



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

JONATHAN MÁDSON DOS SANTOS ALMEIDA

**FIBRA DIETÉTICA ASSOCIADA OU NÃO A PROBIÓTICO EM DIETAS
PARA LEITÕES DESMAMADOS**

AREIA

2022

JONATHAN MÁDSON DOS SANTOS ALMEIDA

**FIBRA DIETÉTICA ASSOCIADA OU NÃO A PROBIÓTICO EM DIETAS
PARA LEITÕES DESMAMADOS**

Tese apresentada ao programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, Universidade Federal do Ceará como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Linha de Pesquisa: Produção de não Ruminantes

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal (CCHSA/UFPB) – Orientador Principal
Profª. Dr. Celso José Bruno de Oliveira (CCA/UFPB)
Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe (UFC)

AREIA

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A447f Almeida, Jonathan Mádson Dos Santos.

Fibra dietética associada ou não a probiótico em dietas para leitões desmamados / Jonathan Mádson Dos Santos Almeida. - Areia:UFPB/CCA, 2022.

87 f. : il.

Orientação: Leonardo Augusto Fonseca Pascoal.
Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Zootecnia. 2. Creche. 3. Função de barreira. 4. Microorganismo. 5. Suíno. I. Pascoal, Leonardo Augusto Fonseca. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 636(043.2)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
UFPB – UFC**

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE TESE

TÍTULO: “FIBRA DIETÉTICA ASSOCIADA OU NÃO A PROBIÓTICO EM DIETAS DE LEITÕES DESMAMADOS”

AUTOR: Jonathan Mádson dos Santos Almeida

ORIENTADOR: Prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal

J U L G A M E N T O

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal
Presidente
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Prof. Dr. Urbano dos Santos Ruiz
Examinador
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ

Prof. Dr. Ricardo Romão Guerra
Examinador
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Profa. Dra. Ines Andretta
Examinadora
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Prof. Dr. Alexandre de Barros Lemos Moreira Filho
Examinador
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Areia, 28 de fevereiro de 2022

*Dedico essa pesquisa aos meus preciosos pais **Dulcinea Aparecida dos Santos Almeida** e **Joselito Medeiros de Almeida**, às minhas queridas irmãs **Isabella Roxana dos Santos Almeida Araújo** e **Ludmilla Giovana dos Santos Almeida** e às minhas adoradas sobrinhas **Isadora Sophia de Almeida Araújo** e **Chiara Yollana de Almeida Araújo**, que apesar da distância sempre me transmitiram apoio, confiança e amor.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por me conceder saúde, paz e esperança nos momentos mais complicados.

A Nossa Senhora que sempre intercede e roga por mim.

Aos meus pais, Dulcinea Aparecida dos Santos Almeida e Joselito Medeiros de Almeida, por sempre terem confiado e acreditado no meu desejo de vencer.

Ao meu orientador, prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal, por todo o conhecimento transmitido, a confiança depositada, e principalmente, pela amizade construída, os conselhos e palavras de apoio, que a mim foram repassados durante todo o período em que fui seu aluno e orientado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus colegas/parceiros do Núcleo de Estudos em Suínos e Coelhos (NESC), em especial a pessoa de Jorge Luiz, Andrew e Wilson pelo imenso auxílio e parceria. A todos os funcionários e alunos do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias (CCHSA-UFPB) campus Bananeiras.

Aos meus amigos do curso de medicina veterinária UFPB e do PPGZ por se fazerem presentes em todos os momentos ao longo dessa minha caminhada acadêmica e pela imensa ajuda na realização no desenvolvimento das atividades.

A professora Ines Andretta e a doutoranda Carolina Haubert Franceschi que me ajudaram prontamente nesse desafio de construir uma meta-análise. Meu muito obrigado por todos os ensinamentos.

Aos professores examinadores, pela disponibilidade, atenção e pelas valiosas considerações e contribuições dedicadas a este trabalho. A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Campus II - Areia/UFPB.

Por fim a todas as pessoas que, direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

**A TODOS VOCÊS OS MEUS SINCEROS E SINGELOS
AGRADECIMENTOS.**

“Desconfie do destino e acredite em você. Gaste mais horas realizando que sonhando, fazendo que planejando, vivendo que esperando porque, embora quem quase morre esteja vivo, quem quase vive já morreu. “

Sarah Westphal.

FIBRA DIETÉTICA ASSOCIADA OU NÃO A PROBIÓTICO EM DIETAS PARA LEITÕES DESMAMADOS

RESUMO

Este trabalho de tese foi composto por 3 ensaios experimentais. O primeiro apresenta uma revisão sistemática de estudos que investigaram o papel da fibra na dieta de leitões desmamados e sua influência sobre a integridade intestinal e marcadores imunológicos. Após a utilização de critérios de exclusão e inclusão, o banco de dados foi composto por 24 estudos originais. Observou-se que a maioria dos artigos utilizaram até 100 animais para a realização dos experimentos e que a idade mais comum ao desmame foi aos 28 dias. Em diversos artigos foi possível comprovar a eficácia da fibra, a depender da fonte e do nível utilizado, na manutenção e melhoria da integridade intestinal e na função de barreira. Essa pesquisa pode ter elucidado alguns parâmetros importantes no momento de iniciar um experimento a campo. No segundo ensaio objetivou-se realizar uma meta-análise da relação entre a fibra dietética e o desempenho de leitões nas fases pré-inicial e inicial. Através de buscas on-line em diferentes bases indexadoras um total de 8360 artigos foi exportado para o gerenciador de referências e posterior seleção. Análises gráficas foram realizadas para observar a coerência biológica dos dados e obter uma visão geral da consistência e heterogeneidade deles. A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade a partir do programa Minitab 20. Após a utilização de critérios de exclusão e inclusão, o banco de dados foi composto por 57 estudos originais, oriundos de 18 países e publicados entre os anos de 1997 e 2020 em 26 periódicos diferentes. Quase metade dos artigos foram publicados a partir de 2015 e o nível mais comum de FDN foi o recomendável. Mesmo apresentando grande variabilidade nos dados, foi possível verificar que em estudos com níveis de fibra bruta entre 4 e 5% os animais apresentaram maior ganho de peso diário relativo, enquanto que não houve correlação explícita entre maior nível de FDN e aumento no consumo de ração. Houve efeito ($P < 0,05$) do nível de FDN sobre a eficiência alimentar, no qual os animais que consumiram o nível baixo (menos de 10%) tiveram melhor eficiência quando comparados com aqueles que consumiram nível alto (acima de 13,9%). Foi observada uma tendência de maior ganho de peso em estudos que utilizaram níveis baixos e recomendados (entre 10 e 13,9%) de FDN. Este estudo poderá servir como embasamento para trabalhos futuros, a partir dos dados pesquisados. No terceiro ensaio objetivou-se

avaliar os efeitos da adição da lignocelulose associada ou não a probiótico em dietas para leitões desmamados. Foram utilizados 40 leitões desmamados, de mesma linhagem comercial, sendo 20 machos castrados e 20 fêmeas. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram dispostos da seguinte maneira: DC: dieta controle composta principalmente por milho e farelo de soja; DF: DC+ 1% de lignocelulose; DP: DC+ 0,2% de probiótico; DFP: DC+ 1% de lignocelulose e 0,2% de probiótico. A adição da lignocelulose e do probiótico não afetou ($P>0,05$) o desempenho nem a incidência de diarreia. Houve efeito ($P<0,05$) das dietas experimentais para a análise de imunoglobulinas séricas, no qual para IgG e IgM animais que consumiram a DFP tiveram maiores níveis seguidos da DP, DF e DC, respectivamente; para a IgA o consumo da dieta DFP fez aumentar os níveis. Leitões que consumiram dietas contendo lignocelulose e probióticos de maneira associada ou não apresentaram maior ($P<0,05$) altura de vilosidade (AV) no duodeno e íleo, e menor profundidade de criptas e melhor relação no jejuno. A AV no jejuno foi maior para animais que consumiram a DFP. Os perfis fecais de butirato foram maiores ($P<0,05$) em leitões que consumiram as dietas DF e DP, e o nível de valerato aumentou ($P<0,05$) a partir do consumo da dieta DP. Em conclusão, o uso de 1% de lignocelulose e 0,2% de probiótico de maneira associada ou não pode ser recomendado por aumentar anticorpos séricos, perfis de ácidos graxos de cadeia curta, além de melhorar parâmetros de morfometria intestinal, sem prejuízo as variáveis de desempenho, digestibilidade de nutrientes e sobre a incidência de diarreia.

Palavras-chave: fase de creche; função de barreira; microrganismos; morfologia intestinal; polissacarídeos não-amiláceos; suíno.

DIETARY FIBER ASSOCIATED OR NOT WITH PROBIOTICS IN DIETS FOR WEAN PIGLETS

ABSTRACT

This thesis work consisted of 3 experimental essays. The first presents a systematic review of studies that investigated the role of fiber in the diet of weaners and its influence on intestinal integrity and immunological markers. After using exclusion and inclusion criteria, the database consisted of 24 original studies. It was observed that most of the articles used up to 100 animals to carry out the experiments and that the most common age for weaning was at 28 days. In several articles, it was possible to prove the effectiveness of fiber, depending on the source and level used, in the maintenance and improvement of intestinal integrity and barrier function. This research may have elucidated some important parameters when starting a field experiment. In the second trial, the objective was to carry out a meta-analysis of the relationship between dietary fiber and the performance of piglets in the weaning phase. Through online searches in different indexing bases, a total 8360 articles were exported to the software for later selection. Graphical analyzes for to general evaluation of the data and to obtain an evaluation of their consistency and heterogeneity. Means were compared using Tukey's test at 5% probability using the Minitab 20 program. After using exclusion and inclusion criteria, the database consisted of 57 original studies, from 18 countries and published between 1997 and 2020 in 26 different journals. Almost half of the articles were published from 2015 onwards and the most common level of NDF was recommended. Even with great variability in the data, it was possible to verify that in studies with crude fiber levels between 4 and 5%, the animals showed greater relative daily weight gain, while there was no explicit correlation between a higher level of NDF and an increase in feed intake. There was an effect ($P < 0.05$) of the NDF on feed efficiency, in which the animals that consumed the low level had better values when compared to those that consumed the high level. A trend towards greater weight gain was observed in studies that used low and recommended levels of NDF. This study may serve as a basis for future work, based on the researched data. In the third trial, the objective was to evaluate the effects of adding lignocellulose associated or not to probiotics in diets for weaned piglets. Forty weaned piglets of the same commercial strain were used 20 castrated males and 20 females. The animals were distributed in an experimental design in randomized blocks, with four treatments and five replications. The treatments were arranged as follows: CD: control diet composed mainly of corn

and soybean meal; DF: CD + 1% of lignocellulose; PD: DC + 0.2% of probiotic; FPD: DC + 1% of lignocellulose and 0.2% of probiotic. The addition of lignocellulose and probiotic did not affect ($P>0.05$) performance or diarrhea incidence. There was an effect ($P<0.05$) of the experimental diets for the analysis of serum immunoglobulins, in which for IgG and IgM animals that consumed FPD had higher levels followed by PD, DF and CD, respectively; for IgA the consumption of the FPD diet increased the levels. Piglets that consumed diets containing lignocellulose and probiotics in association or not showed higher ($P<0.05$) villus height (VH) in the duodenum and ileum, and lower crypt depth and better ratio in the jejunum. The VH in the jejunum was higher for animals that consumed the FPD. Fecal butyrate profiles were higher ($P<0.05$) in piglets that consumed the DF and PD diets and the valerate level increased ($P<0.05$) from the consumption of the PD diet. In conclusion, the use of 1% of lignocellulose and 0.2 % of probiotic in association or not can be recommended because it increases serum antibodies, short-chain fatty acid profiles, in addition to improving morphometric parameters. Intestinal tract, without prejudice to performance variables, digestibility nutrients and the incidence of diarrhea.

Keywords: nursery phase; barrier function; microorganisms; intestinal morphology; non-starch polysaccharides; swine.

LISTA DE TABELAS

Capítulo I- Revisão sistemática do uso de fibras na alimentação de leitões desmamados e sua influência sobre a integridade intestinal e marcadores imunológicos

Tabela 1. Informações resumidas sobre os estudos utilizados	21
Tabela 2. Efeitos dos ingredientes fibrosos sobre a integridade do epitélio intestinal e/ou de marcadores da resposta imune	26

Capítulo II- Uso de fibras na alimentação de leitões desmamados e sua influência sobre os parâmetros de desempenho – uma meta-análise

Tabela 1. Banco de dados com informações resumidas sobre os artigos com o uso de fontes de fibras para leitões	44
Tabela 2. Desempenho de leitões alimentados com dietas contendo diferentes níveis e tipos de fibra.....	50

Capítulo III- Lignocelulose associada ou não a probiótico e sua influência sobre o desempenho, parâmetros imunológicos, integridade intestinal e perfil de ácidos graxos de leitões desmamados

Tabela 1. Composição básica do probiótico	68
Tabela 2. Composição centesimal das dietas experimentais utilizadas para leitões ¹ e valores calculados de nutrientes fornecidos.....	69
Tabela 3. Efeito da inclusão de lignocelulose associado ou não a probiótico em dietas para leitões desmamados sobre o consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA).....	74
Tabela 4. Concentração sérica de imunoglobulina G (IgG), imunoglobulina M (IgM) e imunoglobulina A (IgA) de leitões desmamados alimentados com dietas contendo lignocelulose associado ou não a probiótico.....	75
Tabela 5. Coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), proteína bruta (CDPB), energia bruta (CDEB), matéria mineral (CDMM) e extrato etéreo (CDEE) de leitões desmamados alimentados com lignocelulose associado ou não a probiótico	75
Tabela 6. Efeito da inclusão de lignocelulose associado ou não a probiótico em dietas para leitões desmamados sobre a altura de vilosidades (AV), profundidade de criptas (PC) , relação altura de vilosidades/profundidade de criptas (AV/PC), largura de vilosidades (LV), espessura de mucosa (EM) e área absorptiva (AA) do intestino delgado	76
Tabela 7. Perfil de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) de leitões desmamados alimentados com dietas contendo lignocelulose associado ou não a probiótico.....	77

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I- Revisão sistemática do uso de fibras na alimentação de leitões desmamados e sua influência sobre a integridade intestinal e marcadores imunológicos

Figura 1. Diagrama de fluxo detalhado sobre a seleção dos estudos.....	20
Figura 2. Países de origem dos estudos selecionados	23
Figura 3. Quantidade de animais utilizados por estudo selecionado	23
Figura 4. Quantidade de estudos de acordo com a idade praticada ao desmame	24
Figura 5. Quantidade de estudos de acordo com a duração do período experimental	24

