birds fed diets with purified lignin or mannanoligosaccharides. **Poultry Science**, v. 86, n. 12, p. 2509-2516, 2007b.

BEZERRA, H. V. A. **Lignina purificada na dieta de ruminantes: impacto no desempenho e saúde de ovinos**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

BEZERRA, H. V. A.; GALLO, S. B.; ROSA, A. F.; FERNANDES, A. C.; E SILVA, S. D. L.; LEME, P. R. Impact of purified lignin on performance, rumen health, oxidative stress control and meat quality of lambs fed a high-concentrate diet. **Livestock Science**, v. 231, p. 103882, 2020.

BUDIÑO, F. E. L.; CASTRO JÚNIOR, F. G.; OTSUK, I. P. Adição de frutoligossacarídeo em dietas para leitões desmamados: desempenho, incidência de diarreia e metabolismo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 2187-2193, 2010.

BUDIÑO, F. E.; PREZZI, J.; RODRIGUES, D.; MONFERDINI, R.; MIYASHIRO, S.; OTSUK, I. Adição de frutooligossacarídeo e feno de alfafa à dieta de leitões desmamados sobre a microbiota e a morfologia do intestino delgado. **Boletim de Indústria Animal**, v. 70, n. 1, p. 1-9, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Instrução normativa Nº13 2004**. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=133040692>. Acesso em: 15 mai. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Lista de substâncias proibidas e legislação correspondente**. 2017. Disponível em:

<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumosagropecuarios/insumospecuarios/arquiv-osde-insumos-pecuarios/Substanciasproibidas.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2021.

BRITO NETO, E. P.; DOS REIS, E. P.; PENITENTE-FILHO, J. M.; MONTES, J. C.; COSTA, K. A.; TEIXEIRA, S. A.; GUIMARÃES, S. E. F. Expression of apoptosis and myogenesis related genes during prenatal life in two divergent breeds of pigs. **Theriogenology**, v. 145, p. 67-76, 2020.

CADENAS, E. Basic mechanisms of antioxidant activity. **Bio factors**, v. 6, p. 391-397, 1997.

CHANG, M.; LI, M.; LI, M.; XIE, Y.; LI, Y.; YANG, W.; GAO, Z. Changes of gut microbiota in pregnant sows induced by 5-Aminolevulinic acid. **Research in Veterinary Science**, v. 136, p. 57-65, 2021.

CHAVES, R. F. **Suplementação de L-carnitina na ração de matrizes suínas nulíparas e primíparas**. 43f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

CHE, L.; YANG, P.; FANG, Z.; LIN, Y.; WU, D. Effects of dietary arginine supplementation on reproductive performance and immunity of sows. **Czech Journal of Animal Science**, v. 58, n. 4, p. 167-175, 2013.

CHEN, J.; FAN, X. L.; ZHANG, L. D.; CHEN, X. J.; SUN, S. L.; SUN, R. C. Research progress in lignin-based slow/controlled release fertilizer. **Chem Sus Chem.**, v. 13, n. 17, p. 4356-4366, 2020.

CHENG, L. K.; WANG, L. X.; XU, Q. S.; HUANG, L. J.; ZHOU, D. S.; LI, Z. Chito oligosaccharide supplementation improves the reproductive performance and milk composition of sows. **Livestock Science**, v. 174, p. 74-81, 2015.

DAVIDSON, P. M.; BRANDEN, A. L. Antimicrobial activity of non-halogenated phenolic compounds. **Journal of Food Protection**, v. 44, n. 8, p. 623-632, 1981.

DIZHBITE, T.; TELYSHEVA, G.; JURKJANE, V.; VIESTURS, U. Characterization of the radical scavenging activity of lignin's: natural antioxidants. **Bioresource Technology**, v. 95, n. 3, p. 309-317, 2004.

DUAN, X.D.; CHEN, D.W.; ZHENG, P.; TIAN, G.; WANG, J.P.; MAO, X.B.; YU, J.; HE, J.; LI, B.; HUANG, Z.Q.; AO, Z.G.; YU, B. Effects of dietary mannan oligosaccharide supplementation on performance and immune response of sows and their offspring. **Animal Feed Science and Technology**, v. 218, p. 17-25, 2016.

DUAN, X.; TIAN, G.; CHEN, D.; HUANG, L.; ZHANG, D.; ZHENG, P.; MAO, X.; YU, J.; HE, J.; HUANG, Z. Mannan oligosaccharide supplementation in diets of sow and (or) their offspring improved immunity and regulated intestinal bacteria in piglet. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 11, p. 4548-4556, 2019.

DONG, X.; DONG, M.; LU, Y.; TURLEY, A.; JIN, T.; WU, C. Antimicrobial and antioxidant activities of lignin from residue of corn stover to ethanol production. **Industrial Crops and Products**, v. 34, n. 3, p. 1629-1634, 2011.

FAIRBROTHER, J. M.; NADEAU, É.; GYLES, C. L. Escherichia coli in postweaning diarrhea in pigs: an update on bacterial types, pathogenesis, and prevention strategies. **Animal health research reviews**, v. 6, n. 1, p. 17, 2005.

FERREIRA, S. L. **Inclusão de lignina na dieta de leitões desmamados**. 27f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus Botucatu, Botucatu, 2020.

FERREIRA, S. L.; ALVARENGA, P. V. A.; OLIVEIRA, G. F.; MELO, B. C. P.; SILVA, L. G. R.; RAMOS, D. R. A.; TSE, M. L. P. **Lignina Kraft na dieta sobre o desempenho e incidência de diarreia de leitões desmamados**. In: 19º Seminário Técnico Científico de Aves, Suínos e Peixes 5º Congresso de Zootecnia de Precisão, 2021.

FERRONATTO, J. A.; HEINEMANN, M. B.; LIBERA, A. M. M. P. D.; VLIEGHER, S.; PIEPERS, S.; VISSCHER, A.; SOUZA, M. R.; CERQUEIRA, M. M. O. P.; SOUZA, F. N. Estudo da inibição do crescimento dos principais patógenos causadores de mastite por isolados de estafilococos coagulase -negativas e bactérias ácido lácticas. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 15, n. Supl 2, p. 5-6, 2017.

FOXCROFT, G. Prenatal programming of variation in post-natal performance – how and when? **Advances in Pork Production**, Edmonton, v. 18, p. 167-189, 2017.

FUJISAWA, S.; ATSUMI, T.; KADOMA, Y.; SAKAGAMI, H. Antioxidant and prooxidant action of eugenol-related compounds and their cytotoxicity. **Toxicology**, v. 177, n. 1, p. 39-54, 2002.

FLORES, J. A. R.; IBARGÜENGOYTIA, J. A. C.; MEJÍA-GUADARRAMA, C. A. Manejo y alimentación de la cerda en lactación. In: MEJÍA-GUADARRAMA, C. A., IBARGÜENGOYTIA, J. A. C.; FLORES, J. A. R.; VARELA, D. B.; LANDIN, G. M.; ROSALES, S. G. (Eds.). **Alimentación del trato reproductor porcino**. Coyoacán: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, agrícolas y Pecuarias, 2007. p. 91-117.

FLOWERS, W. L. Reproductive management of swine. **Animal Agriculture**, Academic Press, p. 283-297, 2020.

GARCÍA-HERNÁNDEZ, Y.; PÉREZ-SÁNCHEZ, T.; BOUCOURT, R.; BALCÁZAR, J. L.; NICOLI, J. R.; MOREIRA-SILVA, J.; HALAIHEL, N. Isolation, characterization and evaluation of probiotic lactic acid bacteria for potential use in animal production. **Research in Veterinary Science**, v. 108, p. 125-132, 2016.

GATFORD, K. L.; SMITS, R. J.; COLLINS, C. L.; ARGENT, C.; DE BLASIO, M. J.; ROBERTS, C. T.; OWENS, J. A. Maternal responses to daily maternal porcine somatotropin injections during early mid pregnancy or early late pregnancy in sows and gilts. **Journal of animal science**, v. 88, n. 4, p. 1365-1378, 2010.

GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, v. 125, n. 6, p. 1401–1412, 1995.

GIBSON, G. R.; PROBERT, H. M.; VAN LOO, J.; RASTALL, R. A.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. **Nutrition research reviews**, v. 17, n. 2, p. 259-275, 2004.

GU, X. L.; SONG, Z. H.; LI, H. Effects of dietary isomaltooligosaccharide and *Bacillus* spp. supplementation during perinatal period on lactational performance, blood metabolites, and milk composition of sows. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 13, p. 5646-5653, 2019.

GU, X.; CHEN, J.; LI, H.; SONG, Z.; CHANG, L.; HE, X.; FAN, Z. Isomaltooligosaccharide and *Bacillus* regulate the duration of farrowing and weaning-estrous interval in sows during the perinatal period by changing the gut microbiota of sows. **Animal Nutrition**, v. 7, n. 1, p. 72-83, 2021.

GRAUGNARD, D. E.; SAMUEL, R. S.; XIAO, R.; SPANGLER, L. F.; BRENNAN, K. M. Intestinal gene expression profiles of piglets benefit from maternal supplementation with a yeast mannan-rich fraction during gestation and lactation. **Animal**, v. 9, n. 4, 2015.

GREEN, G. L. BROSTOFF, J.; HUDSPITH, B.; MICHAEL, M.; MYLONAKI, M.; RAYMENT, N.; BRUCE, K. D. Molecular characterization of the bacteria adherent to human colorectal mucosa. **Journal of Applied Microbiology**, v. 100, n. 3, p. 460-469, 2006.

HAUPTLI, L. E.; LOVATTO, P. A. Alimentação de porcas gestantes e lactantes com dietas contendo saponinas. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, 2006.

HASAN, S.; JUNNIKKALA, S.; PELTONIEMI, O.; PAULIN, L.; LYYSKI, A.; VUORENMAA, J.; OLIVIERO, C. Dietary supplementation with yeast hydrolysate in pregnancy influences colostrum yield and gut microbiota of sows and piglets after birth. **PLoS one**, v. 13, n. 5, p. e0197586, 2018.

HASAN, S.; ORRO, T.; VALROS, A.; JUNNIKKALA, S.; PELTONIEMI, O.; OLIVIERO, C. Factors affecting sow colostrum yield and composition, and their impact on piglet growth and health. **Livestock Science**, v. 227, p. 60-67, 2019.

HATFIELD, R.; VERMERRIS, W. Lignin formation in plants. The dilemma of linkage specificity. **Plant Physiology**, v. 126, n. 4, p. 1351-1357, 2001.

HAYAKAWA, T.; MASUDA, T.; KUROSAWA, D.; TSUKAHARA, T. Dietary administration of probiotics to sows and/or their neonates improves the reproductive performance, incidence of post-weaning diarrhea and histopathological parameters in the intestine of weaned piglets. **Animal Science Journal**, v. 87, n. 12, p. 1501-1510, 2016.

HE, J.; ZHENG, W.; TAO, C.; GUO, H.; XUE, Y.; ZHAO, R.; YAO, W. Heat stress during late gestation disrupts maternal microbial transmission with altered offspring's gut microbial colonization and serum metabolites in a pig model. **Environmental Pollution**, v. 266, p. 115-111, 2020.

HERPIN, P.; VINCENT, A.; CHEEKE, P. R. Effect of feeding *Yucca schidigera* (DK Powder) to the sow on piglet blood oxygenation and survival. **Proceedings-American Society of Animal Science Western Section**, v. 55, p. 145-150, 2004.

HONG, J.; FANG, L. H.; JEONG, J. H.; KIM, Y. Y. Effect of feeding *Yucca schidigera* (DK Powder) to the sow on piglet blood oxygenation and survival. **Animals**, v. 10, p. 1313, 2020.

HOOPER, L. V.; MIDTVEDT, T.; GORDON, J. I.; HOOPER, L. V.; MIDTVEDT, T.; GORDON, J. I. How host-microbial interactions shape the nutrient environment of the mammalian intestine. **Annual review of nutrition**, v. 22, n. 1, p. 283-307, 2002.

HOSTETTMANN, K.; MARSTON, A.; MAILLARD, M.; WOLFENDER, J. L. Search for molluscicidal and antifungal saponins from tropical plants. **Saponins used in traditional and modern medicine**, p. 117-128, 1996.

ISAACSON, R.; KIM, H. B. The intestinal microbiome of the pig. **Animal Health Research Reviews**, v. 13, n. 1, p. 100, 2012.

JANSSEN, W. F.; KERSTEN, S. The role of the gut microbiota in metabolic health. **The FASEB Journal**, v. 29, n. 8, p. 3111-3123, 2015.

Jl, F.; HURLEY, W. L.; KIM, S. W. Characterization of mammary gland development in pregnant gilts. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 3, p. 579-587, 2006.

JOVANOVSKI, E.; YASHPAL, S.; KOMISHON, A.; ZURBAU, A.; BLANCO MEJIA, S.; HO, H. V. T.; LI, D.; SIEVENPIPER, J.; DUVNJAK, L.; VUKSAN, V. Effect of psyllium (*Plantago ovata*) fiber on LDL cholesterol and alternative lipid targets, non-HDL cholesterol and apolipoprotein B: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 108, n. 5, p. 922-932, 2018.