Capítulo II- Uso de fibras na alimentação de leitões desmamados e sua influência sobre os parâmetros de desempenho – uma meta-análise

Figura 1. Diagrama de fluxo detalhado sobre a seleção dos artigos.....	42
Figura 2. Relação entre fibra em detergente neutro e o ano de publicação dos artigos que compõem a base de dados.	46
Figura 3. Países de origem dos estudos selecionados	47
Figura 4. Concentração de fibra bruta (%) na dieta de suínos em relação ao ganho de peso diário relativo (%) de suínos.....	48
Figura 5. Relação entre o nível de fibra em detergente neutro ¹ (%) e o consumo diário de ração (g) de suínos.	49
Figura 6. Relação entre ganho de peso e consumo de ração em leitões reportados em estudos prévios (indicados pelas cores) de acordo com diferentes níveis (indicados pelo tamanho das bolhas) e tipos de fibra (A – solúvel; B – insolúvel; C – bruta)	51

Capítulo III- Lignocelulose associada ou não a probiótico e sua influência sobre o desempenho, parâmetros imunológicos, integridade intestinal e perfil de ácidos graxos de leitões desmamados

Figura 1. Incidência de diarreia de leitões desmamados alimentados com dietas contendo lignocelulose associado ou não a probiótico.....	74
--	----

SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
Capítulo I- Revisão sistemática do uso de fibras na alimentação de leitões desmamados e sua influência sobre a integridade intestinal e marcadores imunológicos	
RESUMO	16
ABSTRACT	17
INTRODUÇÃO.....	18
MATERIAL E MÉTODOS	19
RESULTADOS	20
DISCUSSÃO	29
CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS.....	32
Capítulo II- Uso de fibras na alimentação de leitões desmamados e sua influência sobre os parâmetros de desempenho – uma meta-análise	
RESUMO	37
ABSTRACT	38
INTRODUÇÃO.....	39
MATERIAL E MÉTODOS	40
RESULTADOS	42
DISCUSSÃO	51
CONCLUSÃO.....	55
REFERÊNCIAS.....	56
Capítulo III- Lignocelulose associada ou não a probiótico e sua influência sobre o desempenho, parâmetros imunológicos, integridade intestinal e perfil de ácidos graxos de leitões desmamados	
RESUMO	64
ABSTRACT	65
INTRODUÇÃO.....	66
MATERIAL E MÉTODOS	67
RESULTADOS	73
DISCUSSÃO	77
CONCLUSÃO.....	81
REFERÊNCIAS.....	82
CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES.....	87

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A suinocultura é considerada uma atividade consolidada no Brasil e com o mercado interno em crescimento constante. O Brasil tem destaque no cenário mundial sendo o 4º maior produtor e exportador de carne suína no mundo.

Dentre todas as fases de criação, uma que merece atenção especial é o período do desmame, pois é considerado um momento crítico para os leitões, marcado por mudanças ambientais, sociais e nutricionais, que podem inibir o consumo de ração com consequente diminuição do crescimento, além de afetar a fisiologia do trato gastrointestinal e promover problemas entéricos.

Diante disso, a suplementação de níveis subterapêuticos de antibióticos acabou tornando-se uma prática comum para prevenir problemas entéricos e promover melhoria no crescimento dos animais. Contudo, a resistência microbiana, devido ao uso excessivo de antibióticos em dietas para animais, bem como a sua utilização terapêutica ou profilática de forma indiscriminada, tornou-se uma preocupação de saúde pública, e fez com que restrições quanto a sua utilização fossem impostas por vários países.

Assim sendo, se faz necessária, especialmente na produção intensiva de suínos, novas abordagens nutricionais, que favoreçam o bom funcionamento do trato gastrointestinal (TGI), com melhoria do desempenho e da saúde dos animais, especialmente no período do pós desmame.

A utilização de ingredientes/alimentos ricos em fibras nas dietas vem sendo amplamente utilizada na produção animal não apenas para ruminantes como também para os não ruminantes. O impacto da fibra dietética na nutrição e saúde de leitões depende das suas propriedades físico-químicas, podendo diferir entre as diversas fontes existentes. Todavia, os suínos são animais que não apresentam a capacidade de digerir o alimento fibroso visto que não possuem enzimas capazes de degradar seus componentes, mas a fibra pode ser fermentada por bactérias presentes principalmente no intestino grosso, gerando ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) que são benéficos para a microbiota, saúde intestinal e crescimento do animal.

Uma outra alternativa aos antibióticos na criação animal são os probióticos. Probióticos consistem em espécies ou cepas de microrganismos viáveis que podem ser oferecidos junto a alimentação ou água ou ainda por via oral, de forma a auxiliar no equilíbrio da microbiota do TGI, por permitir a harmonia entre os microrganismos residentes, de tal forma que micróbios benéficos se sobressaiam sobre os nocivos. A partir da eubiose intestinal pode ser verificada melhorias nos parâmetros de desempenho e em indicadores de integridade intestinal.

Diante do exposto acima, objetivou-se realizar uma revisão sistemática com o uso de fibras e sua influência sobre a integridade intestinal e marcadores imunológicos; verificar, a partir de uma meta-análise, o efeito de dietas fibrosas sobre as características de desempenho e avaliar o efeito da fibra associada ou não a probiótico sobre o desempenho produtivo, parâmetros imunológicos, integridade intestinal e perfil de ácidos graxos de leitões desmamados.

CAPÍTULO I

Revisão sistemática do uso de fibras na alimentação de leitões desmamados e sua influência sobre a integridade intestinal e marcadores imunológicos

RESUMO

O desmame dos leitões é marcado por situações de estresse que desencadeiam sérios problemas nos animais como inflamação do intestino e prejuízo a função de barreira intestinal. Maneiras atuais e eficazes de otimizar a saúde intestinal em substituição aos antibióticos promotores de crescimento estão sendo testadas. Em vista disso, a inclusão de fibra dietética vem sendo realizada e mostra-se como algo promissor. Este trabalho apresenta uma revisão sistemática de estudos que investigaram o papel da fibra na dieta de leitões desmamados e sua influência sobre a integridade intestinal e marcadores imunológicos. Após a utilização de critérios de exclusão e inclusão, o banco de dados foi composto por 24 estudos originais. Um levantamento acerca de informações pertinentes no grupo dos estudos selecionados também foi realizado. Observou-se que a maioria dos artigos utilizaram até 100 animais para a realização dos experimentos e que a idade mais comum para a realização do desmame foi aos 28 dias. Em diversos artigos foi possível comprovar a eficácia da fibra, a depender da fonte e do nível utilizado, na manutenção e melhoria da integridade intestinal e na função de barreira. Essa pesquisa pode ter elucidado alguns parâmetros importantes no momento de iniciar um experimento a campo.

Palavras-Chave: fase de creche; função de barreira; morfologia intestinal; PNAs; suíno.

ABSTRACT

The weaning of piglets is marked by stressful situations that trigger serious problems in animals such as inflammation of the intestine and damage to the intestinal barrier function. Current and effective ways to optimize gut health in place of growth-promoting antibiotics are being tested. In view of this, the inclusion of dietary fiber has been carried out and shows itself as something promising. This paper presents a systematic review of studies that investigated the role of fiber in the diet of weaners and its influence on intestinal integrity and immunological markers. After using exclusion and inclusion criteria, the database consisted of 24 original studies. A survey of pertinent information in the group of selected studies was also carried out. It was observed that most of the articles used up to 100 animals to carry out the experiments and that the most common age for weaning was at 28 days. In several articles, it was possible to prove the effectiveness of fiber, depending on the source and level used, in the maintenance and improvement of intestinal integrity and barrier function. This research may have elucidated some important parameters when starting a field experiment.

Keywords: nursery phase; barrier function; intestinal morphology; NPAs; swine

1 INTRODUÇÃO

Na suinocultura intensiva, o momento do desmame normalmente acontece entre os 21 e 28 dias de idade. Durante esse período os leitões são expostos a mudanças nutricionais, sociais e ambientais significativas que desencadeiam situações de estresse recorrentes. Diante disso, é comum que leitões desmamados apresentem consumo de ração irrisório e baixa ingestão de água, principalmente nas primeiras 48 horas pós desmame, deixando-os mais susceptíveis a disfunções no trato gastrointestinal (TGI) e no sistema imunológico (Gresse et al., 2017).

As disfunções do TGI de leitões após o desmame são caracterizadas por mudanças significativas na arquitetura da mucosa do intestino delgado, marcado pela atrofia das vilosidades e hiperplasia das células das criptas; aumento da regulação de citocinas pró-inflamatórias, redução da função de barreira, proliferação de bactérias patogênicas, culminando em diarreias (O'Doherty et al., 2017).

Nesse aspecto, uma das principais alternativas utilizada para minimizar os efeitos prejudiciais, mas intrínsecos do período do desmame foram os antibióticos promotores de crescimento nas rações. Contudo, o uso descomedido em criações animais contribuiu significativamente para o aumento de patógenos super-resistentes, com notáveis prejuízos tanto para a saúde de animais quanto a dos humanos (Schokker et al., 2015).

Dessa maneira, estratégias nutricionais vêm sendo desenvolvidas e testadas ao longo dos anos como possíveis substitutos aos antibióticos promotores de crescimento. Adicionar fibra na dieta diária pode melhorar a adaptação dos suínos durante o período de desmame (Superchi et al., 2017).

A fibra dietética não pode ser digerida por enzimas presentes no TGI de leitões, mas pode ser fermentada por bactérias presentes principalmente no intestino grosso, gerando ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) que são benéficos tanto para a microbiota quanto para a saúde intestinal (Grilli et al., 2016). O tipo de fibra alimentar, solúvel ou

insolúvel, influencia seus efeitos na composição e função microbiana intestinal (Adams et al., 2019).

O impacto da fibra dietética na nutrição e saúde de leitões depende das suas propriedades físico-químicas, que pode ser distinta entre as várias fontes existentes. Todavia, há evidências de que a fibra pode ter efeitos prebióticos em suínos, por meio da interação entre o ambiente intestinal, a microbiota e o sistema imunológico associado ao intestino (Lindberg, 2014). Uma dieta com ingredientes ricos em fibras seja solúvel ou insolúvel melhora a integridade da mucosa e a função de barreira intestinal (Jing et al., 2019).

Portanto, objetivou-se com essa revisão sistemática abordar o papel da fibra dietética sobre a integridade intestinal e marcadores imunológicos de leitões desmamados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Esta revisão sistemática baseou-se em uma busca estruturada e elaborada realizada em três bases indexadoras. A estratégia inicial adotada foi abrangente para identificar o maior número possível de estudos com fibras para leitões durante o período do desmame.

Pesquisas independentes foram realizadas. A estratégia “PICO” foi utilizada para identificar “População”, “Interesse” e “Contexto” para ambas as pesquisas, estando as palavras na língua inglesa. A chave de busca foi construída da seguinte maneira: A população foi definida como “pig” OR “pigs” OR “piglets*” OR “swine*”. Para o interesse foram utilizadas “dietary fiber” OR fiber OR “sources of fiber” OR “dietary fiber concentrate” OR lignocelulose. Para o contexto as palavras performance OR “body weight” OR “average daily feed intake” OR “average daily gain” OR “feed conversion” OR “gain of weight” OR “incidence of diarrhea” OR digestibility OR metabolism OR “intestinal health” OR “gut health” foram utilizadas.

A busca foi realizada em julho de 2020, considerando apenas estudos originais revisados por pares e publicados em periódicos científicos disponíveis nas bases do PubMed, Scopus e Web of Science. De cada base foi gerado um banco de estudos que foi exportado para o gerenciador de referências (EndNote X9, Philadelphia, PA) usado para organizar referências e gerenciar parte da seleção dos artigos. Não foi imposta nenhuma limitação quanto ao ano de publicação ou origem geográfica do estudo. Referências

citadas nos artigos selecionados foram revisados para identificar artigos adicionais considerados relevantes.

3 RESULTADOS

O diagrama detalhado sobre a seleção dos estudos utilizados na revisão sistemática pode ser verificado na Figura 1.

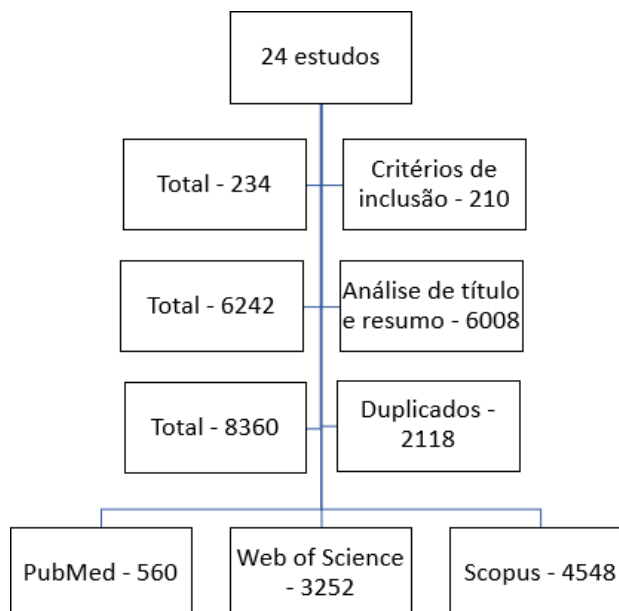


Figura 1. Diagrama de fluxo detalhado sobre a seleção dos estudos

Na base do PubMed foram encontrados 560 artigos, na Web of Science 3252 e na Scopus 4548. Cada banco de dados foi exportado para o gerenciador de referências (EndNote X9, Philadelphia, PA) usado para gerenciar e organizar as referências. 2118 artigos duplicados foram identificados e excluídos. Os estudos foram avaliados criticamente quanto a sua relevância e qualidade, sendo examinado títulos e resumos, restando ao final desta etapa 234 artigos.

Em seguida, com os artigos restantes, foram estabelecidos critérios de inclusão e exclusão para o estudo da revisão sistemática. Foram selecionados apenas artigos

realizados com a espécie em questão suíno doméstico (*Sus Scrofa*); realizados durante o período do pós desmame (fases pré-iniciais e inicial); animais criados sem nenhum desafio imunológico; as dietas não poderiam conter antibióticos, enzimas ou qualquer outro aditivo não relacionado ao tema da revisão; oferecimento de ração na mesma forma física, sendo isoenergéticas e isoproteicas; animais criados sob as mesmas condições ambientais e higiênicas e que tivessem avaliado aspectos relacionados a integridade do epitélio intestinal e/ou marcadores da resposta imunológica. Ao fim desta etapa restaram 24 estudos que foram utilizados para a elaboração desta revisão sistemática.

Informações resumidas sobre os estudos como: autor principal, tipo e nível do ingrediente fibroso, podem ser verificadas na Tabela 1.

Tabela 1. Informações resumidas sobre os estudos utilizados

Cód.	Autor e ano	Tipo de ingrediente	Nível do ingrediente (%)
1	Hedeman et al., 2006	Casca de cevada e cevada	9,6; 7,1; 19,1; 9,6-7,1
2	Van Nevel et al., 2005	Goma guar, goma de alfarroba e farinha de sementes de alfarroba	1; 1 e 10
3	Hanczakowska et al., 2008	Celulose	0,5; 1,5 e 2
4	Schedle et al., 2008	Farelo de trigo, farelo de pinheiro e pólen de pinheiro	3; 1,5 e 2,55
5	Weber et al., 2008	DDGS, casca de soja e polpa cítrica	7,5
6	Chen et al., 2013	Fibra de milho, fibra de soja, farelo de trigo e fibra de ervilha	10
7	Ribeiro et al., 2013	Castanha	31 e 63,1
8	Chen et al., 2015	Farelo de trigo, arabinoxilanos, celulose e arabinoxilano+celulose	10; 4,96; 0,93; 4,96+0,93
9	Chen et al., 2015	Farelo de trigo, fibra de milho, fibra de soja e fibra de ervilha	10

10	Pascoal et al., 2015	Celulose purificada; casca de soja e polpa cítrica	1,5; 3 e 9
11	Nepomuceno et al., 2016	Farelo de trigo	5,29; 4,11; 13,23; 22,36
12	Chen et al., 2017	Farelo de trigo, arabinoxilanos, celulose e arabinoxilano+celulose	10; 4,96; 0,93; 4,96+0,93
13	Wu et al., 2017	Isomalto-oligossacarídeo	0,6
14	Yan et al., 2017	Polpa de beterraba	3; 6; 9 e 12
15	Che et al., 2018	Fibra Austragalus membranaceus	2,5; 5 e 7,5
16	Liu et al., 2018	Farelo de milho	5
17	Wu et al., 2018	Celulose, xilana e glucana	5,1; 5,2 e 5,83
18	Adams et al., 2019	Alfafa	6; 12 e 18
19	Tingting Chen et al., 2019	Lignocelulose e inulina	1; 1; 0,75+0,25; 0,5+0,5
20	Slama et al., 2020	Casca de soja e lignocelulose I e II	2,5; 1,5 e 1,5
21	Shang et al., 2020	Farelo de trigo e polpa de beterraba	6
22	Taksinanan et al., 2020	Casca de arroz e pectina	1,25+0,6 e 2,5+0,7
23	Wang et al., 2020	Inulina	0,25; 0,5 e 1
24	Zhu et al., 2020	Pirodextrina	0,5

Vários são os ingredientes alimentares ricos em fibras, todavia os mais comuns nos estudos selecionados foram: farelo de trigo, celulose, concentrado de fibra, casca de soja e farelo de milho. Os artigos selecionados foram publicados entre os anos de 2006 e 2020 em 13 periódicos diferentes, dos quais Archives of Animal Nutrition (4) e Animal Feed Science and Technology (3) tiveram maior participação na base de dados.

Os países de origem dos referentes estudos podem ser observados na Figura 2.



Figura 2. Países de origem dos estudos selecionados

Verificou-se que a maior prevalência dos estudos foi na China (13 estudos), seguido do Brasil, Estados Unidos e Áustria (2 estudos). Tailândia, Coreia do Sul, Polônia, Suécia e Portugal cada país está representado com 1 estudo.

Foi feito o levantamento da quantidade média total de animais utilizados por estudo (Figura 3).

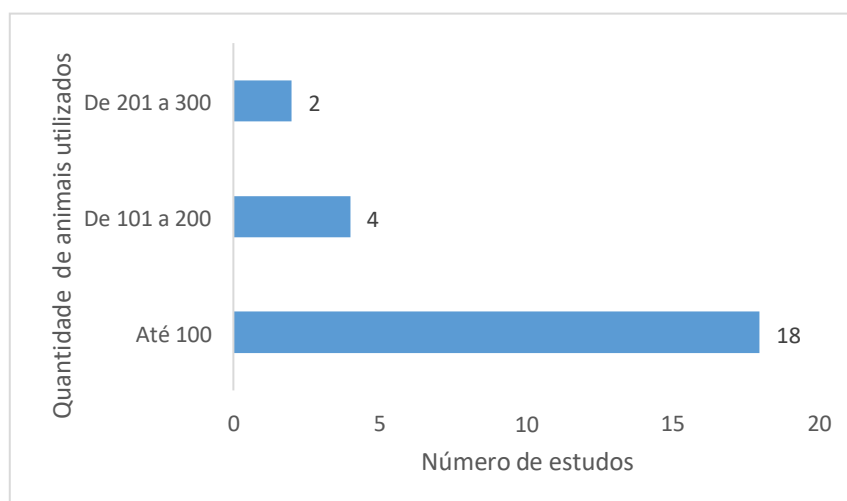


Figura 3. Quantidade de animais utilizados por estudo selecionado

De acordo com o gráfico acima, dos 24 estudos selecionados 18 utilizaram até 100 leitões, 4 de 101 a 200 leitões e 2 estudos utilizaram de 201 a 300 leitões.

A referida revisão sistemática também investigou qual a idade mais comum praticada no momento do desmame (Figura 4).

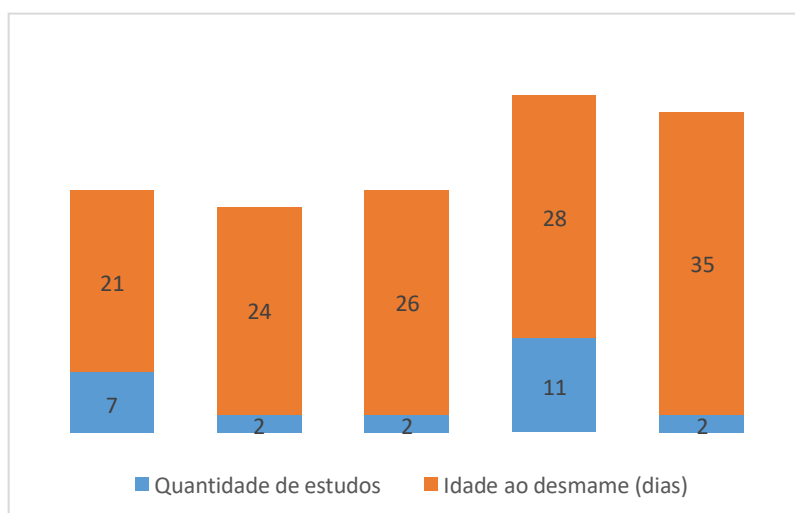


Figura 4. Quantidade de estudos de acordo com a idade praticada ao desmame

Verificou-se que em mais de 90% dos estudos o desmame foi realizado entre 21 e 28 dias, sendo em 11 estudos aos 28 dias; 7 estudos aos 21 dias e 2 estudos aos 24 e 26 dias. O desmame mais tardio (aos 35 dias) foi observado em 2 estudos.

Na figura 5 pode-se verificar qual a duração do período experimental mais frequente entre os estudos selecionados.

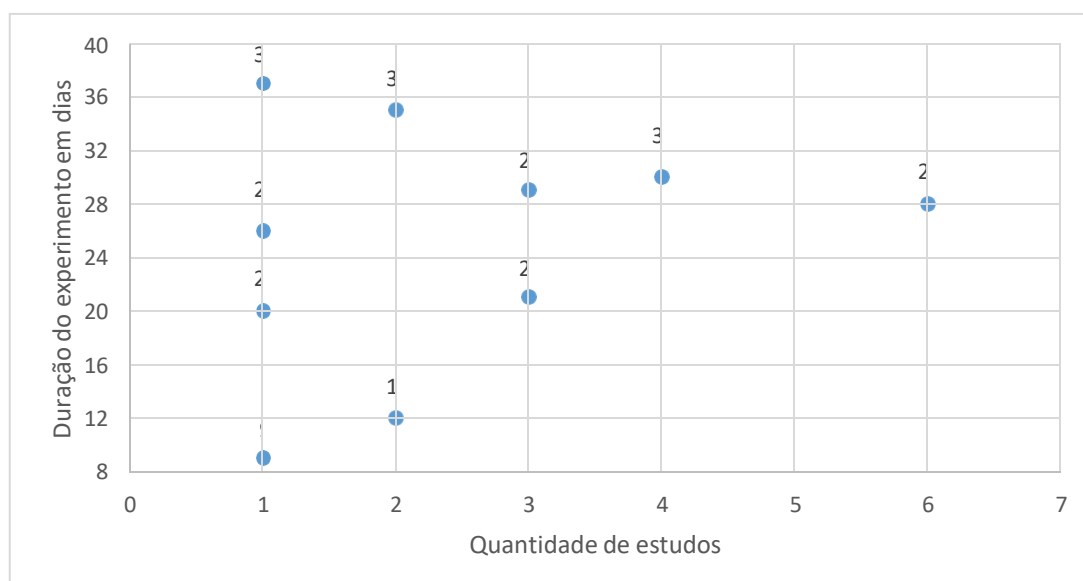


Figura 5. Quantidade de estudos de acordo com a duração do período experimental

A partir do gráfico acima observou-se que a duração do período experimental entre os estudos analisados variou de 9 a 37 dias. A duração mais frequente (28 dias) foi verificada em 6 estudos; seguida por 30 dias em 4 estudos; 29 e 21 dias em 3 estudos cada; 12 e 35 dias em 2 estudos e 9, 20, 26 e 37 em 1 estudo cada.

Os efeitos dos ingredientes fibrosos sobre a integridade do epitélio intestinal e/ou de marcadores da resposta imune podem ser verificados na Tabela 2.

Tabela 2. Efeitos dos ingredientes fibrosos sobre a integridade do epitélio intestinal e/ou de marcadores da resposta imune

Código	Avaliação da integridade intestinal¹	Marcadores de resposta inflamatória²
1	A utilização de pectina diminuiu a AV e aumentou a PC.	A pectina diminuiu significativamente a área de mucinas nas criptas do intestino delgado, indicando que os porcos alimentados com a dieta contendo pectina seriam provavelmente mais suscetíveis a bactérias patogênicas.
2	A farinha de sementes de alfarroba piorou as variáveis de AV, PC e AV/PC do jejuno.	A utilização de goma de alfarroba e da farinha de sementes de alfarroba diminuiu o número de células em mitose nas criptas no jejuno.
3	A utilização de 1,5 e 2% de celulose melhora a relação AV/PC do jejuno.	Não foi analisado.
4	O farelo de trigo e o farelo de pólen de pinheiro aumentaram a altura das vilosidades da mucosa do jejuno e íleo.	O farelo de trigo induziu uma regulação positiva de NFκB no estômago e jejuno, como bem como TNFα e TGFβ, e Caspase3 no jejuno. O pólen de pinheiro induziu a regulação negativa de NFκB, TNFα, TGFβ, Caspase3, CDK4 no cólon, bem como a regulação positiva de NFκB e TGFβ em linfonodos mesentéricos.
5	Não foi analisado.	O fornecimento de DDGS nas dietas pode aumentar a expressão de genes anti-inflamatórios e pró-inflamatórios como IL-6, IL-1β e IL-10 em tecido do íleo.
6	Farelo de trigo e fibra de ervilha aumentaram a relação AV e AV/PC no íleo.	A inclusão do farelo de trigo e da fibra e ervilha proporcionou aumento da atividade de e diamin oxidase e TFF no íleo e na expressão gênica de ocludina e de TLR2 no cólon.
7	Menor PC e aumento da relação AV/PC no jejuno de animais que consumiram as dietas contendo amido de castanha.	Não foi analisado.
8	Farelo de trigo aumentou a relação AV/PC e índice de células caliciformes.	Arabinosilano e farelo de trigo melhoraram a função de barreira intestinal.

9	O farelo de trigo melhorou a AV e a relação AV/PC do jejuno.	Não foi analisado.
10	A inclusão da casca de soja e polpa citrica aumentou o número de células caliciformes no duodeno.	Não foi analisado.
11	Houve efeito quadrático sobre a AV no duodeno e sobre a AV e PC no jejuno, com a maior AV em ambos os segmentos sendo estimada dietas com 4,11% de farelo de trigo ou 12,2% de FDN.	Não foi analisado.
12	Não foi analisado.	A inclusão do farelo de trigo, arabinoxilano e celulose+arabinoxilano aumentou a expressão dos genes TLR-2 e ZO-1. Além disso diminuíram a expressão gênica do TNF- α , IL-1 β e IL-6.
13	A AV do íleo foi maior em leitões alimentados com isomalto-oligossacarídeo.	No dia 14, isomalto-oligossacarídeo diminuiu o nível de malondialdeído (MDA), aumentou os níveis de glutathione peroxidase, catalase e imunoglobulina G no soro.
14	Não houve efeito das dietas experimentais.	Não houve efeito das dietas experimentais.
15	Não foi analisado.	O nível de IL-2 no sangue e TNF- α foram significativamente afetados por suplementação. O grupo com 7,5% teve maior IL-2 e TNF- α .
16	Não foi analisado.	O farelo de milho aumentou a produção de IL-10 no plasma.
17	A suplementação com glucana aumentou a relação AV/PC no duodeno e íleo.	O uso de xilana e glucana aumentou a expressão de genes associados as funções de barreira intestinal (ZO-1 e claudina 1).
18	A inclusão de 6 a 18% de farelo de alfafa melhorou a AV e a relação AV/PC no duodeno e jejuno.	Não foi analisado.
19	Não foi analisado.	A associação da lignocelulose e inulina regulam positivamente os genes relacionados à função de barreira (OCLN, claudina 1, Muc1, IL-10) no íleo.
20	Não foi analisado.	Não houve efeito das dietas experimentais.
21	A relação AV/PC do duodeno, jejuno e íleo em leitões alimentados com farelo de trigo foi maior.	Não foi analisado.
22	Não houve efeito das dietas experimentais.	Não foi analisado.

23	A suplementação de 0,25 e 0,5 de inulina elevou a AV e a relação AV/PC no jejuno e íleo.	A expressão do TNF- α no duodeno e íleo foi menor no grupo com 2,5 de inulina. A expressão do gene ZO-1 foi maior com a suplementação de inulina nos três segmentos intestinais e de claudina do duodeno.
24	A suplementação com pirodextrina aumentou a AV.	O uso de pirodextrina aumentou a expressão gênica das proteínas associadas à junção apertada (ZO-1) e claudina-1.