KIM, S. W.; BAKER, D. H.; EASTER, R. A. Dynamic ideal protein and limiting amino acids for lactating sows: the impact of amino acid mobilization. **Journal of animal science**, v. 79, n. 9, p. 2356-2366, 2001.

KIM, S. W.; WEAVER, A. C.; SHEN, Y. B.; ZHAO, Y. Improving efficiency of sow productivity: nutrition and health. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 4, n. 1, p. 1-8, 2013.

KIM, J. M.; LIM, K. S.; KO, K. B.; RYU, Y. C. Estimation of pork quality in live pigs using biopsied muscle fiber number composition. **Meat Science**, v. 137, p. 130-133, 2018.

KIM, K.; EHRLICH, A.; PERNG, V.; CHASE, J. A.; RAYBOULD, H.; LI, X.; LIU, Y. Algae-derived β -glucan improved the intestinal health and immune responses of experimentally weaned pigs infected with a pathogenic *E. coli*. **Science and technology of animal feed**, v. 248, p. 114-125, 2019.

KOKETSU, Y.; TANI, S.; IIDA, R. Factors for improving reproductive performance of sows and herd productivity in commercial breeding herds. **Porcino Heath management**, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2017.

KROGH, U.; FARMER, C.; HUBER, L. A.; THEIL, P. K.; TROTTIER, N. L. Impact of arginine supplementation on serum prolactin and mRNA abundance of amino acid transporter genes in mammary tissue of lactating sows. **Journal of Animal Science**, v. 1, n. 11, p. 98, 2020.

LANGENDIJK P.; PLUSH K. Parturition and Its Relationship with Stillbirths and Asphyxiated Piglets. **Animals (Basel)**, v. 9, n. 11, p. 885, 2019.

LE BOURGOT, C.; FERRET-BERNARD, S.; LE NORMAND, L. Maternal short-chain fructooligosaccharides supplementation influences intestinal immune system maturation in piglets. **PLoS one**, v. 9, 2014.

LI, J.; XING, J.; LI, D. D.; WANG, X.; ZHAO, L.; LV, S.; HUANG, D. Effects of β -glucan extracted from *Saccharomyces cerevisiae* on humoral and cellular immunity in weaned piglets. **Archives of Animal Nutrition**, v. 59, n. 5, p. 303-313, 2005.

LI, J.; TAN, B.; MAI, K. Dietary probiotic *Bacillus OJ* and Isomaltooligosaccharide influence the intestine microbial populations, immune responses and resistance to white spot syndrome virus in shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture**, v. 291, n. 1-2, p. 35-40, 2009.

LI, Z., GE, Y. Antioxidant activities of lignin extracted from sugarcane bagasse via different chemical procedures. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 51, n. 5, p. 1116–1120, 2012.

LI, W.; WANG, K.; SUN, Y.; YE, H.; HU, B.; ZENG, X. Influences of structures of galactooligosaccharides and fructooligosaccharides on the fermentation in vitro by human intestinal microbiota. **Journal of Functional Foods**, v. 13, p. 158-168, 2015.

LI, H., LIU, Z., LYU, H., GU, X., SONG, Z., HE, X.; FAN, Z. Effects of dietary inulin during late gestation on sow physiology, farrowing duration and piglet performance. **Animal Reproduction Science**, v. 219, p. 106531, 2020.

LI, Y.; HE, J.; ZHANG, L.; LIU, H.; CAO, M.; LIN, Y.; WU, D. Effects of dietary fiber supplementation in gestation diets on sow performance, physiology and milk composition for successive three parities. **Animal Feed Science and Technology**, v. 276, p. 114945, 2021.

LINDEMANN, M. D.; LU, N. Use of Chromium as an animal feed. In: VICENT, J. (Ed.). **The Nutritional Biochemistry of Chromium (III)**. 2 ed. Amsterdam: Elsevier, 2018. p. 79-128.

LIU, Y.; CHEN, N.; LI, D.; LI, H.; FANG, Z.; LIN, Y.; XU, S.; FENG, B.; ZHUO, Y.; WU, D.; THEIL, P. K.; CHE, L. Effects of dietary soluble or insoluble fiber intake in late gestation on litter performance, milk composition, immune function, and redox status of sows around parturition. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 10, p. 303, 2020.

LIU, P.; WANG, Y.; YANG, G.; ZHANG, Q.; MENG, L.; XIN, Y.; JIANG, X. The role of short-chain fatty acids in intestinal barrier function, inflammation, oxidative stress, and colonic carcinogenesis. **Pharmacological Research**, p. 105420, 2021.

MA, P. U.; GAO, Y. A.; ZHAI, H. Fractionated wheat straw lignin and its application as antioxidant. **Bioresources**, v. 8, n. 4, p. 5581-5595, 2013.

MARTÍNEZ, V.; MITJANS, M.; VINARDELL, M. Pharmacological applications of lignins and lignins related compounds: an overview. **Current Organic Chemistry**, v. 16, n. 16, p. 1863-1870, 2012.

MAZMANIAN, S. K.; ROUND, J. L.; KASPER, D. L. A microbial symbiosis factor prevents intestinal inflammatory disease. **Nature**, v. 453, n. 7195, p. 620-625, 2008.

MENDES, C. B. S.; FONTES, D. O.; GUEDES, R. M. C.; SILVA, F. C. O.; SILVA, M. A.; OLIVEIRA, J. S. V.; FERNANDES, I. S.; FONTES, F. A. P. V. Suplementação de betaglucano a dietas de leitões de 21 a 60 dias de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 3, p. 696-705, 2010.

MORAES, A. C. F. D.; SILVA, I. T. D.; ALMEIDA-PITITTO, B. D.; FERREIRA, S. R. G. Intestinal microbiota and cardiometabolic risk: mechanisms and diet modulationn. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 58, p. 317-327, 2014.

MOU, D.; LI, S.; YAN, C.; ZHANG, Q.; LI, J.; WU, Q.; QIU, P.; HE, Y.; LI, Y.; LIU, H.; JIANG, X.; ZHAO, X.; ZHUO, Y. G.; FENG, B.; LIN, Y.; FANG, Z.; XU, S.; LI, J.; CHE, L.; WU, D. Dietary fiber sources for gestation sows: evaluations based on combined in vitro and in vivo methodology. **Animal Feed Science and Technology**, v. 269, 2020.

MOSNIER, E.; FLOC'H, N. L.; ETIENNE, M.; RAMAEKERS, P.; SÈVE, B.; PÈRE, M. C. Reduced feed intake of lactating primiparous sows is associated with increased insulin resistance during the peripartum period and is not modified through supplementation with dietary tryptophan. **Journal of Animal Science**, v. 88, n.2, p. 612, 2010.

MUELLER-HARVEY, I. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 13, p. 2010-2037, 2010.

MCDONNELL, M. J.; BOUWHUIS, M. A.; SWEENEY, T.; O'SHEA, C. J.; O'DOHERTY, J. V. Effects of dietary supplementation of galactooligosaccharides and seaweed-derived polysaccharides on an experimental Salmonella Typhimurium challenge in pigs1. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. suppl_3, p. 153-156, 2016.

NIU, Q.; LI, P.; HAO, S.; KIM, S. W.; DU, T.; HUA, J.; HUANG, R. Characteristics of Gut Microbiota in Sows and Their Relationship with Apparent Nutrient Digestibility. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 18, n. 4, p. 870, 2019.

NUNTAPAITOON, M.; MUNS, R.; THEIL, P. K.; TUMMARUK, P. L-arginine supplementation in sow diet during late gestation decrease stillborn piglet, increase piglet birth weight and increase immunoglobulin G concentration in colostrum. **Theriogenology**, v. 121, p. 27-34, 2018.

NUNTAPAITOON, M.; MUNS, R.; THEIL, P. K.; TUMMARUK, P. Factors influencing colostrum consumption by piglets and their relationship with survival and growth in tropical climates. **Livestock Science**, v. 224, p. 31-39, 2019.

OH-HARA, T.; SAKAGAMI, H.; KAWAZOE, Y.; MOMOI, T.; KAIYA, T.; KOHDA, K.; KONNO, K. Lignified materials as potential medicinal resources. II. Prevention of pathogenic bacterial infections in mice. **In vivo (Athens, Greece)**, v. 4, n. 4, p. 221, 1990.

PAJARILLO, E. A. B.; CHAE, J. P.; BALOLONG, M. P. Pyrosequencing-based analysis of fecal microbial communities in three purebred pig lines. **Journal of Microbiology**, v. 52, n. 8, p. 646-651, 2014.

PARK, C. K.; KIM, K.; JUNG, S. J.; KIM, M. J.; AHN, D. K.; HONG, S. D.; KIM, J. S.; OH, S. B. Molecular mechanism for local anesthetic action of eugenol in the rat trigeminal system. **Pain**, v. 144, n. 1-2, p. 84-94, 2009.

PEREIRA, L. P.; HILGEMBERG, J. O.; MASS, A. P. H.; LEHNEN, C. R. Implications of nutritional modulators in productive performance of pregnant and lactating sows. **Livestock Science**, v. 232, p. 103919, 2020.

PORTO, W. J. N.; SILVA, L. B. G. Utilização indiscriminada de antimicrobianos e sua contribuição à multirresistência bacteriana. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 42, n. 6, p. 465-470, 2005.

PHILLIP, L. E.; IDZIAK, E. S.; KUBOW, S. The potential use of lignin in animal nutrition, and in modifying microbial ecology of the gut. **Proc 45th East Nutr Conf.**, p. 13-14, 2000.

PRUNIER, A.; QUESNEL, H. Nutritional influences on the hormonal control of reproduction in female pigs. **Livestock Production Science**, v. 63, n.1, p. 1-16, 2000.

QUESNEL, H.; MEUNIER-SALAÜN, M. C.; HAMARD, A.; GUILLEMET, R.; ETIENNE, M.; FARMER, C.; DOURMAD, J. Y.; PÈRE, M. C. Dietary fiber for pregnant sows: influence on sow physiology and performance during lactation. **Journal of Animal Science**, v. 87, n.2, p. 532-543, 2009.

ROBERFROID, M. Prebiotics: the concept revisited. **The Journal of nutrition**, v. 137, n.3, p. 830S-837S, 2007.

ROBERFROID, M.; GIBSON, G. R., HOYLES, L., MCCARTNEY, A. L., RASTALL, R., ROWLAND, I.; MEHEUST, A. Prebiotic effects: metabolic and health benefits. **British Journal of Nutrition**, v. 104, n S2, 2010.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. Tabelas brasileiras para aves e suínos – Composição de alimentos e exigências nutricionais. **Imprensa Universitária/UFV**, Viçosa, 2017.

RICKE, S. C.; VAN DER AAR, P. J.; FAHEY JR, G. C.; BERGER, L. L. Influence of dietary fibers on performance and fermentation characteristics of gut contents from growing chicks. **Poultry Science**, v. 61, n. 7, p. 1335-1343, 1982.

SAKAGAMI, H.; KAWAZOE, Y. U. T. A. K. A.; KOMATSU, N.; SIMPSON, A.; NONOYAMA, M.; KONNO, K.; TANUMA, S. I. Antitumor, antiviral and immune potentiating activities of pine cone extracts: Potential medicinal efficacy of natural and synthetic lignin-related materials. **Anticancer research**, v. 11, n. 2, p. 881-888, 1991.

SALIBA, E. O. S.; RODRIGUEZ, N. M.; MORAIS, S. A. L.; PILÓ-VELOSO, D. Ligninas: métodos de obtenção e caracterização química. **Ciência Rural**, v. 31, p. 917-928, 2001.

SILVA, E. N. **Probióticos e prebióticos na alimentação de aves**. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2., 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 2000. p. 241-251.

SILVA, L. P.; NÖRNBERG, J. L. Prebióticos na nutrição de não-ruminantes. **Ciência Rural**, v. 33, n. 4, p. 55-65, 2003.

SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P. D.; SESTI, L. A. **Suinocultura intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho**. Brasília: EMBRAPA-SPI; Concórdia: EMBRAPA-CNPSa, 1998.

SOMMER, F.; BÄCKHED, F. The gut microbiota – masters of host development and physiology. **Nature reviews microbiology**, v. 11, n.4, p. 227-238, 2013.

SUN, H. Q.; TAN, C. Q.; WEI, H. K.; ZOU, Y.; LONG, G. A. O. Effects of different amounts of konjac flour inclusion in gestation diets on physio-chemical properties of diets, postprandial satiety in pregnant sows, lactation feed intake of sows and piglet performance. **Animal Reproduction Science**, v. 152, p. 55-64, 2015.

SUN, H. Y.; KIM, I. H. Coated omega-3 fatty acid from linseed oil positively affect sow immunoglobulin G concentration and pre-weaning performance of piglet. **Animal Feed Science and Technology**, v. 269, p. 114676, 2020.

SHAHIDI, F.; AMBIGAIPALAN, P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. **Journal of functional foods**, p. 18820-18897, 2015.

SHIN, D.; CHANG, S. Y.; BOGERE, P.; WON, K.; CHOI, J. Y.; CHOI, Y. J.; HEO, J. Beneficial roles of probiotics on the modulation of gut microbiota and immune response in pigs. **PloS one**, v. 14, e0220843, 2019.