¹AV- Altura de vilosidades; PC- Profundidade de criptas; AV/PC- Relação altura de vilosidades/profundidade de criptas.² NF κ B – Fator de transcrição, fator nuclear Kb. Citocinas pró-inflamatórias: TNF α – Fator de necrose tumoral alfa. IL-6- Interleucina 6. IL-1 β - Interleucina 1 beta.

Citocinas anti-inflamatórias: TGF β -, Fator transformador de crescimento beta. IL-10-Interleucina 10.

CDK4- Fator de proliferação, Quinase 4 dependente de ciclina. TFF- Fatores trifólio. TRL-2-receptor do tipo Toll 2. ZO-1 – Zônula de oclusão1. OCLN- Ocludina. Muc 1- Mucina 1.

Para realização das análises das variáveis acima citadas, os animais foram abatidos seguindo todos os protocolos de bem-estar animal e, de acordo com as diretrizes do comitê de ética no uso de animais.

4 DISCUSSÃO

Embora os suínos não tenham capacidade enzimática de digerir ingredientes fibrosos a sua utilização em dietas para esses animais é comum, especialmente sobre o impacto na microbiota, saúde e integridade intestinal.

O impacto da fibra dietética na nutrição e saúde dos suínos é determinado pelas propriedades da fibra (Lindenberg, 2014). A quantidade e a composição da fibra dietética variam bastante entre e dentro dos alimentos utilizados (Ngoc et al., 2012). Sendo assim, o conteúdo de fibra dietética e suas propriedades em uma dieta típica para suínos, por exemplo, variam entre os sistemas de produção e os países devido à disponibilidade de recursos alimentares. Portanto, é fundamental compreender os componentes fibrosos da dieta e seus efeitos nutricionais e fisiológicos nos animais, antes de inseri-lo as dietas (Jha & Berrocoso, 2015).

A prevalência da China, seguida do Brasil e Estados Unidos na publicação de estudos com leitões desmamados, mas especificamente utilizando ingredientes fibrosos (Figura 1), pode ser um reflexo do panorama da suinocultura mundial, visto que esses países juntos com a União Europeia encabeçam a lista de maiores produtores e exportadores de carne suína no mundo (BNDES, 2017). Esse cenário favorece maiores investimentos no setor sendo refletido em pesquisas constantes.

Na experimentação animal o objetivo principal é beneficiar o conhecimento científico, a partir da prática de intervenções em animais vivos ou recém abatidos. Esse princípio, embora desenvolvido desde a antiguidade, vem sendo alvo de discussões entre a comunidade acadêmica e a sociedade de proteção animal (Schatzmayr & Müller, 2008).

Diante disso, a obediência ao princípio “reduce” dos três “R” experimentais se faz necessária, o qual visa a redução do número de animais em pesquisa e ensino (Meneses, 2002). Cabe salientar, todavia, que essa redução nem sempre é possível, pois um “n” baixo pode mascarar um resultado mais próximo de situações práticas.

A idade ao desmame dos leitões vem sendo alterada ao longo dos anos. Em meados da década de 1980 esses animais eram desmamados com cerca de oito semanas de idade, depois reduziu-se para seis ou cinco semanas e, atualmente com a tecnificação e o

aprimoramento das técnicas de manejo a prática do desmame acontece ainda mais precoce (Colson et al., 2006). Na criação intensiva o desmame vem sendo praticado entre 21 e 28 dias de idade na expectativa de aumentar o número de leitões por porca/ano, o que, na teoria, pode ser obtido pela redução no período de lactação.

No entanto, o desmame quando realizado de forma precoce, potencializa os fatores estressantes intrínsecos desse período, tais como: separação da matriz, transporte e alojamento para um ambiente físico diferente, co-mistura de leitegadas que contribui para disputas hierárquicas/sociais e substituição da dieta (do leite para a alimentação sólida, rica em carboidratos de origem vegetal) (Campbell, et al., 2013). A associação desses fatores, especialmente nas primeiras semanas do desmame, costumam favorecer alterações na estrutura e função do trato gastrointestinal (TGI) dos leitões, como na arquitetura, imunidade e função de barreira intestinal (Montagne et al., 2007; O'Doherty et al., 2017).

Leitões desmamados costumam apresentar consumo de ração irrisório e baixa ingestão de água, principalmente nas primeiras 48 horas pós desmame, devido a mudança da dieta associado aos fatores estressantes anteriormente citados (Tucci et al., 2011; Gresse et al., 2017). A redução do consumo de ração pode levar a alterações morfológicas e funcionais adversas no intestino que incluem encurtamento das vilosidades, hiperplasia das células das criptas e aumento na taxa de mitose das células epiteliais (Dong & Pluske, 2007; Pluske et al., 2018).

As consequências associadas ao desmame também induzem um efeito prejudicial na função de barreira intestinal (Moeser et al., 2017). A camada epitelial do lúmen do intestino atua como a primeira linha de defesa do corpo contra microrganismos, toxinas ou antígenos nocivos. O baixo consumo de ração pode comprometer a função de barreira intestinal, sendo observada pela redução das proteínas de junção firme presentes no epitélio e aumento da permeabilidade celular, permitindo que bactérias ou antígenos associados aos alimentos atravessem o epitélio (Campbell et al., 2013; Pluske et al., 2018).

A barreira epitelial intestinal inclui um revestimento de enterócitos e complexos multiproteicos intercelulares (como ZO-1, claudina e occludina), que desempenham um papel crucial na prevenção de bactérias patogênicas, antígenos e toxinas de entrarem na circulação sistêmica através do lúmen intestinal (Chen et al., 2018; Li et al., 2019).

O receptor do tipo Toll 2 desempenha papel fundamental no reconhecimento microbiano e no controle de respostas imunes adaptativas (Cario, 2005). Foi verificado que

quando camundongos foram induzidos a danos tóxicos ou inflamatórios o receptor do tipo Toll 2 desempenhou papel crítico mantendo a integridade da mucosa intestinal (Gibson et al., 2008). Os fatores trifólio (TFF), que são encontrados principalmente nos intestinos é relativamente resistente a digestão e pode estimular o processo de reparo celular (Raymond et al., 2004).

Sob o estresse do desmame, outras respostas imunológicas podem ocorrer, como o aumento na secreção de citocinas pró-inflamatórias. Essas substâncias alteram os processos de digestão e absorção de nutrientes, influenciam a integridade e função intestinal, no tocante a permeabilidade e função de barreira, o que contribui para o aumento de inflamações e quadros de diarreia. As principais citocinas pró-inflamatórias associadas a danos na fase do desmame são: interleucina 1 β (IL-1 β), interleucina 6 (IL-6) e fator de necrose tumoral (TNF- α) (Pié et al., 2004; Hu et al., 2013).

5 CONCLUSÃO

Apesar da fibra alimentar ter um estigma de ser reconhecida como um fator antinutricional, ingredientes fibrosos cada vez mais vem sendo utilizados em rações para leitões desmamados. Em diversos estudos foi possível comprovar a eficácia da fibra, a depender da fonte e do nível utilizado, na manutenção e melhoria da integridade intestinal e na função de barreira. Este estudo poderá servir como embasamento para trabalhos futuros, a partir dos dados pesquisados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, S.; KONG, X.; JIANG, H. et al. Prebiotic effects of alfalfa (*Medicago sativa*) fiber on cecal bacterial composition, short-chain fatty acids, and diarrhea incidence in weaning piglets. **The Royal Society of Chemistry**. 9, 13586–13599. DOI: 10.1039/c9ra01251f. 2019.
- ADAMS, S.; KONG, X.; CHE, D. et al. Effects of dietary supplementation of Alfalfa (*Medicago Sattva*) fibre on the blood biochemistry, nitrogen metabolism, and intestinal morphometry in weaning piglets. **Applied Ecology and Environmental Research**. Vol.17 No.2 pp.2275-2295. 2019.
- BNDES Setorial, n. 1 - Rio de Janeiro, **Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social**, n. Semestral. ISSN 1414-9230. 2017.
- CAMPBELL, J. M.; CRENSHAW, J. D.; POLO, J. The biological stress of early weaned piglets. **Journal of Animal Science and Biotechnology**. v. 4:19, p. 1-4, 2013.
- Cario, E. Bacterial interactions with cells of the intestinal mucosa: Toll-like receptors and NOD2. **Gut**; 54, 1182–1193. 2005.
- CHE, D.; ADAMS, S.; WEI, C. et al. Effects of *Astragalus membranaceus* fiber on growth performance, nutrient digestibility, microbial composition, VFA production, gut pH, and immunity of weaned pigs. **Microbiology Open**. <https://doi.org/10.1002/mbo3.712>. 2018.
- CHEN, H.; MAO, X.; HE, J. et al. Dietary fibre affects intestinal mucosal barrier function and regulates intestinal bacteria in weaning piglets. **British Journal of Nutrition**;110(10):1837-48. doi: 10.1017/S0007114513001293. 2013.
- CHEN, H.; WANG, W.; DEGROOTE, J. et al. Arabinoxylan in wheat is more responsible than cellulose for promoting intestinal barrier function in weaned male piglets. **Journal of Nutrition**; Jan;145(1):51-8. doi: 10.3945/jn.114.201772. 2015.
- CHEN, H.; MAO, X.; YIN, J. et al. Comparison of jejunal digestive enzyme activities, expression of nutrient transporter genes, and apparent fecal digestibility in weaned piglets fed diets with varied sources of fiber. **Journal of animal and Feed Sciences**.;24(1):41-47. doi:10.22358/jafs/65651/2015. 2015.
- CHEN, H.; CHEN, D.; QIN, W. et al. Wheat bran components modulate intestinal bacteria and gene expression of barrier function relevant proteins in a piglet model. **Internation Journal of Foods Sciences and nutrition**. Feb;68(1):65-72. doi: 10.1080/09637486.2016.1212817. 2017.
- CHEN, J., YU, B., CHEN, D., et al. Chlorogenic acid improves intestinal barrier functions by suppressing mucosa inflammation and improving antioxidant capacity in weaned pigs. **The Journal of nutritional biochemistry**, 59, 84-92. 2018.
- COLSON, V.; ORGEUR, P.; FOURY, A. et al. Consequences of weaning piglets at 21 and 28 days on growth, behaviour and hormonal responses. **Applied Animal Behaviour Science**. v. 98, n. 1-2, p. 70-88, 2006.

- DONG, G.Z. & PLUSKE, J.R. The low feed intake in newly-weaned pigs: problems and possible solutions. **Asian-Aust. Journal of Animal Science**, Seoul, v.20, n.3, p.440-452.2007.
- FREIRE, J.P.B.; DIAS, R.I.M.; CUNHA, L.F. The effect of genotype and dietary fibre level on the caecal bacterial enzyme activity of young piglets: digestive consequences. **Animal Feed Science and Technology**. 106. 119–130. doi:10.1016/S0377-8401(03)00003-8. 2003.
- GARCIA, H.; WANG, L.F.; LANDERO, J.L. et al. Effect of feeding wheat millrun on diet nutrient digestibility and growth performance in starter pigs. **Animal Feed Science and Technology**. 207. 283–288. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.06.018>. 2015.
- GIBSON, D.L.; MA, C.; ROSENBERGER, C.M. et al. Toll-like receptor 2 plays a critical role in maintaining mucosal integrity during *Citrobacter rodentium*-induced colitis. **Cell Microbiology**; 10, 388–403. 2008.
- GRESSE, R.; CHAUCHEYRAS-DURAND, F.; FLEURY, M.A. et al. Gut microbiota dysbiosis in postweaning piglets: understanding the Keys to health. **Trends of Microbiology**. 25, p. 851-873. 2017.
- GRILLI, E.; TUGNOLI, B.; FOERSTER, C.J. et al. Butyrate modulates inflammatory cytokines and tight junctions components along the gut of weaned pigs. **Journal of Animal Science**, 94, p 433-436. 2016.
- HANCZAKOWSKA, E.; ŚWIĄTKIEWICZ, M. ; BIAŁECKA, A. Pure cellulose as a feed supplement for piglets. **Medycyna Weterynaryjna**; Vol.64 No.1 pp.45-48. 2008.
- HEDEMANN, M.S.; ESKILDSEN, M.; LAERKE, H.N. et al. Intestinal morphology and enzymatic activity in newly weaned pigs fed contrasting fiber concentrations and fiber properties. **Journal of Animal Science**. Jun;84(6):1375-86. doi: 10.2527/2006.8461375x. 2006.
- JHA, R. & BERROCOSO, J.D. Dietary fiber utilization and its effects on physiological functions and gut health of swine. **Animal**. 9, p. 1441–52. doi: 10.1017/S1751731115000919. 2015.
- JING, GAO.; JIE, YIN.; KANG, XU. et al. What is the impact of diet on nutritional diarrhea associated with gut microbiota in weaning piglets: A system review. **Biomedical Research International**. 2019.
- LI, R., HOU, G., JIANG, X. et al. Different dietary protein sources in low protein diets regulate colonic microbiota and barrier function in a piglet model. **Food & function**, 10(10), 6417-6428. 2019.
- LINDBERG, J.E. Fiber effects in nutrition and gut health in pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, 5, 15. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-5-15>. 2014.
- LIU, P.; ZHAO, J.; WANG, W. et al. Dietary Corn Bran Altered the Diversity of Microbial Communities and Cytokine Production in Weaned Pigs. **Frontiers in Microbiology**; Sep 4; 9:2090. doi: 10.3389/fmicb.2018.02090. 2018.

- MENEZES, H.S. Ética e pesquisa em animais. **Revista Científica AMRIGS**. 46(3,4):105-8. 2002.
- MOESER, A. J.; POHL, C. S.; RAJPUT, M. Weaning stress and gastrointestinal barrier development: Implications for lifelong gut health in pigs. **Animal Nutrition**. v. 3, p. 313-321, 2017.
- MONTAGNE, L.; BOUDRY, G.; FAVIER, C. *et al.* Main intestinal markers associated with the changes in gut architecture and function in piglets after weaning. **British Journal of Nutrition**, 97, p. 45-57. 2007.
- NEPOMUCENO, R. C.; WATANABE, P.H.; FERITAS, E.R. *et al.* Neutral detergent fibre in piglet diets: performance and gastrointestinal implications. **Ciência e Agrotecnologia**; 40(2):205-216, Mar/Apr. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542016402043315>. 2016.
- NGOC, T.T.B.; LEN, N.T.; LINDBERG, J.E. Chemical characterization and water holding capacity of fibre-rich feedstuffs used for pigs in Vietnam. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**. 25: 861-868. 2012.
- O'DOHERTY, J.V.; BOUWHUIS, M.A.; SWEENEY, T. Novel marine polysaccharides and maternal nutrition to stimulate gut health and performance in post-weaned pigs. **Animal Production Science**, 57, P. 2376. 2017.
- PASCOAL, L. A. F.; THOMAZ, M. C.; WATANABE, P. H. *et al.* Purified cellulose, soybean hulls and citrus pulp as a source of fiber for weaned piglets. **Scientia Agricola**, 72(5), 400-410. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0210>. 2015.
- PLUSKE, J. R.; TURPIN, D.L., KIM, J.C. Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig. **Animal Nutrition**, v.4, p. 187-196, 2018.
- RAYMOND, J.P.; SUBRATA, G.; ASIF, M. Growth factors and trefoil peptides in gastrointestinal health and disease. **Current Opinion in Pharmacology** 4, 567–571. 2004.
- RIBEIRO, R.S.; PINHO, M.; FALCÃO-CUNHA, L. *et al.* The use of chestnuts (*Castanea sativa* Mill.) as a source of resistant starch in the diet of the weaned piglet. **Animal Feed Science and Technology**; V182, Issues 1–4, 12, Pp 111-120. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.04.009>. 2013.
- SCHATZMAYR, H.G. & MÜLLER, C.A. As interfaces da bioética nas pesquisas com seres humanos e animais com a biossegurança. **Ciência Veterinária nos Trópicos**;11(1 Suppl):130-4. 2008.
- SCHEDLE, K.; PFAFFL, M.W.; PLITZNER, C. *et al.* Effect of insoluble fibre on intestinal morphology and mRNA expression pattern of inflammatory, cell cycle and growth marker genes in a piglet model. **Archives of Animal Nutrition**; Dec;62(6):427-38. doi: 10.1080/17450390802479349. 2008.
- SHANG, Q.; MA, X.; LIU, H. *et al.* Effect of fibre sources on performance, serum parameters, intestinal morphology, digestive enzyme activities and microbiota in weaned

pigs. **Archives of Animal Nutrition**. Apr;74(2):121-137. doi: 10.1080/1745039X.2019.1684148. Epub 2019 Dec 10. 2020.

SUPERCHI, P.; SALERI, R.; BORGHETTI, P. et al., Effects of a dietary crude fibre concentrate on growth in weaned piglets, **Animal**, vol. 11, no. 11, pp. 1905–1912, 2017.

SLAMA, J.; SCHEDULE, K.; WETSCHEREK, W. et al. Effects of soybean hulls and lignocellulose on performance, nutrient digestibility, microbial metabolites and immune response in piglets. **Archives of Animal Nutrition**. Jun;74(3):173-188. doi: 10.1080/1745039X.2019.1704174. 2020.

TAKSINANAN, N.; TARTRAKOON, W.; ATTAMANGKUNE, S. et al. Effects of Dietary Fiber Level in Weaning Pig Diets on Growth Performance, Nutrient Digestibility and Intestinal Morphology. **American Journal of animal and Veterinary Sciences**; 15 (1): 81.88. DOI: 10.3844/ajavsp.2020.81.8. 2020.

TINGTING CHEN; CHEN, D.; TAIN, G. et al. Effects of soluble and insoluble dietary fiber supplementation on growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbe and barrier function in weaning piglet. **Animal Feed Science and Technology**; V 260, February, 114335. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114335>. 2020.

TUCCI, F.M.; THOMAZ, M.C.; NAKAGHI, L.S.O. et al. Efeito da adição de agentes tróficos na dieta de leitões desmamados sobre a estrutura e ultraestrutura do intestino delgado e sobre o desempenho. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p.931-940, 2011.

VAN NEVEL, C.J.; DECUYPERE, J.A.; DIERICK, N.A. et al. Incorporation of galactomannans in the diet of newly weaned piglets: effect on bacteriological and some morphological characteristics of the small intestine. **Archives of animal nutrition**. Apr;59(2):123-38. doi: 10.1080/17450390512331387936. 2005.

WEBER, T.E.; ZIEMER, C.J.; KERR, B.J. Effects of adding fibrous feedstuffs to the diet of young pigs on growth performance, intestinal cytokines, and circulating acute-phase proteins. **Journal Animal Science**. Apr;86(4):871-81. doi: 10.2527/jas.2007-0330. 2008.

XIONG, W., MA, H., ZHANG, Z. et al. Icariin enhances intestinal barrier function by inhibiting NF- κ B signaling pathways and modulating gut microbiota in a piglet model. **RSC Advances**, 9(65), 37947-37956. 2019.

ZHU, L.; LIAO, R.; TU, W. et al. Pyrodextrin enhances intestinal function through changing the intestinal microbiota composition and metabolism in early weaned piglets. **Applied Microbiology and Biotechnology**. May;104(9):4141-4154. doi: 10.1007/s00253-020-10419-z. 2020.

CAPÍTULO II

Uso de fibras na alimentação de leitões desmamados e sua influência sobre os parâmetros de desempenho – uma meta-análise

RESUMO

Objetivou-se com este estudo realizar uma meta-análise da relação entre a fibra dietética e o desempenho de leitões na fase do desmame. Através de buscas on-line em diferentes bases indexadoras um total de 8360 artigos foi exportado para o gerenciador de referências e posterior seleção. Análises gráficas foram realizadas para observar a coerência biológica dos dados e obter uma visão geral da consistência e heterogeneidade deles. A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade a partir do programa Minitab 20. Tendências de significância a 10% foram mencionadas. Após a utilização de critérios de exclusão e inclusão, o banco de dados foi composto por 57 estudos originais totalizando 10.508 animais, oriundos de 18 países e publicados entre os anos de 1997 e 2020 em 26 periódicos diferentes. Quase metade dos artigos foram publicados a partir de 2015 e o nível mais comum de FDN foi o recomendável (entre 10 e 13,9%). Mesmo apresentando grande variabilidade nos dados, foi possível verificar que em tratamentos dos estudos, com níveis de fibra bruta entre 4 e 5%, os animais apresentaram maior ganho de peso diário relativo, enquanto que não houve correlação explícita entre maior nível de FDN e aumento no consumo de ração. Houve efeito ($P < 0,05$) do nível de FDN sobre a eficiência alimentar, no qual os animais que consumiram o nível baixo tiveram melhores valores quando comparados com aqueles que consumiram nível alto. Foi observada uma tendência de maior ganho de peso em estudos que utilizaram níveis baixos e recomendados de FDN. Este estudo poderá servir como embasamento para trabalhos futuros, a partir dos dados pesquisados.

Palavras-chave: ganho de peso; leitão; polissacarídeos não-amiláceos; produtividade.

ABSTRACT

The objective of this study was to carry out a meta-analysis of the relationship between dietary fiber and performance of piglets in the weaning phase. Through online searches in different indexing bases, a total 8360 articles were exported to the software for later selection. Graphical analyzes for to general evaluation of the data and to obtain an evaluation of their consistency and heterogeneity. Means were compared using Tukey's test at 5% probability using the Minitab 20 program. Significance trends at 10% were mentioned. After using exclusion and inclusion criteria, the database consisted of 57 original studies, from 18 countries and published between 1997 and 2020 in 26 different journals. Almost half of the articles were published from 2015 onwards and the most common level of NDF was recommended. Even with great variability in the data, it was possible to verify that in studies with crude fiber levels between 4 and 5%, the animals showed greater relative daily weight gain, while there was no explicit correlation between a higher level of NDF and an increase in feed intake. There was an effect ($P < 0.05$) of the NDF on feed efficiency, in which the animals that consumed the low level had better values when compared to those that consumed the high level. A trend towards greater weight gain was observed in studies that used low and recommended levels of NDF. This study may serve as a basis for future work, based on the researched data.

Keywords: weight gain; piglet; non-starch polysaccharides; productivity.

1 INTRODUÇÃO

O desmame é considerado um dos períodos mais críticos na produção de suínos, uma vez que os leitões enfrentam múltiplos fatores estressantes. Esses animais passam por mudanças sociais complexas, como a separação da mãe e dos irmãos, mudanças no regime alimentar e de ambiente, o que pode favorecer um período de anorexia transitória (Campbell et al., 2013). Atrelado a isso há o fato de os animais ainda possuírem um sistema imunológico imaturo, dificuldade na termorregulação, baixa capacidade digestiva e absorptiva de nutrientes, juntamente com instabilidade na microbiota intestinal (Lallès et al., 2007; Wang et al., 2013).

A abordagem tradicional para superar essa situação, há muitos anos, tem sido com o uso de antibióticos como promotores de crescimento nas rações. No entanto, sua utilização vem sendo contestada devido a casos cada vez mais frequentes de resistência microbiana, e seus efeitos adversos em animais e humanos, o que fez com que restrições quanto a sua utilização fossem impostas por vários países (Schokker et al., 2015). Vale ressaltar que os riscos relacionados a utilização de antibióticos não se devem apenas ao seu uso como promotor de crescimento, mas também de forma profilática e terapêutica indiscriminada.

Nesse contexto, suinocultores e pesquisadores unem esforços para postularem novas abordagens nutricionais que favoreçam o bom funcionamento do trato gastrointestinal (TGI), com melhoria do desempenho e da saúde dos animais, especialmente no período pós desmame. Verificou-se que a fibra dietética é um substituto eficaz frente aos promotores de crescimento, pois pode regular a microbiota intestinal, melhorar a saúde do epitélio desse órgão e, assim, maximizar o desempenho e reduzir a incidência de diarreia no pós desmame (Jha e Berrocso, 2015).

Todavia, os suínos não possuem enzimas endógenas capazes de digerir a fibra dietética, mas esta pode ser degradada em monossacarídeos e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) por meio da microbiota residente, especialmente no intestino grosso (Gresse et al., 2017). De acordo com sua solubilidade a fibra pode ser solúvel ou insolúvel. A fibra solúvel é fermentada rapidamente pela microbiota, gerando AGCC, mas também aumenta a viscosidade da digesta e reduz a utilização de nutrientes (Jha & Berrocso, 2015). Já a fibra insolúvel é fermentada de forma lenta, o que aumenta a taxa de passagem e o volume fecal (Molist et al., 2014).

O impacto da fibra dietética na nutrição e saúde de leitões depende das suas propriedades físico-químicas, que pode ser distinta entre as várias fontes existentes. O uso de fibra dietética aumentou o desempenho e melhorou a digestibilidade de nutrientes de leitões (Wellock et al., 2008). Além de melhorar o desempenho de leitões a fibra dietética também diminuiu a permeabilidade intestinal (Che et al., 2019). Em outro estudo foi verificado que a fibra dietética

aumentou o desempenho, digestibilidade de nutrientes, produção de AGCC e imunidade de leitões (Cheng et al., 2018).

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Setor de suinocultura do Departamento de Ciência Animal do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba na cidade de Bananeiras. A revisão sistemática foi baseada em pesquisas organizadas em três bases de indexadoras. O método inicial de pesquisa incluiu o maior número possível de artigos que utilizaram fibras durante os períodos pré-inicial e inicial de criação.

Buscas independentes foram feitas a partir da estratégia de pesquisa “PICO” para identificar “População”, “Interesse” e “Contexto” em ambas as bases indexadoras, estando as palavras na língua inglesa. A chave de busca foi construída da seguinte maneira: A população foi definida como “pig” OR “pigs” OR “piglets*” OR “swine*”. Para o interesse foram utilizados os termos “dietary fiber” OR fiber OR “sources of fiber” OR “dietary fiber concentrate” OR lignocelulose. Para o contexto as palavras performance OR “body weight” OR “average daily feed intake” OR “average daily gain” OR “feed conversion” OR “gain of weight” OR “incidence of diarrhea” OR digestibility OR metabolism OR “intestinal health” OR “gut health” foram utilizadas.

A busca foi realizada em julho de 2020, considerando apenas estudos originais revisados por pares e publicados em periódicos científicos disponíveis no PubMed, Scopus e Web of Science. De cada uma das bases foi gerado um banco de dados que posteriormente foi exportado para o gerenciador de referências (EndNote X9, Philadelphia, PA) usado para organizar as referências e gerenciar parte da seleção dos artigos. Não foi imposta nenhuma limitação quanto ao ano de publicação ou origem geográfica do estudo. Referências citadas nos artigos selecionados foram revisados para identificar artigos adicionais considerados relevantes.

Análises exploratórias foram realizadas para melhor compreensão do banco de dados. Primeiramente, foram utilizadas análises gráficas para observar a coerência biológica dos dados e obter uma visão geral da consistência e heterogeneidade deles. Esse procedimento também foi utilizado para observar a distribuição dos dados em relação aos níveis de fibra dietética.

As análises estatísticas foram realizadas por meio do software Minitab 20 (Minitab for Windows, v.18, Pine Hall Rd, Pensilvânia, EUA). A meta-análise é realizada seguindo três análises sequenciais: gráfica (para controlar a qualidade do banco de dados e observar a coerência biológica dos dados), correlação (para identificar fatores relacionados a todas as variáveis) e variância-covariância (para comparar os tratamentos e obter as equações de predição). Na análise estatística os modelos de anova incluíram: efeito aleatório de estudo e fixo de nível, tipo e a interação entre o nível x tipo de fibra. A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Tendências de significância a 10% foram mencionadas.

O peso vivo médio (inicial e final) foi utilizado como covariável, sendo excluídos trabalhos em que o peso final dos animais ultrapassou os 40kg. Os dados de fibra bruta (FB) e fibra em detergente neutro (FDN) foram recalculados pelo software EVAPIG. Os níveis de FDN estabelecidos como baixo, alto ou recomendável foram analisados de acordo com recomendações da De Blas et al. (2013). A determinação da fibra em solúvel ou insolúvel foi calculada levando em consideração o nível de hemicelulose e da fibra em detergente ácido (FDA). A relativização do ganho de peso diário foi calculada em relação a maior resposta de cada tratamento dos artigos

3. RESULTADOS

O processo de pesquisa até a obtenção final do banco de dados está descrito na Figura 1.