SMITS, R. J.; LUXFORD, B. G.; MITCHELL, M.; NOTTLE, M. B. Sow litter size is increased in the subsequent parity when lactating sows are fed diets containing n-3 fatty acids from fish oil. **Journal of Animal Science**, v. 89, n.9, p. 2731-2738, 2011.

STELLA, A. E.; DE OLIVEIRA, A. F.; MOREIRA, C. N.; VIALI, K. G. O uso de antimicrobianos, e sua restrição, na suinocultura. **Veterinária e Zootecnia**, v. 27, p. 1-14, 2020.

TAN, C. Q.; WEI, H. K.; SUN, H. Q.; LONG, G.; AO, J. T.; JIANG, S. W. Effects of supplementing sow diets during two gestations with konjac flour and *Saccharomyces boulardii* on constipation in peripartal period, lactation feed intake and piglet performance. **Animal Feed Science and Technology**, v. 210, p. 254-262, 2015.

TANGHE, SOFIE; DE SMET, S. Does sow reproduction and piglet performance benefit from the addition of n-3 polyunsaturated fatty acids to the maternal diet? **Veterinary journal**, v. 197, n.3, p. 560-569, 2013.

UGARTONDO, V.; MITJANS, M.; VINARDELL, M. P. Applicability of lignin's from different sources as antioxidants based on the protective effects on lipid peroxidation induced by oxygen radicals. **Industrial Crops and Products**, v. 30, n. 2, p. 184-187, 2009.

VANCE, C.P.; KIRK, T.K.; SHERWOOD, R.T. Lignification as a mechanism of disease resistance. **The Annual Review of Phytopathology**, v. 18, n. 1, p. 259-288, 1980.

VALENCIA, Z.; CHAVEZ, E.R. Lignin as a purified dietary fiber supplement for piglets. **Nutrition Research**, v. 17, n. 10, p. 1517-1527, 1997.

VANKLOMPENBERG, M. K.; MANJARIN, R.; TROTT, J. F.; MCMICKING, H. F.; HOVEY, R. C. Late gestational hyperprolactinemia accelerates mammary epithelial cell differentiation that leads to increased milk yield. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 3, p. 1102-1111, 2013.

VIEITES, F. M.; SOUZA, C. S.; CASTRO, A. C. S.; DE MELO JÚNIOR, A. M.; FERREIRA, M. H.; FERREIRA, S. E.; OLIVEIRA, G. P. Aditivos zootécnicos na alimentação de suínos—Revisão de Literatura. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n.7, p. 45880-45895, 2020.

WANG, Y. S.; ZHOU, P.; LIU, H.; LI, S.; ZHAO, Y.; DENG, K.; CAO, D. D.; CHE, Q. L.; FANG, Z. F.; XU, S. Y.; LIN, Y.; FENG, B.; LI, J.; WU, D. Effects of inulin supplementation in low- or high-fat diets on reproductive performance of sows and antioxidant defense capacity in sows and offspring. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 51, n.4, p. 492-500, 2016.

WANG, J.; JI, H.; WANG, S.; LIU, H.; ZHANG, W.; ZHANG, D.; WANG, Y. Probiotic *Lactobacillus plantarum* promotes intestinal barrier function by strengthening the epithelium and modulating gut microbiota. **Frontiers in microbiology**, v. 9, p. 1953, 2018.

WANG, Y.; MARX, T.; LORA, J.; PHILLIP, L. E.; MCALLISTER, T. A. Effects of purified lignin on in vitro ruminal fermentation and growth performance, carcass traits and fecal shedding of *Escherichia coli* by feedlot lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 151, n. 1-2, p. 21-31, 2009.

WANG, Y.; MCALLISTER, T. A.; LORA, J. H. Effects of purified lignin on in vitro rumen metabolism and growth performance of feedlot cattle. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 30, n. 3, p. 392-399, 2017.

WEI, B.; MENG, Q.; HE, S.; QU, Z.; NIE, S.; SHI, B.; SHAN, A. Effects of l-carnitine in the distillers dried grains with soluble diet of sows on reproductive performance and antioxidant status of sows and their offspring. **Animal**, v. 13, n.7, p. 1448-1457, 2019.

WU, Y.; ZHANG, X.; TAO, S.; PI Y.; HAN, D.; YE H.; FENG, C.; ZHAO, J.; CHEN, L.; WANG, J. Maternal supplementation with combined galactooligosaccharides and casein glycomacropptides modulated microbial colonization and intestinal development of neonatal piglets, **Journal of Functional Foods**, v. 74, p. 104170, 2020.

YU, B.; TSAI, C. C.; HSU, J.C.; CHIOU, P. S.; Effect of different sources of dietary fiber on growth performance, intestinal morphology and cecal carbohydrates of domestic geese. **British poultry science**, v. 39, n. 4, p. 560-567, 1998.

YOUNG, M. G.; TOKACH, M. D.; AHERNE, F. X. Effect of sow parity and weight at service on target maternal weight and energy for gain in gestation. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. 1, p. 255-261, 2005.

YOSSA, R.; LEVESQUE, S.; GROMAN, D. B.; LORA, J. H. Preliminary evaluation of purified lignin and hemicellulose as prebiotics candidates for Atlantic Salmon, *Salmo salar* L. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 30, n. 3, p. 256-271, 2018.

XIE, C.; WU, X.; LONG, C.; WANG, Q.; FAN, Z.; LI, S.; YIN, Y. Chitosan oligosaccharide affects antioxidant defense capacity and placental amino acids transport of sows. **BMC Veterinary Research**, p. 1-8, n.1, 2016.

ZANGERONIMO, M. G.; OBERLENDER, G.; MURGAS, L. D. S. Efeito da nutrição na reprodução em marras: revisão de literatura. **Revista científica de medicina veterinária**, São Paulo, v. 20, p. 1-20, 2013.

ZEMEK, J.; KOŠÍKOVÁ, B.; AUGUSTIN, J.; JONIAK, D. Antibiotic properties of lignin components. **Folia microbiological**, v. 24, n. 6, p. 483-486, 1979.

ZHOU, P.; WANG, Y.; LI, S.; ZHAO, Y.; DENG, K.; CHAO, D.; JIN, C.; ZHUO, Y.; CHE, L.; LI, J.; LIN Y.; XU, S.; FENG, B.; FANG, Z.; WU, D. Effects of prebiotic inulin addition to low- or high-fat diet on maternal metabolic status and neonatal traits

of offspring in a pregnant sow model. **Journal of Functional Foods**, v. 48, n. 4, p. 125-133, 2018.

ZHU, M.J.; HAN, B.; TONG, J. AMP-activated protein kinase signaling pathways are down regulated and skeletal muscle development impaired in fetuses of obese, over nourished sheep. **Journal Physiology**, v. 586, n. 10, p. 2651-2664, 2008.

CAPÍTULO 2

O capítulo 2, intitulado “Efeito da lignina Kraft sobre desempenho, microbiota intestinal e sistema antioxidante de fêmeas suínas” foi redigido conforme as normas do periódico **Animal Feed Science and Technology**.

Efeito da lignina Kraft sobre desempenho, microbiota intestinal e sistema antioxidante de fêmeas suínas

Resumo:

O estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos da inclusão de lignina Kraft na dieta de fêmeas gestantes sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes da ração, quantificação microbiológica das fezes, concentração fecal de ácidos graxos de cadeia curta, parâmetros hematológicos e bioquímicos séricos e na dieta de fêmeas lactantes sobre seu desempenho e da leitegada, composição do colostro e leite e atividade de enzimas do sistema antioxidante no soro das porcas. Foram utilizadas 75 matrizes suínas do dia 0 de gestação a 20 dias de lactação, distribuídas em delineamento em blocos ao acaso com três tratamentos e a ordem de parto foi adotada como fator de bloco, os tratamentos foram: C = Controle (dieta basal sem adição de lignina); LK0,5 = dieta basal + 0,5% de lignina Kraft e LK1,0 = dieta basal + 1,0% de lignina Kraft. As matrizes foram alojadas em gaiolas individuais durante o período de gestação e celas de parto durante a lactação. Durante o período de gestação as fêmeas foram alimentadas de forma restrita e durante a lactação à vontade, e água à vontade em ambas as fases. A inclusão de lignina Kraft não afetou o desempenho das matrizes suínas durante a gestação e lactação, assim como da leitegada e composição bromatológica do colostro e do leite. Houve diminuição linear no coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta e de energia bruta, com a inclusão de lignina na dieta. A inclusão de lignina Kraft aumentou linearmente a concentrações de bactérias ácido-láticas na microbiota intestinal, porém não modificou a concentração fecal de ácidos graxos de cadeia curta. Para os parâmetros sanguíneos, houve aumento linear de eosinófilos e hemoglobina corpuscular média e diminuição de linfócitos sanguíneos com o aumento da inclusão de lignina na dieta das fêmeas. Também, o aumento da inclusão de lignina na dieta aumentou linearmente a concentração de creatinina e diminuiu linearmente a atividade da enzima catalase no soro. De maneira geral, a inclusão de 1% de lignina se mostrou vantajosa, pois apesar de diminuir a digestibilidade da dieta, não interferiu no desempenho das fêmeas e leitegada, além de modular positivamente a colonização de bactérias ácido-láticas na microbiota intestinal no terço final de gestação das porcas e reduzir a atividade da catalase no sistema antioxidante.

Palavras-chave: aditivos; fêmea suína; antimicrobiano; saúde

Effect of Kraft lignin on performance, intestinal microbiota and antioxidant system of sows

Abstract:

The study was conducted with the objective of evaluating the effects of the inclusion of Kraft lignin in the diet of pregnant females on performance, nutrient digestibility of the feed, microbiological quantification of feces, fecal concentration of short-chain fatty acids, hematological and serum biochemical parameters. and in the diet of lactating sows on their performance and litter, colostrum and milk composition and activity of enzymes of the antioxidant system in sow whey. A total of 75 sows from day 0 of gestation to 20 days of lactation were used, distributed in a randomized block design with three treatments and the farrowing order was adopted as a block factor, the treatments were: C = Control (basal diet without addition of lignin); LK0.5 = basal diet + 0.5% Kraft lignin and LK1.0 = basal diet + 1.0% Kraft lignin. Sows were housed in individual cages during the gestation period and farrowing cells during lactation. During the gestation period the females were fed ad libitum and during lactation ad libitum, and ad libitum water in both phases. The inclusion of Kraft lignin did not affect the performance of sows during pregnancy and lactation, as well as the litter and bromatological composition of colostrum and milk. There was a linear decrease in the coefficient of apparent digestibility of crude protein and crude energy, with the inclusion of lignin in the diet. The inclusion of Kraft lignin linearly increased the concentrations of lactic acid bacteria in the intestinal microbiota, but did not change the fecal concentration of short-chain fatty acids. For blood parameters, there was a linear increase in eosinophils and mean corpuscular hemoglobin and a decrease in blood lymphocytes with increasing inclusion of lignin in the diet of females. Also, increasing dietary lignin inclusion linearly increased creatinine concentration and linearly decreased serum catalase enzyme activity. In general, an inclusion of 1% of lignin proved to be advantageous, because despite decreasing the digestibility of the diet of the females and the diet, in addition to positively modulating the colonization of lactic acid bacteria in the intestinal microbiota at the end of gestation of the sows and reduce catalase activity in the antioxidant system.

KEYWORDS: additives; female swine; antimicrobial; health

1. Introdução

De maneira geral, o uso de prebióticos na dieta de suínos contribuem para a modulação da microbiota intestinal, estimulação de respostas sistêmicas positivas na saúde e desempenho dos suínos (Budiño et al., 2013; Wan et al., 2016; Xie et al., 2016;) atividade antioxidante para porcas lactantes (Li et al., 2020), composição do leite e desempenho da leitegada (Barros et al., 2008).

A lignina Kraft gerada durante reação da madeira com hidróxido de sódio (NaOH) + sulfeto de sódio (Na₂S) no processo de polpação da celulose da madeira de *Eucalyptus urograndis* para a fabricação de papel, apresenta efeito biológico, devido ao processo de purificação, pois libera compostos fenólicos de baixo peso molecular (125 a 155 g/ mol), os quais possuem atividade antimicrobiana com possível ação prebiótica (Baurhoo et al., 2007, Krzysztof et al., 2019, Xin e Ho, 2020).

Os grupos funcionais hidroxila e metoxi presentes na estrutura da lignina, possuem atividade antioxidante com capacidade de eliminar ou estabilizar as reações induzidas por radicais livres nas células sob estresse oxidativo (Ayyachamy et al., 2013; Espinoza-Acosta et al., 2016; Bezerra et al., 2020; Liao et al., 2020; Solihat et al., 2021; Zheng et al., 2021).

Em camundongos, a lignina se mostrou eficiente em amenizar os danos da diarreia induzida por *Escherichia coli*, com melhora na consistência das fezes, além de efeito protetor ao dano intestinal nas células induzidas pela infecção, como redução de alterações histológicas (Yun et al., 2021). Em frangos de corte, a lignina aumentou a concentração de *Lactobacillus* e reduziu a concentração de *Escherichia coli* no ceco (Baurhoo et al., 2007). Porém, Ferreira et al. (2021) não conseguiram mostrar o efeito da lignina sobre a microbiota intestinal de leitões desmamados. Recentemente, Bezerra et al. (2020) observaram maior atividade de peroxidases e estabilização dos níveis de H₂O₂ no soro de cordeiros alimentados com lignina Kraft.