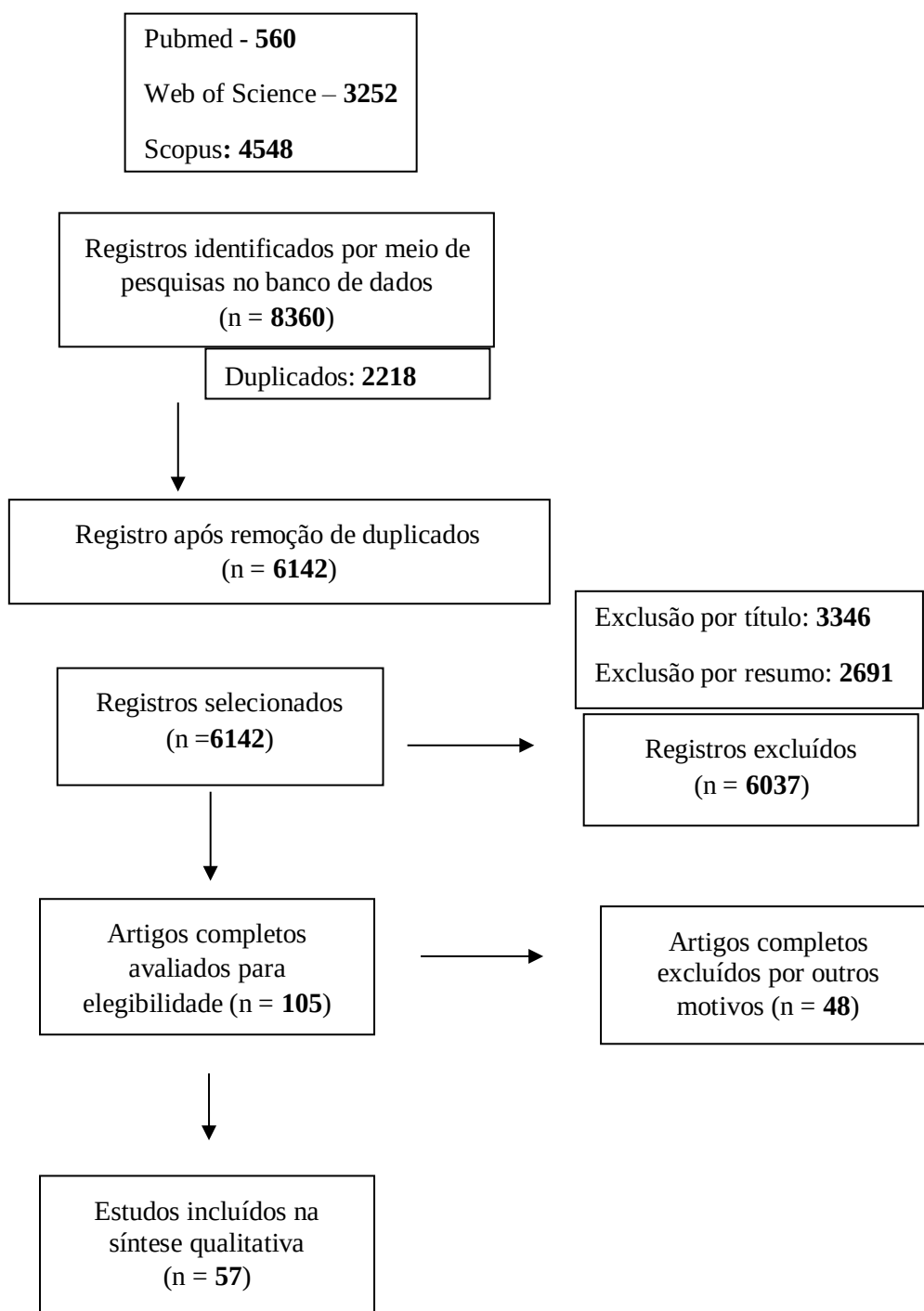


Figura 1. Diagrama de fluxo detalhado sobre a seleção dos artigos

Os artigos obtidos por buscas online totalizaram 8360 sendo 560 na base do PubMed, 3252 na Web of Science e 4548 na Scopus. No banco de dados 2118 artigos duplicados foram identificados e excluídos. Os estudos foram avaliados criticamente quanto a sua relevância e qualidade, sendo examinado títulos e resumos, restando ao final desta etapa 105 artigos.

Na etapa final de triagem alguns artigos foram excluídos pois não se encaixavam no escopo do estudo, por exemplo não contemplavam a mesma faixa etária, os animais tinham sido submetidos a algum desafio imunológico, houve utilização de antibióticos nas dietas, os animais não tinham sido criados sob as mesmas condições ambientais e higiênicas. Ao fim desta etapa restaram 57 artigos totalizando 10.508 animais utilizados.

Informações resumidas sobre os estudos como: primeiro autor, ano, peso vivo (mínimo e máximo), fonte de fibra e níveis de FDN utilizados nos experimentos podem ser verificadas na Tabela 1.

Tabela 1. Banco de dados com informações resumidas sobre os artigos com o uso de fontes de fibras para leitões

Referência			Peso vivo, kg		Fonte de fibra	FDN níveis (%)
Cód	Primeiro autor	Ano	Min.	Max.		
1	Liu	2020	6,88	18,41	Resíduo de caule de Flammulina Velutipes	8,99; 9,57; 10,13; 10,70; 11,26
2	Slama	2020	7,23	37,61	Cevada; casca de soja; lignocelulose	11,88; 12,28; 12,29; 12,44
3	Shang	2020	7,33	18,11	Farelo de trigo; polpa de beterraba	9,28; 9,98; 10,93; 11,44; 11,64; 12,15
4	Adams	2019	8,42	62,54	Alfafa	10,27; 11,90; 13,20; 14,53
5	Adams	2019	8,42	29,33	Alfafa	10,50; 12,35; 14,03; 15,66
6	Tasaka	2019	7,40	13,69	Arroz	7,82; 4,43
7	Adebiyi	2018	9,90	17,08	Milho hidropônico	23,63; 14,14; 14,65
8	Boshuai Liu	2018	9,26	16,30	Alfafa; concentrado de fibra	10,05; 11,15; 11,54
9	Cemin	2018	12,70	44,00	DDGS; celulose	7,22; 7,25; 8,39; 8,41; 10,23; 10,26; 13,73;
10	Liu	2018	7,50	17,74	Farelo de milho	9,00; 8,96
11	Wang	2018	7,63	27,12	Cevada	12,41; 13,70; 13,90; 14,24; 15,09
12	Zhao	2018	7,18	18,20	Casca de soja; farelo de trigo	8,67; 8,76; 10,14; 11,45
13	Almeida	2017	5,81	17,45	Polpa cítrica	8,54; 8,75; 9,46; 9,71
14	Jaworski	2017	6,27	27,12	DDGS; farelo de trigo	8,22; 9,32; 12,72; 15,52
15	Nepomuceno	2017	7,00	12,64	Farelo de trigo	8,52; 10,70; 12,50; 15,10; 17,70
16	Superchi	2017	8,25	19,42	Concentrado de fibra	14,09; 14,14
17	Yan	2017	9,01	22,67	Polpa de beterraba	11,59; 12,65; 13,70; 14,76; 15,83
18	Begum	2016	7,96	29,33	Semente de feno	11,12; 11,16; 11,19; 12,34; 12,37; 12,41
19	Nepomuceno	2016	7,48	12,03	Farelo de trigo	8,52; 10,70; 12,51; 15,15; 17,80
20	Ramos	2016	5,05	26,42	Farelo de abacaxi	10,34; 11,43; 12,49; 13,50
21	Yu	2016	8,90	21,39	Farelo de trigo; casca de soja; casca de aveia; palmiste; bambu	9,11; 10,89; 11,33; 11,48; 11,75; 13,03
22	Wang	2016	7,45	27,33	Polpa de beterraba	13,88; 15,73; 17,58; 19,43; 21,29
23	Berrocoso	2015	5,80	14,49	Palha; casca de aveia; polpa de beterraba; farelo de trigo	9,01; 10,19; 10,41; 11,59; 11,67
24	Dicksved	2015	11,70	35,85	Chicória; ribwort; trigo; cevada; aveia	14,61; 15,32; 16,00; 16,04; 17,38
25	Garcia	2015	9,80	12,44	Trigo moído	12,91; 14,05; 15,19; 16,33; 17,47
26	Kraler	2015	8,25	28,10	Farelo de trigo	12,49; 13,35; 14,22; 15,19
27	Nasir	2015	8,65	17,89	Farelo de trigo; cevada	12,18; 13,91; 14,12; 14,41; 14,94
28	Pascoal	2015	6,22	28,10	Celulose purificada; casca de soja; polpa cítrica	8,7; 9,69; 9,96; 10,35

29	Aquino	2014	6,40	19,00	Farelo integral de arroz parboilizado	9,57; 10,53; 11,52; 12,49; 13,46
30	Landero	2014	8,50	26,14	Trigo; ervilha	12,69; 13,48; 14,23; 14,97; 15,74
31	Le	2014	7,60	25,87	Brassica juncea	12,5; 12,98; 13,44; 13,91; 14,38
32	Ribeiro	2013	6,05	18,10	Farelo de trigo; amido de castanha	3,45; 16,39; 28,56
33	Pascoal	2012	6,45	17,83	Celulose purificada; casca de soja; polpa cítrica	10,72; 11,94; 11,70; 12,34
34	Pieper	2012	7,80	14,20	Farelo de trigo	10,83; 11,38; 14,84; 15,41
35	Ngoc	2011	8,00	20,66	Resíduo de mandioca; batata doce	12,40; 18,71
36	Ivarsson	2010	11,70	23,31	Chicória; ribwort	14,61; 14,97; 15,30; 15,32; 16,00; 16,04; 17,38
37	Gasa	2009	6,39	8,61	Farelo de trigo	8,89; 9,40; 9,99; 11,42
38	Hermes	2009	8,97	18,45	Farelo de trigo; polpa de beterraba	14,42; 15,44; 15,63; 16,65
39	Len	2009	6,10	15,46	Farinha do resíduo da mandioca; farelo de arroz	11,00; 16,78
40	Molist	2009	7,40	8,05	Farelo de trigo; polpa de beterraba	9,08; 10,96; 11,09; 11,14
41	Shen	2009	7,51	16,70	Levedura	8,60; 8,71; 8,76; 8,79; 8,84
42	Hanczakowska	2008	7,95	12,54	Celulose	19,88; 20,36; 21,31; 21,79
43	Jeaurond	2008	6,23	14,16	Polpa de beterraba	8,76; 10,61
44	Reilly	2008	6,50	8,38	Alga L. hyperborea; alga L. digitata	7,22; 7,44; 7,88
45	Schedle	2008	8,30	23,5	Trigo; pólen de pinheiro	9,72; 10,47; 10,91; 11,22
46	Weber	2008	5,21	7,85	DDGS; casca de soja; polpa cítrica	9,20; 10,02; 10,95; 13,22
47	Carneiro	2007			Farelo de trigo; espiga de milho	10,47; 15,49
48	Mateos	2007	5,90	17,04	Casca de aveia cozida; arroz	6,06; 7,01; 8,32; 9,17
49	Bikker	2006	8,70	9,44	Farelo de trigo; polpa de beterraba	11,53; 14,74
50	Högberg	2006	6,30	19,20	Cevada, tritcale; trigo	11,68; 14,53; 15,46; 22,14; 25,75
51	Högberg	2004	8,90	9,92	Cevada, tritcale; trigo	11,68; 22,14
52	Schiavon	2004	8,10	26,90	Polpa de beterraba	12,95; 15,82
53	Freire	2003	7,50	16,80	Farelo de trigo	12,04; 17,23
54	Gil	2000	8,10	18,00	Trigo; cevada; polpa de beterraba	12,71; 16,16; 18,91
55	Freire	2000	7,67	15,85	Farelo de trigo; polpa de	

					beterraba; casca de soja; farinha de alfafa	12,72; 13,07; 14,51; 18,30
56	Medel	1999	6,40	16,40	Cevada	12,57; 25,77
57	Lizardo	1997	7,29	9,16	Polpa de beterraba	12,14; 16,12

O banco de dados foi composto por 26 periódicos diferentes, sendo *Animal Feed Science and Technology* (16), *Journal of Animal Science* (8) e *Archives of Animal Nutrition* (5) os periódicos com maior participação. Os pesos corporais médios iniciais e finais foram de 7,54 e 20,17 kg, respectivamente. Mais de 30 fontes de fibra diferentes foram utilizadas nos artigos selecionados, dos quais os mais frequentes foram farelo de trigo (25 artigos), polpa de beterraba (13), cevada (8 artigos) e a casca de soja (7 artigos).

Uma segunda descrição do banco de dados pode ser observada na Figura 2.

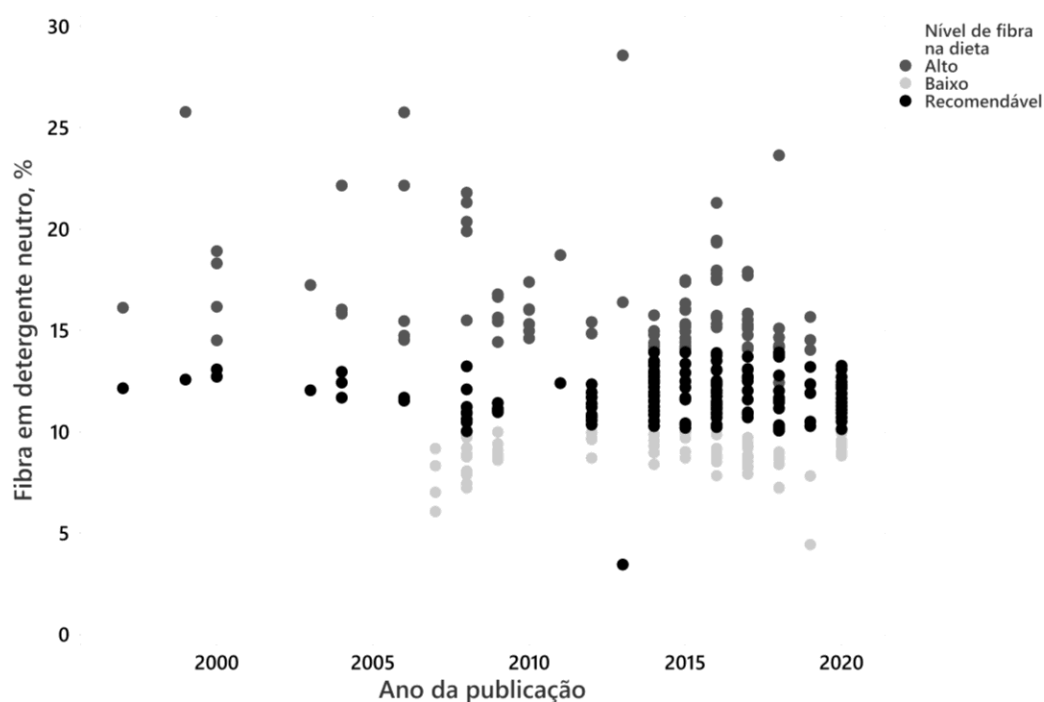


Figura 2. Relação entre fibra em detergente neutro e o ano de publicação dos artigos que compõem a base de dados.

De acordo com as informações do banco de dados os artigos foram publicados entre os anos de 1997 e 2020. Verificou-se que aproximadamente metade dos estudos foram publicados a partir do ano de 2015. Cada esfera ilustrada na imagem demonstra um nível de fibra em detergente neutro (FDN) que foi incluído nos diferentes tratamentos, recalculado por meio do software EVAPIG.

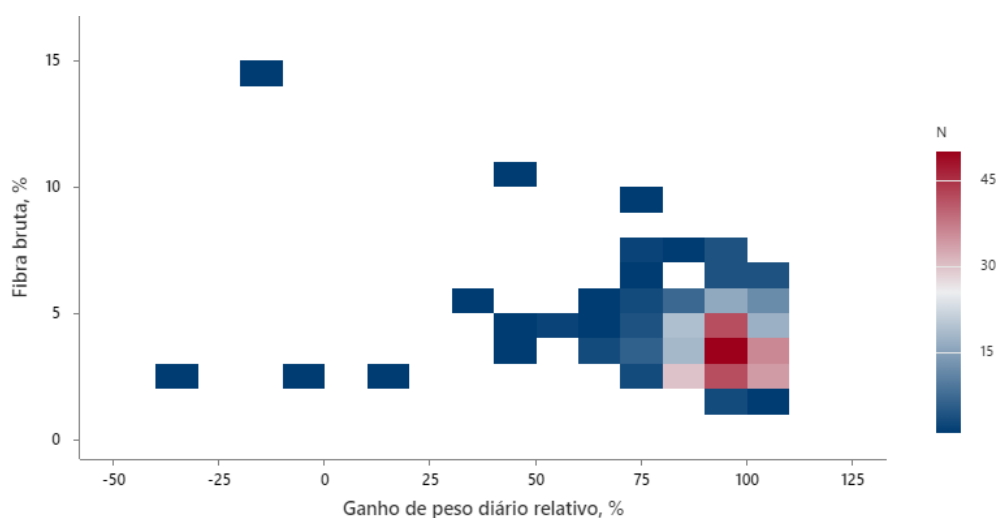


Figura 4. Concentração de fibra bruta (%) na dieta de suínos em relação ao ganho de peso diário relativo (%) de suínos

¹Fibra bruta da dieta de suínos recalculada pelo software EVAPIG.

²Ganho de peso diário relativizado em relação a maior resposta de cada tratamento do artigo.

É possível perceber variabilidade entre os níveis de fibra bruta e o ganho de peso diário relativo. Todavia, verificou-se em dois estudos que a utilização de níveis baixos de fibra bruta acarretaram em perda no ganho de peso diário relativo, resposta semelhante foi observada em outro estudo quando utilizou-se nível muito elevado de fibra bruta.

A cor vermelha mais intensa indica que houve maior quantidade dietas dentro dos estudos que utilizaram níveis de fibra bruta entre 4 e 5% com maior ganho de peso diário relativizado (100%).

Na figura 5 foi traçada uma relação entre o nível de fibra em detergente neutro (FDN) da dieta e sua classificação em solúvel ou insolúvel e o consumo diário de ração.

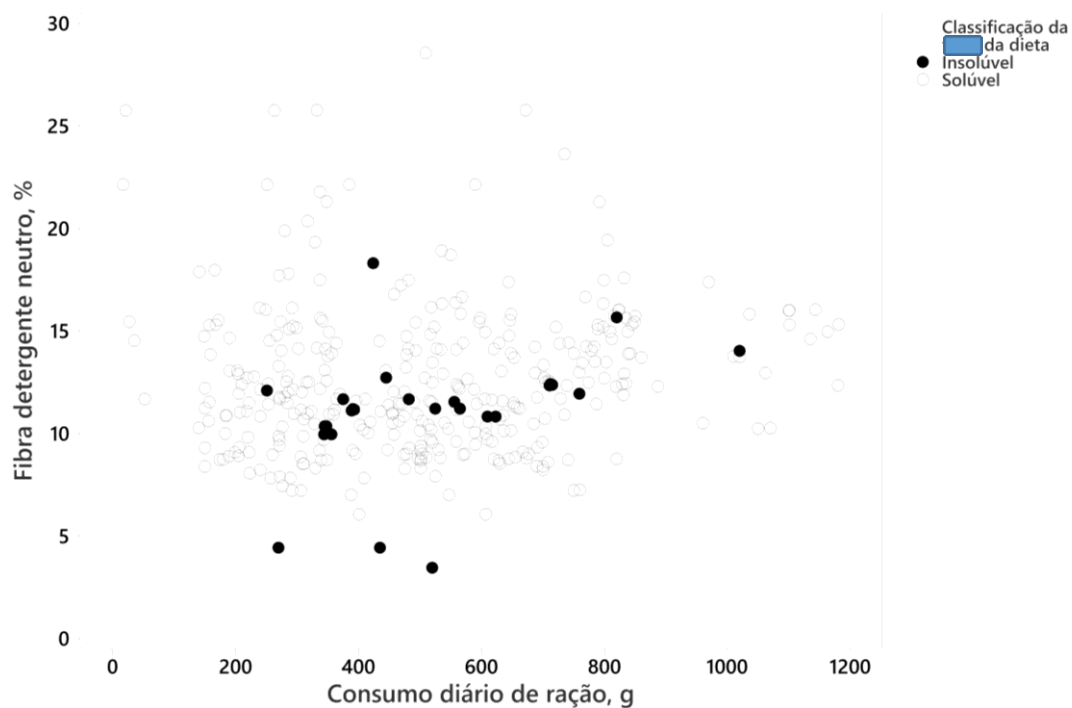


Figura 5. Relação entre o nível de fibra em detergente neutro¹ (%) e o consumo diário de ração (g) de suínos.

¹Fibra em detergente neutro da dieta de suínos recalculada pelo software EVAPIG e classificada entre insolúvel e solúvel.

As esferas indicam os diferentes níveis de FDN que foram utilizados em cada tratamento, sendo solúvel (esfera clara) e insolúvel (esfera escura). De acordo com a figura não há correlação explícita entre o aumento do nível de FDN com maior consumo diário de ração, pois verifica-se muita variabilidade entre os estudos analisados. É possível observar que a maioria dos artigos utilizaram dietas ricas em fibra solúvel.

O consumo de ração, ganho de peso e eficiência alimentar de leitões alimentados com diferentes tipos e níveis de fibra podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Desempenho de leitões alimentados com dietas contendo diferentes níveis e tipos de fibra

¹ Fibra em detergente neutro. ²Modelos estatísticos incluíram o efeito de estudo ($P < 0,05$). O peso vivo médio dos

	Nível de FDN ¹			P-valor ²		
	Menor que 10%	Entre 10 e 13,9%	Maior que 13,9%	Nível (N)	Tipo (T)	N×T
Consumo de ração, g/dia						
Geral	522	518	502	0,528	0,766	0,826
<i>Solúvel</i>	519	519	510			
<i>Insolúvel</i>	526	516	494			
Ganho de peso, g/dia						
Geral	350	343	318	0,089	0,594	0,250
<i>Solúvel</i>	338	335	329			
<i>Insolúvel</i>	363	350	306			
Eficiência alimentar, g/g						
Geral	0,698 ^a	0,691 ^{ab}	0,631 ^b	0,049*	0,479	0,112
<i>Solúvel</i>	0,670	0,667	0,661			
<i>Insolúvel</i>	0,729	0,713	0,601			

animais foi considerado como covariável ($P < 0,05$). Letras diferentes indicam diferença a nível de 5% de probabilidade.

De acordo com a tabela é possível verificar que a houve efeito ($P < 0,05$) do nível de FDN sobre a eficiência alimentar, em que os animais que consumiram o nível baixo de fibra nos estudos analisados tiveram melhor eficiência alimentar quando comparados aqueles que consumiram alto nível de fibra. Para o ganho de peso g/dia não houve efeito estatístico, mas para os trabalhos nos quais os animais consumiram o nível baixo ou adequado de fibra foi observada uma tendência para maior ganho diário de peso se considerado o nível de 10% de significância. Não foi verificado efeito ($P < 0,05$) do nível nem do tipo de fibra sobre o consumo de ração. Não foi observado efeito de interação para nenhuma das variáveis de desempenho analisadas.

Na figura 6 observa-se a relação entre o ganho de peso diário e o consumo diário de ração (eficiência alimentar) comparando-se os níveis e os tipos de fibra (solúvel, insolúvel e bruta). É possível verificar que há uma grande variabilidade entre os níveis utilizados especialmente para os estudos que forneceram dietas ricas em fibras solúveis. Para ambos os tipos de fibra houve um comportamento linear no qual quanto maior foi o consumo de ração maior foi o ganho de peso pelos animais.

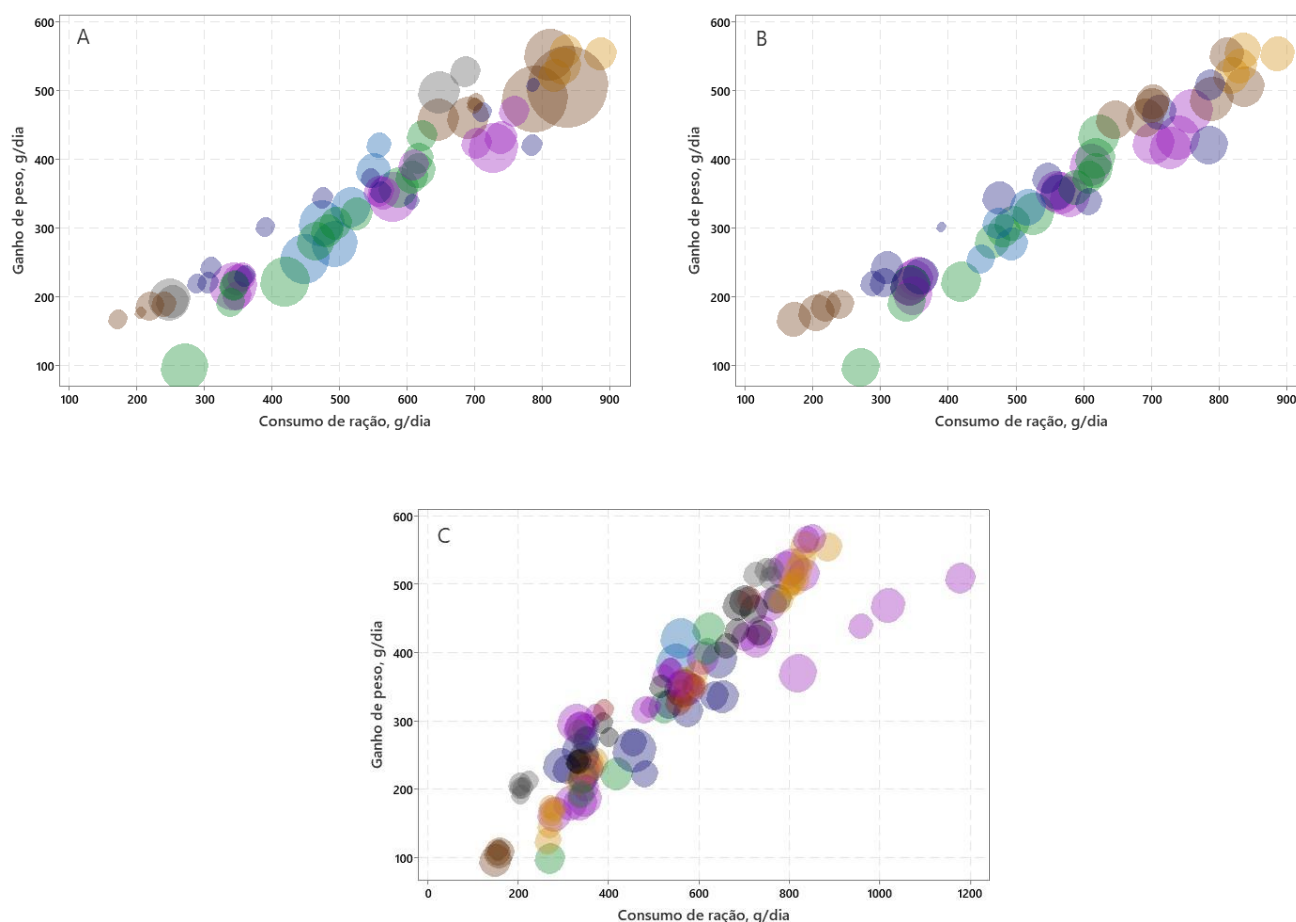


Figura 6. Relação entre ganho de peso e consumo de ração em leitões reportados em estudos prévios (indicados pelas cores) de acordo com diferentes níveis (indicados pelo tamanho das bolhas) e tipos de fibra (A – solúvel; B – insolúvel; C – bruta)

4 DISCUSSÃO

A disponibilidade de publicações revisadas por pares, utilizando ingredientes fibrosos em dietas para leitões e seus impactos sobre o desempenho de produção têm aumentado ao longo dos anos. Normalmente os autores avaliam, de forma conjunta, indicadores relacionados a composição da microbiota, saúde e integridade intestinal, uma vez que esses ingredientes podem servir como possíveis alternativas aos antibióticos promotores de crescimento que vem sendo cada vez menos utilizados na nutrição animal.

A composição da fibra dietética varia bastante entre e dentro dos alimentos utilizados nas dietas (Ngoc et al., 2012). O impacto da fibra dietética na nutrição e saúde dos suínos é determinado pelas suas propriedades (Lindenberg, 2014). A fibra dietética está relacionada aos componentes da parede celular vegetal, celulose, hemicelulose e pectina, e a lignina, que é considerada um composto fenólico (Gomes et al., 2007).

Os ingredientes fibrosos que compõem as rações possuem classificações diferentes de acordo com os métodos analíticos utilizados. Em geral, a fibra bruta, a fibra em detergente neutro e a fibra alimentar total, são mensurados pelo método de gravidade química, os métodos de detergente (Van Soest e Wine, 1967) e o método enzimático-gravimétrico, respectivamente (Agyekum e Nyachoti, 2017).

Nesse aspecto, tabelas de composição nutricional indicam recomendações de níveis de fibra bruta e/ou de FDN que podem ser utilizados em dietas para suínos de acordo com a fase de vida que o animal se encontra. Nessa pesquisa foi verificada maior frequência de níveis de FDN recomendados (entre 10 - 13,9%) em trabalhos a partir de 2015 provavelmente devido a aspectos negativos relacionados principalmente a utilização de níveis altos (Figura 2). Ao utilizar níveis de 10,5 e 12,5% de FDN nas dietas Nepomuceno et al. (2016) verificam maior ganho de peso e melhor conversão alimentar em leitões dos 21 aos 32 dias de idade quando comparados com animais que receberam níveis altos (14,5 e 16,5%).