Em porcas durante os períodos periparto e a lactação, há ocorrência de desequilíbrio entre a produção de espécies reativas de oxigênio (EROS) e a capacidade de atuação do sistema antioxidante (Tan et al., 2016), o que pode afetar negativamente o balanço energético, escore corporal, produção de leite e, consequentemente, o desempenho da leitegada (Kim et al., 2013). No terço final da gestação ou durante a lactação trazem efeitos na composição do leite e, consequentemente, no desempenho da leitegada, levando em conta que o colostro e leite são as únicas fontes de nutrientes aos

leitões lactentes e de suma importância para a sua sobrevivência e desenvolvimento (Barros et al., 2008, Frese et al., 2015, Wang et al., 2015).

Em matrizes suínas, não são conhecidos os efeitos da inclusão de lignina Kraft sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos e microbiota intestinal. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos da inclusão de lignina Kraft na dieta de fêmeas gestantes sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes da ração, quantificação microbiológica das fezes, concentração fecal de ácidos graxos de cadeia curta, parâmetros hematológicos e bioquímicos séricos e na dieta de fêmeas lactantes sobre seu desempenho e da leitegada, composição do colostro e leite e atividade de enzimas do sistema antioxidante no soro das porcas

2. Material e métodos

Todos os procedimentos aplicados neste experimento foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA/FMVZ da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (protocolo CEUA 0105/2020).

2.1. Alojamento e animais

Foram utilizadas 75 matrizes suínas de linhagem Topigs Norsvin do Brasil® TN70, sendo um grupo do mesmo lote durante todo experimento, em uma granja comercial localizada no município de Coronel Macedo – SP. Durante a gestação as fêmeas foram alojadas em gaiolas de gestação individual de ferro de 2,3 x 1,0 x 0,65, equipadas com comedouro tipo calha de concreto e bebedouro tipo chupeta, piso parcialmente ripado de concreto com inclinação para escoamento dos dejetos, em galpão de gestação de alvenaria, construído no sentido Leste-Oeste, com muretas de 1,5 m, cortinas de lona e sombrite nas laterais. Ao 110º dia de gestação as matrizes foram transferidas para maternidade e alojadas em celas de parto, cuja área em média era de 3,54m², sendo 1,26m² de área disponível para a matriz, com área de comedouro de concreto e bebedouro tipo chupeta, com água à vontade, piso de concreto ao centro e ripado de plástico nas laterais. A cela de parto era composta de um escamoteador de madeira, com sistema de aquecimento para os neonatos por meio de piso aquecido. E as salas de maternidade apresentavam o sistema de resfriamento adiabático com ventilação refrigerada direcionada acima da cabeça das matrizes.

2.2. Delineamento experimental e dietas

As matrizes suínas foram distribuídas em delineamento de blocos casualizados com três tratamentos e vinte e cinco repetições, os blocos foram definidos de acordo com a ordem de parto (fêmeas de 2º parto e fêmeas a partir do 3º parto), considerando cada matriz uma unidade experimental. As dietas foram: **C**= Dieta basal sem adição de lignina Kraft; **LK0,5**= Dieta basal + 0,5% de lignina Kraft e **LK1,0**= Dieta basal + 1,0% de lignina Kraft.

A lignina utilizada no experimento foi extraída pelo método Kraft (reação da madeira com hidróxido de sódio (NaOH) + sulfeto de sódio (Na₂S)) no processo de polpação da celulose da madeira de *Eucalyptus urograndis*. A lignina Kraft era composta por lignina (94,60%), compostos fenólicos guaiacila (1,16%) e siringila (1,82%), pH de 3,35, massa molar de 1148 e 2742Da, umidade (1,92%), cinzas (2,42%), 61,1% de carbono total, 31,3% de oxigênio, 5,5% de hidrogênio, 1,7% de enxofre e 0,4% de nitrogênio e 0,99% de carboidratos.

Todas as fêmeas receberam água à vontade e foram alimentadas de forma restrita em um único trato diário um programa nutricional de duas fases na gestação (dieta de gestação do 0 ao 85º dia de gestação e dieta pré-parto do 86º ao parto até o dia anterior à data de parto prevista), pesadas diariamente e individualmente para cada fêmea durante a gestação, de acordo com os tratamentos (**Tabela 1**). A dieta de lactação foi fornecida a partir do dia 1º pós-parto até o desmame à vontade e com aumento gradual até o 7º dia de lactação, ajustado conforme o consumo da fêmea.

Tabela 1. Quantidade de ração oferecida aos animais, de acordo com o programa de alimentação das fêmeas

	Gestação	Gestação	Pré – parto
Dias de fornecimento	0 ao 31º dia	32º ao 85º dia	86º ao parto
Quantidade (kg)	2,400	2,000	3,000

Todas as dietas foram isonutritivas e formuladas de modo a atender as exigências nutricionais mínimas, de acordo com Rostagno et al. (2017), conforme **Tabela 2**.

Tabela 2. Composição percentual e valores nutricionais calculados das dietas de gestação, pré-parto e lactação

Ingrediente (%)	Gestação	Pré-parto	Lactação
Milho, moído	71,840	69,550	53,030
Farelo de soja (45%)	18,000	21,000	33,000
Fibra ¹	4,500	3,500	-
Óleo de soja	0,650	0,650	5,250
Açúcar	-	-	3,000
Fosfato Bicálcico	2,100	2,100	2,150
Calcário	0,700	0,800	1,080
Bicarbonato de sódio	0,200	0,150	0,170
Sal	0,400	0,400	0,490
L- Lisina HCl (78%)	0,100	0,150	0,100
L- Treonina (98%)	0,080	0,100	0,030
L-Triptofano (98%)	-	-	0,030
DL- Metionina (99%)	0,030	0,050	0,020
Adsorvente ²	0,200	0,200	0,200
Acidificante ³	-	-	0,050
Emulsificante ⁴	-	0,150	0,200
Premix Mineral e vitamínico	0,200	0,200	0,200
Inerte (caulim) ou Lignina ⁵	1,500	1,500	1,500
Total	100	100	100
Valores Nutricionais Calculados			
Energia Met. (EM, kcal/kg)	3.046	3.070	3.397
Proteína Bruta (%)	14,200	15,480	19,66
Fibra Bruta (%)	-	-	2,667
Cálcio (%)	0,843	0,887	1,029
Fósforo Disponível (%)	0,471	0,476	0,502
Sódio (%)	0,170	0,180	0,279
Lisina digestível (%)	0,673	0,785	1,028
Metionina digestível (%)	0,231	0,264	0,292
AAS digestível (%)	0,447	0,495	0,569
Treonina digestível (%)	0,542	0,601	0,673
Triptofano digestível (%)	0,139	0,154	0,229
Valina digestível (%)	0,583	0,634	0,817
Isoleucina digestível (%)	0,507	0,559	0,749

¹Aditivo como fonte de fibra bruta Fibermill®, ²Adsorvente TNmegafix®, ³Acidificante Liposorb®, ⁴Aditivo emulsificante Fysal Dry®, ⁵Inerte (caulim) ou % Lignina máxima utilizada para compor as dietas experimentais em substituição ao inerte de acordo com cada tratamento: C= Dieta basal sem lignina; LK0,5 - Dieta basal+ 0,5% de lignina e LK1,0 - Dieta basal + 1% de lignina.

2.3. Desempenho das matrizes suínas e leitegada

Foi mensurado o peso individual da fêmea no dia 0 de fornecimento das dietas experimentais, na transferência para a maternidade (110º dia de gestação quatro dias antes do parto previsto e no desmame (20º dia de lactação) para determinação do ganho médio de peso (kg) durante a gestação e ganho ou perda de peso total na lactação (kg). Foi mensurado o consumo de ração diária (kg) durante o período de gestação e lactação, pesando-se diariamente a ração fornecida e as sobras de consumo diário (kg) para determinar o consumo total de ração (kg).

No final da lactação (20º dia) as fêmeas foram desmamadas e acompanhadas durante os primeiros dias pós-desmame para determinação do intervalo desmame-estro (IDE – período em dias em que a fêmea retorna ao cio), sendo considerado na avaliação o dia do desmame e o primeiro dia da detecção do cio, através da exposição ao macho reprodutor.

Todas as fêmeas receberam assistência durante o parto para acompanhamento de possíveis ocorrências e avaliação da duração do parto, sendo considerado o horário da expulsão do 1º leitão e horário da expulsão total da placenta para cálculo. Também foram

mensurados o número de leitões nascidos vivos, número de leitões natimortos e mumificados. Os leitões após o nascimento foram secos, feita a desinfecção do umbigo com solução de iodo e, em seguida, pesados individualmente para mensuração de peso ao nascimento e orientados a mamar o colostro. A uniformização dos animais foi realizada

no período de até 24 horas pós-parto, apenas entre animais do mesmo grupo de tratamento, mantendo-se um número de leitões por porca de acordo com o número de tetos viáveis, prevalecendo 14 leitões por matriz. Ao 3º dia de vida foram realizados os manejos de desgaste dos dentes, corte do terço final da cauda e aplicação de ferro. A castração cirúrgica escrotal e o controle de coccidiose foram realizados ao 10º dia de vida.

O desmame ocorreu para todas as fêmeas, com média de 20 dias de lactação. Para o cálculo de peso ao desmame, foi considerado o número de leitões desmamados por porca e o peso total da leitegada.

2.4. Digestibilidade aparente dos nutrientes da ração

A partir do 45º dia de gestação incluiu-se 0,1% de óxido de cromo III (Cr_2O_3) nas dietas experimentais como indicador indigestível, para determinação do coeficiente de digestibilidade. O método empregado na avaliação foi o de coleta parcial de fezes, sendo

sete dias de consumo da ração marcadas com óxido de cromo III (45° a 51° de gestação) e quatro dias de coleta das fezes (48° a 51° dia de gestação). As amostras foram coletadas pela manhã e à tarde, armazenadas em saco plástico, acondicionadas em caixa térmica durante a coleta e congeladas a -20 °C para posteriores análises.

As amostras de fezes foram descongeladas em temperatura ambiente por 24 horas, homogeneizadas em uma única amostra composta. As amostras compostas foram pesadas e levadas em bandejas de alumínio para a estufa de ventilação forçada de ar a 65°C durante 72 horas. Após a secagem, as amostras foram pesadas e moídas em moinho apropriado, utilizando duas peneiras crivadas de 5 mm de diâmetro para uma moagem mais grosseira e a peneira 1 mm de diâmetro para uma granulometria mais fina e uniforme. As amostras foram processadas e enviadas para análise bromatológica e determinação da concentração de óxido de cromo III.

As concentrações do óxido de cromo III nas rações e nas fezes foram quantificadas pela técnica de espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS), de acordo com Williams et al. (1962). As amostras foram submetidas a uma digestão nitro perclórica, em que foram adicionados 4 mL de ácido nítrico e 2 mL de ácido perclórico em 250 mg de amostra em tubos de ensaio. A solução foi mantida em temperatura ambiente por 12 horas. Após esse período, os tubos foram levados ao bloco digestor com controle gradual da temperatura (210°C). O processo persistiu à obtenção de uma coloração e volume padrões. Ao final, a solução foi volumada para 25 mL. As análises bromatológicas de amostras de ração e fezes estavam conforme os métodos oficiais de análise da AOAC internacional (2007) para matéria seca – MS (Método 930.15), proteína bruta – PB (método 984.13) e extrato etéreo. A energia bruta – EB foi determinada com um Calorímetro Automático de Bomba de Oxigênio de Isoperibol (Calorímetro Parr 6400, Moline, IL, EUA).

O cálculo dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e energia bruta (EB) foram calculados com base nos teores de óxido de cromo III e do nutriente na ração e nas fezes de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{CDA (\%)} = 100 - [100 \times (\%Cr_2O_{3R} \div \%Cr_2O_{3F}) \times (\%N_F \div \%N_R)]$$

Em que:

$\%Cr_2O_{3R}$ = Porcentagem de óxido de cromo III na ração;

$\%Cr_2O_{3F}$ = Porcentagem de óxido de cromo III nas fezes;

%NF = Porcentagem de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo ou energia bruta nas fezes;

%NR = Porcentagem de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo ou energia bruta na ração.

2.5. Composição bromatológica do colostro e leite

Com o início do parto as fêmeas foram ordenhadas para coleta do colostro, considerando os dois pares de tetos anteriores para ordenha. Para a coleta do leite, foi feita a limpeza externa dos dois pares de tetos anteriores e realizada ordenha manual, sendo que as fêmeas não foram induzidas para ejeção do colostro. As amostras foram congeladas imediatamente a -20°C para avaliação do teor de proteína, gordura e sólidos totais conforme IAL (2008).

No 15º dia de lactação as fêmeas receberam 1 mL de carbetocina® via intramuscular, para estímulo da ejeção do leite. Para a coleta do leite, foi realizada a limpeza externa dos dois pares de tetos anteriores e realizada ordenha manual. As amostras foram congeladas a -20°C para avaliação do teor de proteína, gordura e sólidos totais conforme IAL (2008).

Para a determinação de proteína foi pesado 1 g da amostra em tubo de Kjeldahl, adicionados 5 a 7 mL de ácido sulfúrico e cerca de 6 g da mistura catalítica, depositando em bloco digestor a 400 °C até a solução se tornar azul-esverdeada (em torno de quatro horas). O tubo foi retirado do bloco digestor e, após o resfriamento, foram adicionados 10 mL de água destilada. O tubo de Kjeldahl foi adaptado ao destilador e adicionado 20 mL de solução de hidróxido de sódio a 45 %. Para a destilação, foi acoplado um Erlenmeyer contendo 10 mL de H₂SO₄ 0,1 N com cinco gotas de vermelho de metila como receptor do produto da destilação. O destilador foi ligado e o tubo aquecido à ebulição até a obtenção de cerca de 250 a 300 mL do destilado no Erlenmeyer, sendo este, ao final da análise, titulado com solução de hidróxido de sódio 0,1N.. O resultado foi calculado com a seguinte fórmula: % proteína = $V \times 0,14 \times 6,38$ / peso da amostra (em que V é a diferença do volume de ácido adicionado no Erlenmeyer e o volume de base utilizado na titulação) (IAL, 2008).

Para a determinação de gordura foram adicionados 10 mL da solução de ácido sulfúrico d=1,820 em um butirômetro. Após a homogeneização de cada amostra, um volume de 11 mL foi transferido para o butirômetro de forma lenta e pela sua parede. Após a adição da amostra, foi acrescentado 1 mL de álcool islamítico, feita a

homogeneização completa da amostra no interior do butirômetro. A amostra foi centrifugada durante cinco minutos a uma velocidade 1000 a 1200 rpm. A leitura da porcentagem de gordura foi realizada pela visualização da porção de gordura na escala graduada do butirômetro (IAL, 2008).

Para a determinação de sólidos totais foram pesados 5 g da amostra em cápsula de porcelana, previamente tarada. A cápsula foi aquecida durante três horas e resfriada em dessecador até a temperatura ambiente. Após o resfriamento, a cápsula foi novamente pesada. O resultado foi calculado com a seguinte fórmula: % sólidos totais = $[(m_2 - m_0) / (m_1 - m_0) \times 100]$ (onde m_0 : massa da cápsula; m_1 : massa da cápsula e amostra; m_2 : massa da cápsula e amostra seca) (IAL, 2008).

2.6. Quantificação microbiológica fecal

No 90º dia de gestação foram coletados 150 g de fezes frescas para determinação das principais colônias bacterianas. As amostras foram coletadas diretamente do reto das fêmeas, com auxílio de luva de procedimento individual para cada matriz. As amostras foram armazenadas em sacos estéril, abertos no exato momento da coleta, e acondicionadas em caixa térmica durante o procedimento. Após a coleta, as amostras foram encaminhadas imediatamente ao laboratório.

De cada amostra de fezes foram pesadas 25 g de maneira asséptica e depositadas em sacos estéreis. Em cada saco plástico, foram adicionados 225 mL de água peptonada tamponada (Merck GranuCult™), formando a diluição 10^{-1} . A partir da primeira diluição, iniciaram-se diluições seriadas em tubos de ensaio contendo 9 mL de solução salina 0,9% até alcançar a diluição 10^{-10} .

2.6.1. Contagem de coliformes totais e *Escherichia coli*

A contagem do grupo coliformes e *E. coli* foram realizadas pelo método do Petrifilm (Petrifilm™ EC) a partir de 1 mL das diluições 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} e 10^{-9} em cada Petrifilm e incubadas a $35 \pm 1^\circ\text{C}$ /48 h. Durante a leitura, foram consideradas placas como contáveis aquelas com quantidades entre 15 a 150 colônias e classificadas como coliformes totais as colônias vermelhas e azuis com gás e *E. coli* apenas as azuis, conforme o fabricante. Os resultados foram expressos em UFC/g (ou log de UFC/g) de fezes, segundo a metodologia de Silva et al. (2017).

2.6.2. Contagem de Enterobactérias

A contagem do Enterobactérias foi realizada com auxílio do Petrifilm (Petrifilm™ EB). Foi semeado 1 mL das diluições 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} e 10^{-9} em placas de Petrifilm que foram incubadas a $35\pm 1^\circ\text{C}$ / 24 h. Durante a leitura foram consideradas placas contáveis as que tinham quantidades entre 15 e 150 colônias e classificadas como enterobactérias as colônias produtoras de ácidos (zona amarela ao redor da colônia) e/ ou gás, conforme o fabricante. Os resultados foram expressos em UFC/g (ou log de UFC/g) de fezes, segundo a metodologia de Silva et al. (2017).

2.6.3. Contagem de bactérias ácido-láticas (BAL)

Para a contagem de BAL inoculou-se 1 mL das diluições 10^{-2} , 10^{-4} , 10^{-6} , 10^{-8} e 10^{-10} . As placas inoculadas foram adicionadas 15 a 20 mL do meio ágar de Man, Rogosa & Sharpe (Merck GranuCult™) pelo método de profundidade, homogeneizadas e, após a solidificação, foi adicionado 10 mL do mesmo meio para a inserção da sobre camada. As placas foram incubadas a $30\pm 1^\circ\text{C}$ / 48 h. Durante a leitura, foram consideradas contáveis as placas com quantidades entre 25 e 250 colônias e, a partir das placas lidas com este intervalo, foram retiradas cinco colônias, realizadas a coloração de Gram e o teste da Catalase. As colônias com cocos/ bacilos gram positivos e catalase negativa foram classificadas como BAL. Utilizaram-se as metodologias descritas por Njongmeta et al. (2013). O cálculo do número de colônias foi baseado na proporção de colônias confirmadas como BAL e a diluição utilizada na contagem. Os resultados foram expressos em UFC/g (ou log de UFC/g) de fezes, segundo a metodologia de Silva et al. (2017).

2.6.4. Contagem de *Salmonella* spp.

Para esta avaliação foram pesados 25 g de fezes em sacos plásticos estéreis, adicionadas de 225 mL de água peptonada tamponada 1% (Merck GranuCult™) e incubadas a $36\pm 1^\circ\text{C}$ / 24 h. Posteriormente, alíquotas de 0,1 mL e 1 mL do material de pré-enriquecido foram transferidos para tubos de ensaio contendo 10 mL de caldo Rappaport-Vassiliadis (RV, Difco) e Tetracionato (TT, Difco) respectivamente, sendo a incubação realizada a 42°C / 24 h. Os caldos de enriquecimento seletivo foram estriados, com alça de níquel-cromo na superfície de placas contendo ágar Bismuto de Sulfito (BS, Oxoid) e ágar Xilose-Lisina-Desoxicolato (XLD, Oxoid), com incubação de ambos a $35\pm 1^\circ\text{C}$ / 24 h.

As colônias características de *Salmonella spp.* foram repicadas para os ágaros TSI (Triple Sugar Iron, Difco) e LIA (Lisina Iron Agar, Difco), sendo incubados a 35°C/ 24 h. Colônias características em TSI e LIA foram submetidos aos testes de produção de indol, reação de Vermelho de Metila e de Voges-Proskauer, utilização de citrato, produção de urease, utilização de glicose e lactose, observação do movimento e produção de fenilalanina desaminase. Ao final amostras, presuntivamente positivas para *Salmonella spp.*, foram submetidas ao teste de soroaglutinação, empregando-se antissoropolivalente flagelar (Probac do Brasil) e somático (Probac do Brasil). Os resultados foram expressos em presença ou ausência em 25 g/ fezes, segundo a metodologia de Andrews et al. (2007).

2.7. Concentração fecal de ácidos graxos de cadeia curta

No 90º dia de gestação foram coletadas amostras de fezes e homogeneizadas de maneira representativa, sendo retirada uma alíquota de 15 g em um frasco coletor estéril. As amostras foram mantidas em caixa térmica durante a coleta e, ao finalizar, foram congeladas a -20°C. Depois de descongeladas, as amostras foram diluídas na proporção 2:1 de ácido fórmico e da amostra. Essa mistura foi homogeneizada e centrifugada para obtenção da fase líquida. Foram utilizados 1,6 mL de extrato adicionado com 0,4 mL de ácido metafosfórico: ácido fórmico (3: 1; 250 mL/L ácido metafosfórico: 980-1000 mL/L de ácido fórmico) e 0,2 mL de ácido 2-etil-butírico 100 MM (o padrão interno). A solução foi homogeneizada e centrifugada por 30 minutos a 15.000 × g a 4°C. Após a centrifugação, 1,2 mL do sobrenadante foi transferido para um frasco de cromatografia, de acordo com a metodologia de proposta por He et al. (2019).

A quantificação de AGCC foi realizada usando o cromatógrafo de gás Agilent 7890^a equipado com detector de ionização de chama (7683B) e coluna capilar de sílica fundida (J & W19091F-112, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EUA), de 25 m de comprimento e 320 µm de diâmetro interno, contendo 0,20 µm de cianopropil polissiloxano. A concentração de AGCC (mm) foi calculada com base em uma curva de calibração externa feita com cromatografia padrões (Chem Service, West Chester, PA, EUA) de ácido acético (995 mL/L, CAS 64-19-97); ácido propiônico (990 mL/L, CAS 9.4.79); ácido isobutírico (990 mL/L, CAS 79-31-2) ácido butírico (987 mL/L, CAS 107-92-6), isovalérico (990 mL/L, CAS 503-74-2) e ácido valérico (990 mL/L, CAS 109-52-4).

2.8. Perfil hematológico

No 95º dia de gestação foram colhidos 4 mL de sangue através de punção da veia jugular com agulha de 100 x 10 mm acoplada a tubos vacutainer na ausência de anticoagulantes para realização do hemograma. As fêmeas foram contidas para a realização das colheitas e previamente realizada a higienização do local, com álcool iodado e algodão. Após a obtenção das amostras, o material foi acondicionado em caixa térmica resfriada e encaminhado para análise de leucograma (leucócito, bastonete, segmentado, eosinófilo, linfócito, basófilo e monócito), contagem de plaquetas e eritrograma (hemoglobina corpuscular média – HCM, concentração de hemoglobina corpuscular média – CHCM, volume corpuscular médio – VCM, hemácia, hemoglobina e hematócrito). O leucograma e eritrograma foram determinados por volumetria por impedância para contagem de células e, para hemoglobina, utilizou-se um analisador automático hematológico (Hematoclin 2.8 Vet -Bioclin®).

2.9. Concentração bioquímica sérica

Para análises de perfil bioquímico foram coletados 4 mL de sangue ao 95º dia de gestação, através da punção da veia jugular com agulha de 100 x 10mm acoplada a tubos vacutainer com ativador de coágulo e gel separador. As amostras permaneceram em repouso por 30 minutos e, em seguida, foram centrifugadas por 10 minutos a 2.000-3.000 rpm para separação do soro e plasma sanguíneo. O soro foi coletado com auxílio de uma pipeta e, então, armazenado em tubos do tipo eppendorf. As amostras foram mantidas em caixa térmica e encaminhadas imediatamente ao laboratório.

Foram analisadas as concentrações séricas de colesterol (*high density lipoprotein* – HDL, *low density lipoprotein* – LDL e colesterol – método de colorimétrico de ponto final de reação crescente e imunoinibição), triglicerídeos (método colorimétrico de ponto final), ureia (método de Cinética de tempo fixo), creatinina (Cinética Colorimétrica), albumina (técnica colorimétrica de Verde de Bromocresol), e proteína total g/dL (pela técnica de colorimétrico de biureto). Todas as análises foram realizadas pelo analisador automático Myndray® (modelo: BS200E), previamente calibrado para determinação dos componentes do perfil bioquímico. Os valores de globulinas foram calculados pela diferença entre os valores séricos de proteína total e albumina.

2.10. Atividade enzimática antioxidante do soro

No 14º dia de lactação foram realizadas colheitas de sangue para avaliação do sistema antioxidante enzimático. As fêmeas foram imobilizadas na cela de maternidade para colheita de 4 mL de sangue através punção da veia jugular com agulha de 100 x 10 mm acoplado a tubos vacutainer com ativador de coágulo e gel separador. As amostras permaneceram em repouso por 30 minutos e, em seguida, foram centrifugadas por 10 minutos a 2.000-3.000 rpm para separação do soro e plasma sanguíneo. O soro foi coletado com auxílio de uma pipeta e, então, armazenado em tubos de eppendorf e imediatamente congelados a -80°C para avaliação de parâmetros redox, sendo eles a atividade da superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e proteínas totais e parâmetros de peroxidação lipídica (LPO) por meio de *kits* colorimétricos de acordo como fabricante (Aebi, 1984; Gao et al., 1998).

2.11. Análise estatística

Os dados obtidos foram verificados quanto à normalidade e valores discrepantes usando o procedimento univariate do SAS (SAS Institute, 2014). Os dados foram submetidos à análise de variância através do procedimento GLM do *software* estatístico SAS® e foi realizada regressão polinomial, com as médias comparadas ao controle (0% de lignina) pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade. O modelo estatístico inclui a dieta como um efeito fixo e a ordem de parto como um efeito aleatório. Cada fêmea foi considerada uma unidade experimental.

3. Resultados

3.1. Desempenho das matrizes suínas e leitegada

O desempenho de matrizes suínas da gestação ao desmame e sua leitegada foi apresentada na (**Tabela 3**). A suplementação com diferentes teores de lignina Kraft na dieta não teve efeito sobre o desempenho durante a gestação e lactação das matrizes, assim como a leitegada.

Tabela 3. Desempenho de matrizes suínas durante a gestação e lactação e sua leitegada

Variáveis	Tratamentos ¹				Valor de P
	C	LK0,5	LK1,0	CV ²	
Peso corporal da fêmea (dia 0 de gestação, kg)	252,60	256,80	261,00	7,277	0,317
Peso corporal da fêmea (dia 110 de gestação, kg)	289,60	291,30	288,10	7,811	0,891
Ganho de peso na gestação (kg)	37,00	34,40	27,20	73,10	0,357
Consumo total de ração na gestação (kg)	269,00	269,00	269,00	0,02	0,303
Peso corporal ao 20º dia (desmame, kg)	238,12	238,29	241,71	9,01	0,811
Perda de peso corporal na lactação (kg)	51,91	52,80	45,86	32,69	0,293
Perda de peso corporal na lactação (%)	17,67	17,92	16,00	30,81	0,404
Consumo total de ração na lactação (kg)	111,43	114,93	110,85	7,07	0,171
Intervalo desmama-estro (dias)	4,17	3,96	3,96	12,69	0,273
Duração do parto (min)	337,00	326,00	263,0	47,44	0,186
Nº nascidos totais	17,29	17,12	16,78	19,88	0,873
Nº nascidos vivos	15,62	15,45	15,31	21,53	0,948
Peso da leitegada ao nascer (kg)	21,72	21,58	22,18	21,91	0,905
Peso do leitão ao nascer (kg)	1,40	1,40	1,46	17,99	0,688
NLD ³	13,49	13,30	13,11	12,50	0,068
PLD (kg) ⁴	68,76	68,54	64,56	22,60	0,291
PILD (kg) ⁵	5,12	5,10	4,87	16,51	0,351
GPD (kg) ⁶	0,25	0,25	0,24	16,54	0,478

¹C = Dieta controle; LK0,5 = dieta controle com a inclusão de 0,5% de lignina; LK1,0 = dieta controle com a inclusão de 1,0% de lignina; ²Coefficiente de variação (%); ³Número de leitões desmamados (NLD); ⁴Peso da leitegada ao desmame (PLD); ⁵Peso individual dos leitões ao desmame (PIL); ⁶Ganho de peso diário dos leitões durante 20 dias de lactação (GPD).

3.2. Digestibilidade aparente dos nutrientes da ração

Com relação aos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes, à medida que se aumentou a inclusão de lignina Kraft na dieta o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta e de energia bruta tendeu a diminuir linearmente ($P < 0,001$), não interferindo nos outros nutrientes avaliados, conforme a **Tabela 4**.

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDaPB), extrato etéreo (CDaEE), matéria seca (CDaMS) e energia bruta (CDaEB) das rações das fêmeas ao 90º dia de gestação

Variáveis	Tratamentos ¹			CV ²	Valor de P	Efeito
	0%	LK0,5	LK1,0			
CDaMS, %	67,01	67,11	67,09	2,39	0,9781	-
CDaPB, %	64,22	60,26*	55,00*	3,81	<0,0001	Linear ³
CDaEE, %	89,20	84,46	85,70	3,06	0,3928	-
CDaEB, %	76,19	72,63*	71,44*	2,41	<0,0001	Linear ⁴

¹C = Dieta controle; LK0,5 = dieta controle com a inclusão de 0,5% de lignina; LK1,0 = dieta controle com a inclusão de 1,0% de lignina; ²Coeficiente de variação (%); ³Efeito linear ($Y = 64,1358 - 5,4229X$; $R^2 = 0,73$; $P < 0,0001$); ⁴Efeito linear ($Y = 76,1420 - 9,2638X$; $P < 0,0001$); *Difere do controle pelo teste de Dunnet ($P < 0,0001$).

3.3. Composição bromatológica do colostro e leite

A composição do colostro e leite foi apresentada na (Tabela 5), os teores de inclusão de lignina não tiveram efeito sobre os parâmetros avaliados.

Tabela 5. Composição do colostro e leite das fêmeas em lactação

Variáveis	Tratamentos ¹			CV ²	Valor de P	Efeito
	C	LK0,5	LK1,0			
Composição do colostro						
Proteína, %	7,68	7,34	6,97	11,79	0,077	-
Gordura, %	4,48	4,86	5,25	31,92	0,377	-
Sólidos totais, %	25,58	26,09	26,20	11,34	0,817	-
Composição do leite						
Proteína, %	4,88	4,83	4,80	4,92	0,534	-
Gordura, %	9,54	8,83	8,60	14,34	0,063	-
Sólidos totais, %	23,43	22,52	24,77	30,23	0,615	-

¹C = Dieta controle; LK0,5 = dieta controle com a inclusão de 0,5% de lignina; LK1,0 = dieta controle com a inclusão de 1,0% de lignina; ²Coeficiente de variação (%).

3.4. Quantificação microbiológica fecal

Conforme apresentado na Tabela 6, teores crescentes de inclusão de lignina aumentaram linearmente a concentração de bactérias ácido-láticas ($P = 0,0019$), a concentração mais baixa foi observada no LK1,0.

Tabela 6. Quantificação microbiológica fecal (UFC/g) das fêmeas ao 90º dia de gestação

Variáveis (log UFC/g)	Tratamentos ¹			CV ²	Valor de P	Efeito
	C	LK0,5	LK1,0			
Enterobactérias	7,44	7,25	7,43	7,79	0,5128	-
Coliformes totais	7,48	7,39	7,54	6,51	0,5937	-
<i>Escherichia coli</i>	6,98	6,86	7,28	8,26	0,0504	-
Bactérias Ácido Láticas	7,06	7,42	7,88*	10,47	<0,0074	Linear ³
<i>Salmonella sp.</i>	Ausência	Ausência	Ausência	-	-	-

¹C = Dieta controle; LK0,5 = dieta controle com a inclusão de 0,5% de lignina; LK1,0 = dieta controle com a inclusão de 1,0% de lignina; ²Coeficiente de variação (%); ³Efeito linear ($Y = 7,034 + 0,9224X$; $R^2 = 0,18$; $P = 0,0019$); *Difere do controle pelo teste de Dunnet ($P = 0,0036$).

3.5. Concentração fecal de ácidos graxos de cadeia curta

Com relação à concentração fecal de ácidos graxos de cadeia curta, a inclusão de lignina na dieta, independente do seu teor, não foi suficiente para alterar a produção destes compostos (Tabela 7).

Tabela 7. Concentração fecal de ácidos graxos de cadeia curta das fêmeas no 90º dia de gestação

Variáveis mmol/L	Tratamentos ¹				Valor de P
	C	LK0,5	LK1,0	CV ²	
Acético	56,05	56,35	63,28	22,00	0,1484
Propiônico	18,48	18,28	20,33	31,90	0,5327
Isobutírico	1,34	1,28	1,33	26,95	0,8397
Butírico	7,48	7,50	7,22	41,24	0,9568
Isovalérico	2,22	2,11	2,05	24,93	0,6183
Valérico	1,05	1,20	1,10	29,64	0,4560
AGCC totais	85,75	84,39	93,11	25,80	0,4542

¹C = Dieta controle; LK0,5 = dieta controle com a inclusão de 0,5% de lignina; LK1,0 = dieta controle com a inclusão de 1,0% de lignina; ² Coeficiente de variação (%).

3.6. Perfil hematológico

Para os parâmetros sanguíneos, os teores de lignina aumentaram linearmente a concentração de eosinófilos (P=0,0096) e hemoglobina corpuscular média (HCM) (P=0,0064), e diminuição linearmente de linfócitos (P=0,0055). Os animais alimentados com 1,0% de lignina apresentaram maior concentração de eosinófilo e HCM em relação ao controle e os níveis de 0,5% ou 1,0% de lignina na dieta diminuíram os níveis de linfócitos sanguíneos (Tabela 8).

Tabela 8. Parâmetros sanguíneos das matrizes suínas ao 90º dia de gestação

Variáveis	Tratamento: ¹				Valor de P	Efeito
	C	LK0,5	LK1,0	CV ²		
<i>Leucograma</i>						
Leucócitos, 10 ³ /μL	11,46	10,88	11,70	15,49	0,3555	-
Bastonetes, %	0,04	0,04	0,14	428,30	0,5765	-
Segmentado, %	48,08	49,28	49,78	8,16	0,3871	-
Eosinófilo, %	2,16	2,66	3,21*	44,13	0,0334	Linear ⁶

Linfócito, %	42,57	39,02*	38,82*	9,94	0,0081	Linear ⁷
Basófilos, %	0,00	0,00	0,00	-	-	-
Monócito, %	7,18	8,28	8,08	19,40	0,0641	
Plaquetas, mm	226,22	234,47	220,07	23,43	0,6984	-
Eritrograma						
HCM ³ , pg	22,68	22,94	23,89*	5,71	0,0162	Linear ⁸
CHCM ⁴ , g/dL	32,00	31,78	32,66	3,41	0,0445	-
VCM ⁵ , fl	67,7	72,34	72,64	13,48	0,2050	-
Hemácias, 10 ⁶ /μL	5,63	5,55	5,46	9,25	0,5990	-
Hemoglobina, g/dL	12,71	12,97	12,72	7,97	0,6590	-
Hematócrito, %	39,64	40,71	39,59	7,65	0,4406	-

¹C = Dieta controle; LK0,5 = dieta controle com a inclusão de 0,5% de lignina; LK1,0 = dieta controle com a inclusão de 1,0% de lignina; ² Coeficiente de variação (%); ³HCM= hemoglobina corpuscular média; ⁴CHCM= hemoglobina corpuscular; ⁵VCM= volume corpuscular médio; ⁶Efeito linear para eosinófilos (Y = 2,238-0,792X; R²= 0,12; P=0,0096); ⁷Efeito linear para linfócitos (Y= 42,666-9,495X;R²= 0,18; P=0,0055); ⁸Efeito linear para HCM (Y=22,595-0,260X; R²=0,08; P=0,0064); *Diferem do controle pelo teste de Dunnet (P<0,05).

3.7. Concentração bioquímica sérica

Para as concentrações séricas bioquímicas, não houve efeito (P>0,05) para nenhuma das variáveis avaliadas, com exceção da creatinina, a qual aumentou linearmente (P=0,0088) com a inclusão de lignina na dieta das fêmeas, sendo que o nível de 1,0% na dieta proporcionou maior concentração em relação ao controle (**Tabela 9**).

Tabela 9. Parâmetros bioquímicos das fêmeas suína ao 90º dia de gestação

Variáveis	Tratamentos ¹			CV ²	Valor de P	Efeito
	C	LK0,5	LK1,0			
HDL, mg/Dl	33,03	33,24	31,19	13,90	0,3113	-
LDL, mg/Dl	12,15	16,04	14,49	36,70	0,0817	-
Colesterol, mg/dL	71,69	72,44	68,94	10,15	0,2866	-
Triglicerídeos, mg/Dl	120,69	116,44	117,64	22,96	0,882	-
Ureia, mg/dL	31,55	28,45	28,05	18,38	0,0939	-
Creatinina, mg/dL	1,78	1,81	1,97*	11,81	0,0205	Linear ³
Albumina, g/dL	3,38	3,46	3,42	6,33	0,5129	-
Globulina, g/dL	3,84	3,67	3,54	16,82	0,3085	-
Proteína total, g/dL	7,23	7,13	7,11	6,06	0,6602	-

¹C = Dieta controle; LK0,5 = dieta controle com a inclusão de 0,5% de lignina; LK1,0 = dieta controle com a inclusão de 1,0% de lignina; ²Coeficiente de variação (%); ³Efeito linear ($Y = 1,782 - 0,077X$; $R^2 = 0,14$; $P = 0,0088$); *Difere do controle pelo teste de Dunnet ($P = 0,0166$).

3.8. Atividade enzimática antioxidante do soro

Não houve efeito da dieta ($P > 0,005$) para atividade da enzima superóxido dismutase, taxa de lipoperoxidação e proteínas, mas o aumento da inclusão de lignina na dieta diminuiu linearmente a atividade da enzima catalase ($P = 0,0097$), com menor atividade dessa enzima em relação ao tratamento controle ($P = 0,0108$ e $P = 0,0112$, respectivamente) para os níveis 0,5% e 1,0% de lignina (**Tabela 10**).

Tabela 10. Quantificação da atividade das enzimas superóxido dismutase (unidade/mg proteína), catalase (nmol.min⁻¹/mg proteína), taxa de lipoperoxidação (nmol.min⁻¹/mg proteína) e quantificação de proteína (mg/mL) no soro de matrizes suínas lactantes

Variáveis	Tratamentos ¹				Valor de P Efeito ⁴	
	C	LK0,5	LK1,0	CV ²		
Superóxido dismutase	255,09	257,10	241,30	9,06	0,0858	-
Catalase ³	0,53	0,23*	0,23*	96,97	0,0078	Linear
Taxa de lipoperoxidação	21,41	22,50	19,14	34,72	0,3498	-
Proteína (mg, mL ⁻¹)	46,29	46,05	47,20	5,74	0,3901	-

¹C = Dieta controle; LK0,5 = dieta controle com a inclusão de 0,5% de lignina; LK1,0 = dieta controle com a inclusão de 1,0% de lignina; ²Coeficiente de variação (%); ³Difere do controle pelo teste Dunnet ($P = 0,0108$ e $P = 0,0112$ para LK0,05 e LK1, respectivamente); ⁴Efeito linear nos níveis de lignina para catalase ($Y = 0,52529 - 0,8655x$; $R^2 = 0,20$; $P = 0,0097$).

4. Discussão

A lignina está classificada como fibra insolúvel, sendo que pode provocar redução no tempo da digesta pelo trato gastrointestinal devido à estimulação física da parede do TGI, aumentando a motilidade e a taxa de passagem (Pluske et al., 2018), ainda limitando o acesso de enzimas digestivas ao conteúdo interno das células, reduzindo a digestão e absorção de nutriente (Montagne et al., 2003), e reduzindo a digestibilidade aparente da proteína bruta e da energia bruta.

Por outro lado, por se tratar de coeficiente de digestibilidade aparente, a diminuição da digestibilidade da proteína bruta pode ser explicada em função da excreção de proteína bacteriana nas fezes, uma vez que Bindelle et al. (2009) mostraram que, quando se aumenta a inclusão na dieta de fibra dietética insolúvel, há aumento na síntese

e na excreção de proteína bacteriana. No mesmo sentido, a diminuição do coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta pode ser explicada pelo fato de que um terço da energia oriunda de polissacarídeos não amiláceos (fibra insolúvel) pode ser encontrada nas fezes como energia bacteriana fecal (Castiglia-Delavaud et al., 1998).

Apesar da redução na digestibilidade aparente da proteína bruta e energia bruta da ração, este fato não comprometeu o desempenho das matrizes durante a gestação e lactação, além que no presente estudo, as fêmeas tiveram a alimentação restrita durante a gestação e mesmo consumo de energia, justificando a ausência diferenças entre os tratamentos.

Segundo Clowes et al. (2003), existe uma relação entre perda de tecidos muscular durante a lactação e o restabelecimento da função reprodutiva pós-desmame, o que pode contribuir para a redução da disponibilidade de nutrientes necessária à liberação e ação dos hormônios e metabólitos envolvidos no processo reprodutivo. A inclusão de lignina não afetou o IDC seguinte das fêmeas, apesar de que a inclusão de prebióticos durante a lactação pode contribuir para redução neste parâmetro (Duan et al., 2016).

Modificações na composição do colostro e leite de porcas por meio da dieta foram observadas com a inclusão de fibra solúvel (Loisel et al., 2013) e o aumento de proteína (Strathe et al., 2020). No presente estudo, a inclusão de lignina Kraft não alterou a composição do colostro e do leite. Dessa forma, pode-se inferir que a lignina não interferiu no desempenho da matriz e, portanto, não alterou a composição de colostro e leite, uma vez que o consumo de ração da porca em lactação é um fator importante para sua produção e composição do leite, e sendo que a lignina não modificou estes parâmetros, pode-se justificar a ausência de efeito sobre o desempenho dos leitões desmamados, visto que o leite é único alimento responsável pelo desenvolvimento da leitegada ao desmame (Craig et al., 2017).

Durante a gestação, especialmente no terço final, a diversidade e a riqueza microbiana intestinal diminuem, devido a alterações metabólicas e concentrações plasmáticas de endotoxina, além do estado inflamatório causado por alterações microbianas negativas (Cheng et al., 2018). Nesse sentido, sugere-se que a inclusão de lignina na dieta proporcionou ambiente microbiológico intestinal favorável às fêmeas, pois aumentou a concentração de bactérias ácido-láticas – BAL (1,0% de lignina) o que pode ser benéfico, pois, substâncias antimicrobianas como bacteriocinas podem ser produzidas pelas bactérias gram-positivas, como as bactérias ácido-láticas.

Os teores de lignina não influenciaram as concentrações fecais de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) das fêmeas. Os resultados para concentração de AGCC são controversos na literatura, mostrando efeito positivo em frangos de corte (Baurhoo et al., 2007) ou ausência de resultados em leitões recém-desmamados (Ferreira et al., 2021), pois, apesar de promover alteração da microbiota fecal nas matrizes.

O padrão de produção de AGCC pode estar relacionado ao alto/ baixo nível do prebióticos utilizados (Heinritz et al., 2016), Poeikhampha e Bunchasak (2011) observaram que a suplementação de 3000 mg/ kg de MOS em dietas para suínos proporcionou aumento na concentração total de AGCC no ceco. No entanto, Castillo et al. (2008) relataram que a suplementação de MOS na dieta de 600 ou 1500 mg/ kg não alterou a concentração de AGCC no intestino de leitões desmamados. Segundo Kong et al. (2016), fêmeas gestantes apresentam uma redução linear nas concentrações de AGCC totais com o avançar da gestação devido ao aumento de hormônios (Body e Christie, 2016). Ferreira et al. (2021) incluíram níveis de lignina Kraft na dieta de leitões desmamados e não observaram alterações no padrão de produção de AGCC do conteúdo do ceco, assim como alteração na composição da microbiota.

A inclusão de lignina estimulou linearmente a produção de eosinófilos e diminuiu a concentração de linfócitos sanguíneos. Esse resultado pode ser atribuído à exposição natural a antígenos, no ambiente naturalmente contaminado, ou mesmo uma reação à alimentação (Santos et al., 2016; Anjos et al., 2019).

Os eosinófilos estão envolvidos em funções de defesas contra bactérias e parasitas (Ramirez et al., 2018), assim como resposta aguda inflamatória. Os linfócitos estão associados a uma possível infecção, visto que sua ativação é decorrente do estímulo de linfócitos T auxiliares e linfócitos B durante o processo de inflamação (Levinson, 2014).

Em leitões desmamados submetidos a desafio com lipopolissacarídeos (LPS), a inclusão de 0,5% de lignina Kraft estimulou positivamente a contagem de linfócitos (Ferreira et al., 2021), o que não foi observado nesta pesquisa. Assim, esperava-se que a lignina, como potencial prebióticos, aumentasse a concentração de linfócitos juntamente com os eosinófilos, mostrando modulação positiva do sistema imunológico. As razões para a diminuição dos linfócitos nesta pesquisa ainda são incertas, necessitando de mais estudos. Porém, pode-se inferir o efeito dos prebióticos sobre o sistema imunológico evidenciado em animais desafiados sanitariamente (Naqid et al., 2015), o que não foi realizado.

A concentração de hemoglobina corpuscular média (HCM) encontrada neste estudo estão dentro do padrão esperado para suínos (17 a 21pg) (Failace e Fernandes, 2015). No entanto, a concentração de HCM aumentou linearmente com a inclusão de lignina na dieta, o que pode estar associado à faixa etária e variações hormonal das fêmeas (Bezerra, 2014). Resultado semelhante foi observado por Alvarenga (2019), no qual leitões desmamados desafiados imunologicamente com LPS tiveram aumento no HCM quando adicionado à dieta associação de prebióticos.

Os valores de creatinina encontrados neste experimento estão dentro do padrão esperado para suínos (Kaneko et al., 2008). A diminuição de creatinina sanguínea está associada ao aumento do catabolismo muscular, mais evidenciado ao fim da lactação e em casos de desidratação (Kaneko et al., 2008), ou mesmo no final da gestação, devido à maior mobilização da proteína muscular para nutrição intrauterina (Lopes et al., 2007).

Entretanto, as fêmeas alimentadas com lignina (0,5 e 1,0%) tiveram maiores concentrações de creatinina, sugerindo que essas fêmeas tiveram menor catabolismo protéico no final da gestação. Este quadro clínico pode favorecer o parto do ponto de vista de desgaste energético e o desempenho da fêmea na fase de lactação seguinte.

O período gestacional, a atividade de parto e a lactação estão ligados ao estresse oxidativo em matrizes suínas e o excesso de geração de radicais livres produzidos pelas alterações metabólicas compromete o equilíbrio no sistema redox no organismo (Berchierironchi et al., 2011).

A catalase é uma enzima de grande importância, pois elimina o excesso de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), pela formação de oxigênio e água, evitando que ele, por meio das reações de Fenton e Haber-Weiss, produza o radical hidroxil, altamente reativo e tóxico às células (Kirkman e Gaetani, 2007). Quando o organismo detecta o aumento de H_2O_2 , a resposta inicial é o aumento da atividade enzimática da catalase (Avilez et al., 2008).

Entretanto, a lignina Kraft, rica em guaiacol, composto fenólico com capacidade antioxidante conhecida, tem seu mecanismo de ação baseado na doação de íon H^+ do OH fenólico para H_2O_2 , estabilizando-o. Assim, pode-se sugerir que os níveis de lignina usados no estudo estabilizaram os níveis de H_2O_2 , diminuindo a necessidade da ação da catalase, uma vez que as matrizes não foram submetidas a nenhuma condição intencional que desencadeasse estresse oxidativo.

Conclusão

De maneira geral, a inclusão de 1% de lignina se mostrou vantajosa, pois apesar de diminuir a digestibilidade da dieta, não interferiu no desempenho das fêmeas e leitegada, além de modular positivamente a colonização de bactérias ácido-láticas na microbiota intestinal no terço final de gestação das porcas e reduzir a atividade da catalase no sistema antioxidante.

Referências

- Aebi, H., 1984. Catalase in vitro. 121–26.
- Alvarenga, P. V. A. 2019. Prebióticos em substituição à antimicrobiano em dietas de leitões recém-desmamados. 98f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus Botucatu.
- Andrews, W.H., Wang, H., Jacobson, A., Hammack, T., 2007. BAM: Salmonella. FDA Bacteriological Analytical Manual., 1–21.
- Anjos, C. M. D., Gois, F. D., Anjos, C. M. D., Rocha, V. D. S., Allaman, I. B., Silva, F. L., ... & Costa, L. B., 2019. Effects of dietary beta-glucans, glucomannans and mannan oligosaccharides or chlorohydroxyquinoline on the performance, diarrhea, hematological parameters, organ weight and intestinal health of weanling pigs. Livest. Sci. 223, 39-46. DOI:[10.1016/J.LIVSCI.2019.02.018](https://doi.org/10.1016/J.LIVSCI.2019.02.018)
- AOAC International, In: Hortwitz, W., Latimer Jr G.W. (Eds.), Official Methods of Analysis of AOAC International, eighteenth ed. rev. 2. AOAC Int., Gaithersburg, MD, USA.
- Avilez, I.M., Hori, T.S.F., Almeida, L.C., Hackbarth, A., Bastos Neto, J.C., Bastos, V.L.F.C., Moraes, G., 2008. Effects of phenol in antioxidant metabolism in *matrinxã*, *Brycon amazonicus* (Teleostei; Characidae). Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol. Pharmacol. 48, 136-142.
- Ayyachamy, M., Cliffe, F.E., Coyne, J.M., Collier, J., Tuohy, M.G., 2013. Lignin: untapped biopolymers in biomass conversion technologies. Biomass Convers. Biorefinery. 3, 255–269.
- Baurhoo, B., Letellier, A., Zhao, X., Ruiz-feria, C.A., 2007. Cecal populations of lactobacilli and bifidobacteria and Escherichia coli populations after in vivo Escherichia coli challenge in birds fed diets with purified lignin or mannanoligosaccharides. Poult. Sci. 86, 12, 2509-2516. DOI: [10.3382/ps.2007-00136](https://doi.org/10.3382/ps.2007-00136)
- Barros, D.S., Caramori Júnior, J.G., Corrêa V.S., 2008. Efeito da adição de probiótico e prebiótico sobre o ganho de peso, consumo de ração e ocorrência de diarreia em leitões na fase de aleitamento. Rev. Bras. de Saúde e Prod. Anim. 9, 469-479.
- Berchieri-ronchi, C. B., Kim, S. W., Zhao, Y., Correa, C. R., Yeum, K. J.; Ferreira, A. L. A. 2011. Oxidative stress status of highly prolific sows during gestation and lactation. Anim. 5, 1774-1779.

- Bezerra, B.M.O. 2014. Influência das fases de crescimento e terminação de suínos sobre parâmetros fisiológicos. 2014. 58 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias) – Universidade Estadual do Ceara, Fortaleza.
- Bezerra, H. V. A., Gallo, G. B., Rosa, A. F., Fernandes, A. C., Silva, S. D. L., Leme, P. R., 2020. Impact of purified lignin on performance, rumen health, oxidative stress control and meat quality of lambs fed a high-concentrate diet. *Livest. Sci.* 231, 103882. doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103882
- Bindelle, J., Buldgen, A., Delacollette, M., Wavreille, J., Agneessens, R., Destain, J. P., & Leterme, P., 2009. Influence of source and concentrations of dietary fiber on in vivo nitrogen excretion pathways in pigs as reflected by in vitro fermentation and nitrogen incorporation by fecal bacteria. *Sci. J. Anim. Sci.* 87, 583-593. DOI: [10.2527/jas.2007-0717](https://doi.org/10.2527/jas.2007-0717)
- Budiño, F.E., Prezzi, J., Rodrigues, D., Monferdini, R., Miyashiro, S., Otsuk, I., 2013. Adição de frutooligossacarídeo e feno de alfafa à dieta de leitões desmamados sobre a microbiota e a morfologia do intestino delgado. *Bol. ind. Anim.* 70, 1, 1-9. <https://doi.org/10.17523/bia.v70n1p1>.
- Body, C., & Christie, J. A. 2016. Gastrointestinal diseases in pregnancy: nausea, vomiting, hyperemesis gravidarum, gastroesophageal reflux disease, constipation, and diarrhea. *Clin. Gastroenterol.* 45(2), 267-283.
- Castiglia-Delavaud, C., Verdier, E., Besle, J. M., Vernet, J., Boirie, Y., Beaufrere, B., ... & Vermorel, M., 1998. Net energy value of non-starch polysaccharide isolates (sugar beet fibre and commercial inulin) and their impact on nutrient digestive utilization in healthy human subjects. *Br. J. Nutr.* 80, 343–352. DOI: [10.1079/096582198388292](https://doi.org/10.1079/096582198388292)
- Castillo, M., Martin-Orue, S. M., Taylor-Pickard, J. A., Perez, J. F., & Gasa, J. (2008). Use of mannanoligosaccharides and zinc chelate as growth promoters and diarrhea preventative in weaning pigs: Effects on microbiota and gut function. *J. Anim. Sci.* 86(1), 94-101.
- Cheng, C., Wei, H., Yu, H., Xu, C., Jiang, S., & Peng, J., 2018. Metabolic syndrome during perinatal period in sows and the link with gut microbiota and metabolites. *Front. Microbiol.* 9, 1989.
- Clowes, E. J., Aherns, F. X., Schaefer, A. L., Foxcroft, G. R., & Baracos, V. E., 2003. Parturition body size and body protein loss during lactation influence performance during lactation and ovarian function at weaning in first-parity sows. *J. Anim. Sci.* 81, 1517-1528.
- Craig, A., Gordon, A., & Magowan, E., 2017. Understanding the drivers of improved pig weaning weight by investigation of colostrum intake, sow lactation feed intake, or lactation diet specification. *J. Anim. Sci.* 95, 4499-4509.
- Duan, X. D., Chen, D. W., Zheng, P., Tian, G., Wang, J. P., Mao, X. B., ... & Yu, B., 2016. Effects of dietary mannan oligosaccharide supplementation on performance and immune response of sows and their offspring. *Anim. Feed Sci. Technol.* 218, 17-25.
- Espinoza-Acosta, J. L., Torres-Chávez, P. I., Ramírez-Wong, B., López-Saiz, C. M., & Montañón-Leyva, B., 2016. Antioxidant, antimicrobial, and antimutagenic properties of technical lignins and their applications. *BioResources*, 11, 5452-5481.

- Frese, S.A., Parker, K., Calvert, C.C. and Mills, D.A., 2015. Diet shapes the gut microbiome of pigs during nursing and weaning. *Microbiome*, 3, 1-10.
- Failace, R., Fernandes, F., 2015. Hemograma: Manual de Interpretação. Artmed, Porto Alegre.
- Ferreira, S.L.; Alvarenga, P.V.A.; Oliveira, G.F.; Melo, B.C.P.; Silva, L.G.R.; Ramos, D.R.A.; Tse, M.L.P., 2021. Lignina Kraft na dieta sobre o desempenho e incidência de diarreia de leitões desmamados. In: 19º Seminário Técnico Científico de Aves, Suínos e Peixes 5º Congresso de Zootecnia de Precisão.
- Gao, R., Yuan, Z., Zhao, Z., Gao, X., 1998. Mechanism of pyrogallol autoxidation and determination of superoxide dismutase enzyme activity. *Bioelectrochemistry Bio.Energ.* 45, 41–45.
- Heinritz, S. N., Weiss, E., Eklund, M., Aumiller, T., Louis, S., Rings, A., ... & Mosenthin, R., 2016. Intestinal microbiota and microbial metabolites are changed in a pig model fed a high-fat/low-fiber or a low-fat/high-fiber diet. *PloS one*, 11(4), e0154329.
- He, B., Li, T., Wang, W., Gao, H., Bai, Y., Zhang, S., ... & Wang, J., 2019. Metabolic characteristics and nutrient utilization in high-feed-efficiency pigs selected using different feed conversion ratio models. *Sci. China Life Sci.* 62, 959-970.
- IAL - Instituto Adolfo Lutz., 2008. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.
- Jain, N.C., 1996. In: Schalm's Veterinary Hematology. Lea and Fibiger, Philadelphia.
- Kaneko, J. J., Harvey, J. W., Bruss, M. L., 2008. Clinical biochemistry of domestical animal. 5ª ed. London, Academic Press.
- Kim, S. W., Weaver, A. C., Shen, Y. B., & Zhao, Y., 2013. Improving efficiency of sow productivity: nutrition and health. *J. Anim. Sci. Biotechnol*, 41, 1-8.
- Kirkman, H. N., & Gaetani, G. F., 2007. Mammalian catalase: a venerable enzyme with new mysteries. *Trends Biochem. Sci.*, 32, 44-50.
- Kong, X. F., Ji, Y. J., Li, H. W., Zhu, Q., Blachier, F., Geng, M. M., ... & Yin, Y. L., 2016. Colonic luminal microbiota and bacterial metabolite composition in pregnant Huanjiang mini pigs: effects of food composition at different times of pregnancy. *Sci. Rep.* 6(1), 1-14.
- Krzysztof, L., Zofia, A., Magdalena, M.K., Daniel K., Sylvia, K., 2019. The effect of polyphenols on the performance and antioxidant status of sows and piglets. *Ital. J. Anim. Sci.* 18, 174-181.
- Levinson, W. 2014. Review of medical microbiology and immunology. McGraw-Hill Education.
- Liao, J. J., Abd Latif, N. H., Trache, D., Brosse, N., & Hussin, M. H., 2020. Current advancement on the isolation, characterization and application of lignin. *Int. J. Biol. Macromol.* 162, 985-1024.
- Li, J.; Xing, J.; Li, D. D.; Wang, X.; Zhao, L.; LV, S.; Huang, D., 2005. Effects of β -glucan extracted from *Saccharomyces cerevisiae* on humoral and cellular immunity in weaned piglets. *Arch. Anim. Nutr.* 59, 303-313.

- Li, H., Liu, Z., Lyu, H., Gu, X., Song, Z., He, X., & Fan, Z., 2020. Effects of dietary inulin during late gestation on sow physiology, farrowing duration and piglet performance. *Anim. Reprod. Sci.* 219, 106531.
- Loisel, F., Farmer, C., Ramaekers, P., & Quesnel, H. 2013. Effects of high fiber intake during late pregnancy on sow physiology, colostrum production, and piglet performance. *J. Anim. Sci.* 91, 5269-5279.
- Lopes, A.T.S., Biondo, W.A., Santos, P.A., 2007. Manual de Patologia Clínica Veterinária. Santa Maria, Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais, UFSM.
- Mendes, C. B. S; Fontes, D. O; Guedes, R. M. C.; Silva, F. C. O.; Silva, M. A.; Oliveira, J. S. V.; Fernandes, I. S.; Fontes, F. A. P. V., 2010. Suplementação de betaglucano a dietas de leitões de 21 a 60 dias de idade. *Arq Bras Med Vet.* 62, 696-705.
- Montagne, L., Pluske, J. R., & Hampson, D. J., 2003. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Anim. Feed Sci. Technol.* 108, 95-117.
- Naqid, I. A., Owen, J. P., Maddison, B. C., Gardner, D. S., Foster, N., Tchórzewska, M. A., ... & Gough, K. C. 2015. Prebiotic and probiotic agents enhance antibody-based immune responses to *Salmonella Typhimurium* infection in pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 201, 57-65.
- Njongmeta, N.A., Hall, P.A., Ledenbach, L., Flowers, R.S.S.E., 2013. Acid-Producing Microorganisms, in: *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. American Public Health Association.
- Poeikhampha, T., & Bunchasak, C., 2011. Comparative effects of sodium gluconate, mannan oligosaccharide and potassium diformate on growth performances and small intestinal morphology of nursery pigs. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 24(6), 844-850.
- Pluske, J.R., Turpin, D.L., Kim, J., 2018. Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig. *Anim. Nutr.* 4, 187-196.
- Ramirez, G. A., Yacoub, M. R., Ripa, M., Mannina, D., Cariddi, A., Saporiti, N., ... & Dagna, L., 2018. Eosinophils from Physiology to Disease: A Comprehensive Review. *Biomed Res. Int.* 2018, 28.
- Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L., Gomes, P.C., Oliveira, R.F., Lopes, D.C., Ferreira, A.S., Barreto, S.L.T., Euclides, R.F., 2017. Tabelas brasileiras para aves e suínos –Composição de alimentos e exigências nutricionais. Imprensa Universitária/UFV, Viçosa.
- SAS Institute, 2014. SAS/STAT® 9.4 User's Guide, second ed. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Santos, A. V., Filho, E. T., Zangerônimo, M. G., Cantarelli, V. D. S., Teofilo, T. D. S., & Molino, J. P., 2016. Additive antibiotic, probiotic and prebiotic for early weaned piglets. *Ciênc. Anim. Bras.* 17, 1-10.
- Silva, N. DA; Junqueira, V. C. A.; Silveira, N. F. DE A.; Taniwaki, M.H; Gomes, R. A. R.; Okazaki, M. M., 2017. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água. 5. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda.

- Solihat, N. N., Sari, F. P., Falah, F., Ismayati, M., Lubis, M. A. R., Fatriasari, W., 2021. Lignin as an active biomaterial: a review. *J. Sylva Lestari*. 9, 1–22.
- Strathe, A. V., Bruun, T. S., Tauson, A. H., Theil, P. K., & Hansen, C. F. 2020. Increased dietary protein for lactating sows affects body composition, blood metabolites and milk production. *Anim*, 14, 285-294.
- Tan, C., Wei, H., Ao, J., Long, G., & Peng, J., 2016. Inclusion of konjac flour in the gestation diet changes the gut microbiota, alleviates oxidative stress, and improves insulin sensitivity in sows. *Appl Environ Microbiol*. 82(19), 5899.
- Wang, H., Zhang, C., Wu, G., Sun, Y., Wang, B., He, B., ... & Wu, Z., 2015. Glutamine enhances tight junction protein expression and modulates corticotropin-releasing factor signaling in the jejunum of weanling piglets. *J. Nutr*. 145, 25-31.
- Xie, C.; Wu, X.; Long, C.; Wang, Q.; Fan, Z.; Li, S.; Yin, Y., 2016. Chitosa oligosaccharide affects antioxidant defense capacity and placental amino acids transport of sows. *BMC Vet. Res*. 1-8.
- Xin, D., Ho, K., 2020. Effects of dietary supplementation of Quillaja saponin on growth performance, nutrient digestibility, fecal gas emissions, and meat quality in finishing pigs, *J. Appl. Anim. Res*. 48, 397-401.
- Yun, J., Wei, L., Li, W., Gong, D., Qin, H., Feng, X., ... & Yin, B., 2021. Isolating high antimicrobial ability lignin from bamboo kraft lignin by organosolv fractionation. *Front. Bioeng. Biotechnol*. 9, 363.
- Williams, C.H., David, D.J., Iismaa, O., 1962. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *J. Agric. Sci*. 59, 381-385.
- Zheng, L., Yu, P., Zhang, Y., Wang, P., Yan, W., Guo, B., et al. 2021. Evaluating the bio-application of biomacromolecule of lignin-carbohydrate complexes (LCC) from wheat straw in bone metabolism via ROS scavenging. *Int. J. Biol. Macromol*. 176, 13–25.

IMPLICAÇÕES

A avaliação de aditivos na nutrição de matrizes suínas traz desafios em sua execução á campo, desde a formação do lote de fêmeas com condições corporais semelhantes em granjas comerciais, o qual nem sempre é possível. Considerando a necessidade de um bom número de animais para avaliação e fêmeas com condições corporais encontradas bem diferentes.

Outro ponto de maior atenção na avaliação de aditivos em matrizes comerciais é a condição sanitária da granja, que não pode comprometer a estimulação do sistema imune individual. O que pode mascarar resultados biológicos.

Novas moléculas podem não apenas serem importantes na modulação microbiana intestinais, por meio da suas propriedades antimicrobiana, como também em propriedades

antioxidantes que permitam melhor desempenho em período de maiores danos oxidativos, no entanto, Novos estudos devem ser considerados sobre a lignina Kraft na dieta de suínos, maiores investigações sobre o modo de ação, utilização em momentos de maior desafio à saúde animal, períodos mais curtos de utilização ou seu efeito diluído em utilização em períodos mais longos, seu efeito associado a outros compostos naturais e possíveis efeitos nocivos à saúde na inclusão de altas doses. Além disso, ressaltam-se alterações em suas propriedades quando adicionadas aos ingredientes da ração e submetidas ao processamento.