A principal lacuna verificada foi devido ao fato de que poucos trabalhos utilizaram níveis abaixo do recomendável de FDN nas dietas, provavelmente porque os autores supuseram que níveis baixos não afetariam as variáveis analisadas. Mateos et al. (2007) ao utilizarem níveis de FDN na dieta de leitões verificaram que o nível baixo (6%) não afetou o desempenho dos animais. Em contrapartida, níveis baixos de FDN (menos de 10%) influenciaram em melhor eficiência alimentar dos animais (Tabela 2).

A prevalência da China, seguida do Brasil/Canadá e Espanha, que é país membro da União Europeia, na publicação de estudos com leitões desmamados, mas especificamente utilizando ingredientes fibrosos (Figura 3), é um reflexo do panorama da suinocultura mundial. De acordo com o panorama produtivo a China é o maior produtor, consumidor e importador de carne suína no mundo, já o Brasil é o 4º maior produtor e exportador e o 5º maior consumidor de carne suína a nível mundial.

A União Europeia, representada pela Espanha (que é o maior produtor do bloco econômico) ocupa a 2º posição como maior produtor e consumidor e é o 1º colocado na exportação da carne, enquanto que o Canadá é o 7º maior produtor e o 3º maior exportador de carne suína no mundo (USDA, 2022). Esse cenário favorece, maiores investimentos no setor sendo refletido em pesquisas constantes.

]A inclusão da fibra na dieta para suínos e, mais precisamente para leitões desmamados, tem sido controversa pois a fibra pode reduzir o consumo de ração e a digestibilidade dos nutrientes, com notável diminuição no ganho de peso (Jarrett e Ashworth, 2018). Todavia, o impacto indesejado da fibra alimentar na utilização de nutrientes está diretamente relacionado com as propriedades físico-químicas que ela apresenta, bem como o nível fornecido. De acordo com os resultados encontrados, níveis de fibra bruta entre 4 e 5% melhoram o ganho de peso diário relativizado de leitões após o desmame (Figura 4). Esse resultado pode ser um indicativo do melhor nível de fibra bruta a se utilizar em dietas para leitões durante a fase avaliada.

Os efeitos benéficos da fibra em dietas para leitões desmamados foram intensamente revisados por Molist et al. (2014) e por Flis et al. (2017). A fibra dietética pode ter efeitos positivos, como estimular a integridade e saúde intestinal, aumentar a saciedade, influenciar no ganho de peso diário e afetar o comportamento e a composição da microbiota intestinal (De Lange et al., 2010; Jha et al., 2019).

A manutenção do desempenho e da saúde geral dos animais está intimamente ligada a saúde intestinal. O epitélio do intestino além de ser responsável pelos processos de digestão e absorção de nutrientes também atua como uma barreira contra bactérias patogênicas e compostos tóxicos (Jha et al., 2019). Nesse contexto, nutrientes específicos da dieta, como a fibra dietética podem auxiliar no bom funcionamento do intestino.

Diversos trabalhos relataram que a fibra ajuda a promover melhora no desempenho de leitões, a partir da melhoria da saúde intestinal. Como por exemplo a utilização de farelo de trigo na dieta que melhorou o ganho diário de peso e a conversão alimentar de leitões, a partir da alteração da microbiota intestinal e melhor saúde do intestino (Zhao et al., 2018).

Na maioria dos estudos que utilizou dietas ricas em fibras, normalmente acima dos níveis recomendados, foi verificada diminuição significativa no ganho médio diário de peso de leitões na fase do desmame (De Jong et al., 2014; Wang et al., 2016). A queda no desempenho provavelmente ocorreu pela menor digestibilidade dos nutrientes.

Leitões desmamados costumam apresentar consumo de ração irrisório e baixa ingestão de água, principalmente nas primeiras 48 horas pós desmame, devido a mudança da dieta associado aos fatores estressantes comumente conhecidos (Tucci et al., 2011; Gresse et al., 2017).

Ao traçar uma relação entre o nível de FDN (solúvel e insolúvel) da dieta e o consumo diário de ração, verificou-se muita variabilidade entre os dados não sendo possível observar correlação positiva entre as duas variáveis (Figura 5). A solubilidade em água é considerada parâmetro para classificar as fibras, sendo dividida em fibras solúveis (pectinas, β -glucanos, frutanos (oligofrutose e inulina)) e amido resistente; e fibras insolúveis como a hemicelulose, celulose e lignina, embora essa última seja considerada um composto fenólico (NRC, 2012).

As fibras insolúveis sofrem pouco processo fermentativo e, em função das características que apresentam, modificam a motilidade gastrointestinal, aumentam a taxa de passagem, o que reduz a absorção de nutrientes, e influencia no maior volume fecal (Lindberg, 2014). Todavia, atuam na regulação do consumo de ração, podendo aumentá-lo, associado a redução no tempo de trânsito intestinal e, em pequenas quantidades, pode melhorar a digestibilidade de nutrientes (Gerritsen et al., 2012).

Já as fibras solúveis são fermentadas pelos microrganismos presentes no intestino grosso, sendo caracterizadas por aumentarem a capacidade de retenção de água e, consequentemente a viscosidade da digesta (Jha & Berrocoso, 2015), o que acaba por criar um microambiente propício para a proliferação de microrganismos. Dessa forma, o esvaziamento gástrico ocorrerá de maneira lenta, causando impacto nos processos digestivo e absorptivo, devido ao menor contato da digesta com as enzimas. Assim, a taxa de passagem da digesta é reduzida, o que reflete em aumento da saciedade com possibilidade de diminuição no consumo de ração (Bach Knudsen et al., 2012). Contudo, o tipo de fibra (solúvel e insolúvel) não influenciou as variáveis de desempenho avaliadas (Tabela 2).

Os animais que consumiram os diferentes tipos de fibra (bruta, solúvel e insolúvel) tiveram comportamento linear muito semelhante quando analisada a relação entre ganho de diário de peso e consumo diário de ração (Figura 6). Um fato que chamou a atenção foi a alta variabilidade dos níveis de fibra entre os estudos selecionados. É possível perceber que ao longo de toda a relação de eficiência alimentar os níveis são diferentes, ou seja, nem sempre o nível recomendado ou alto vai influenciar em melhores respostas.

Esse comportamento pode ser devido ao fato de que outros fatores podem estar interferindo na resposta dos animais, como por exemplo: maturidade maior do trato gastrointestinal ou melhor digestibilidade dos ingredientes utilizados nas dietas.

5 CONCLUSÃO

A realização da meta-análise permitiu observar várias análises sequenciais gráficas entre nível e tipo de fibra utilizada. O nível de fibra bruta pode interferir para melhor ganho de peso diário relativizado e baixo nível de FDN proporciona melhor eficiência alimentar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, S.; KONG, X.; CHE, D. et al. Effects of dietary supplementation of Alfalfa (Medicago Sattva) fibre on the blood biochemistry, nitrogen metabolism, and intestinal morphometry in weaning piglets. **Applied Ecology and Environmental Research**. Vol.17 No.2 pp.2275-2295. 2019.

ADEBIYI, O.A.; ADEOLA, A.T.; OSINOWO, O.A. et al. Effects of feeding hydroponics maize fodder on performance and nutrient digestibility of weaned pigs. **Applied Ecology and Environmental Research**. 16(3):2415-2422. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1603_24152422. 2018.

AGYEKUM, A.K. and NYACHOTI, C.M. Nutritional and metabolic consequences of feeding high-fiber diets to swine: a review. **Engineering** 3.5: 716-725. 2017.

ALMEIDA, V.V.; NUÑEZ, A.J.C.; SCHINCKEL, A.P. et al. Interactive effect of dietary protein and dried citrus pulp levels on growth performance, small intestinal morphology, and hindgut fermentation of weanling pigs, **Journal of Animal Science**, Volume 95, Issue 1, January. Pages 257–269, doi.org/10.2527/jas.2016.0498. 2017.

AQUINO, T.M.F.; WATANABE, P.H.; CARVALHO, L.E. et al. Níveis de inclusão do farelo de arroz parboilizado em rações para leitões na fase de creche. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.66, n.5, p.1531-1538, 2014.

BACH KNUDSEN KE, HEDEMANNS MS, LÆRKE HN. The role of carbohydrates in intestinal health of pigs. **Animal Feed Science and Technology**. 173, p. 41–53. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2011.12.020. 2012.

BEGUM, M.; HOSSAIN, M.M. and KIM, I.H. Effects of fenugreek seed extract supplementation on growth performance, nutrient digestibility, diarrhoea scores, blood profiles, faecal microflora and faecal noxious gas emission in weanling piglets. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** (Berl). Dec;100(6):1121-1129. doi: 10.1111/jpn.12496. 2016.

BERROCOSO, J.D.; MENOYO, D.; GUZMÁN, P. et al. Effects of fiber inclusion on growth performance and nutrient digestibility of piglets reared under optimal or poor hygienic conditions. **Journal of Animal Science**. Aug;93(8):3919-31. doi: 10.2527/jas.2015-9137. 2015.

BIKKER, P.; DIRKZWAGER, A.; FLEDDERUS, J. et al. The effect of dietary protein and fermentable carbohydrates levels on growth performance and intestinal characteristics in newly weaned piglets. 84:3337–3345 doi:10.2527/jas.2006-076. 2006.

BOSHUAL, L.; WENJING, W.; XIAOYAN, Z. et al. Response of Gut Microbiota to Dietary Fiber and Metabolic Interaction With SCFAs in Piglets. **Frontiers in Microbiology**. V. 9. Pp. 1-12. doi: 10.3389/fmicb.2018.02344. 2018.

- CAMPBELL, J. M.; CRENSHAW, J. D.; POLO, J. The biological stress of early weaned piglets. **Journal of Animal Science and Biotechnology**. v. 4:19, p. 1-4, 2013.
- CARNEIRO, M.S.C.; LORDELO, M.M.; CUNHA, L.F. et al. Effects of dietary fibre source and enzyme supplementation on faecal apparent digestibility, short chain fatty acid production and activity of bacterial enzymes in the gut of piglets. **Animal Feed Science and Technology**. 146 .124–136. doi:10.1016/j.anifeedsci.2007.12.001. 2008.
- CEMIN, H.S.; TOKASH, M.D.; DRITZ, S.S. et al. Effects of insoluble fiber source (cellulose or distillers dried grains with solubles) on growth performance of nursery pigs. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**. V. 4. I- 9. 2018.
- CHE, D.; ADAMS S.; WEI, C. et al. Effects of Astragalus membranaceus fiber on growth performance, nutrient digestibility, microbial composition, VFA production, gut pH, and immunity of weaned pigs. **Microbiologyopen**. May;8(5):e00712. doi: 10.1002/mbo3.712. 2019.
- CHENG, C.; WEI, H.; XU, C. et al. Maternal Soluble Fiber Diet during Pregnancy Changes the Intestinal Microbiota, Improves Growth Performance, and Reduces Intestinal Permeability in Piglets. **Applied and Environmental Microbiology**. Aug 17;84(17):e01047-18. doi: 10.1128/AEM.01047-18. 2018.
- DE BLAS, C.; GASA, J. and MATEOS, G.G. Necesidades Nutricionales para Ganado Porcino. **Normas FEDNA**. 2º edição. 2013.
- DE JONG, J.A.; DEROUCHÉY, J.M.; TOKACH, M.D. et al. Effects of dietary wheat middlings, corn dried distillers grains with solubles, and net energy formulation on nursery pig performance. **Journal of Animal Science**, 92(8), 3471-3481. 2014.
- DE LANGE, C.F.M.; PLUSKE, J.; GONG, J. et al. Strategic use of feed ingredients and feed additives to stimulate gut health and development in young pigs. **Livestock Science**. 134, p.124-134. 2010.
- DICKSVED, J.; JANSSON, J.K. AND LINDBERG, J.E. Fecal microbiome of growing pigs fed a cereal based diet including chicory (*Cichorium intybus* L.) or ribwort (*Plantago lanceolata* L.) forage. **Journal of Animal Science and Biotechnology**.;6:53. Dec 18. doi:10.1186/s40104-015-0054-8. 2015.
- FLIS, M.; SABOTKA, W. ANTOSZKIEWICK, Z. Fiber substrates in the nutrition of weaned piglets – a review. **Annals of Animal Science**, v. 17, n. 3, p. 627–643, 2017.
- FREIRE, J.P.B.; GUERREIRO, A.J.G.; CUNHA, L.F. et al. Effect of dietary fibre source on total tract digestibility, caecum volatile fatty acids and digestive transit time in the weaned piglet. **Animal Feed Science and Technology**. 8v. 7. Pp. 71-83. 2000.
- GASA F.M; YWAZAKI, M.; GÓMEZ DE SEGURA, U.A. et al. Administration of loperamide and addition of wheat bran to the diets of weaner pigs decrease the incidence of diarrhoea and enhance their gut maturation. **British Journal of Nutrition**. Mar;103(6):879-85. doi: 10.1017/S0007114509992637. 2010.
- GERRITSEN R.; VANDER AAR P.; MOLIST F. Insoluble nonstarch polysaccharides in diets for weaned piglets. **Journal of Animal Science**. v. 90 (Suppl. 4), p. 318–320, 2012.

GILL, B.P.; MELLANGE, J. and ROOKE, J.A. Growth performance and apparent nutrient digestibility in weaned piglets offered wheat-, barley- or sugar-beet pulp-based diets supplemented with food enzymes. **Animal Science**. V. 70. Pp. 107-118. 2000.

GOMES, J.D.F.; PUTRINO, S.M.; GROSSKLAUS, C. et al. Efeitos do incremento de fibra dietética sobre a digestibilidade, desempenho e características de carcaça de suínos em crescimento e terminação. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v. 28, n. 3, p. 483-492, jul./set. 2007.

GRESSE, R.; CHAUCHEYRAS-DURAND, F., FLEURY, M. A. et al. Gut microbiota dysbiosis in postweaning piglets: understanding the keys to health. **Trends in microbiology**, v. 25, n. 10, p. 851-873, 2017.

HANCZAKOWSKA, E.; ŚWIĄTKIEWICZ, M. ; BIAŁECKA, A. Pure cellulose as a feed supplement for piglets. **Medycyna Weterynaryjna**; Vol.64 No.1 pp.45-48. 2008.

HERMES, R.G.; MOLIST, F.; YWAZAKI, M. et al. Effect of dietary level of protein and fiber on the productive performance and health status of piglets. **Journal of Animal Science**. Nov;87(11):3569-77. doi: 10.2527/jas.2008-1241. 2009.

HÖGBERG, A. and LINDBERG, J.E. Influence of cereal non-starch polysaccharides and enzyme supplementation on digestion site and gut environment in weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**. V. 116, Issues 1–2, 1 September, Pages 113-128. 2004.

HÖGBERG, A. and LINDBERG, J.E. The effect of level and type of cereal non-starch polysaccharides on the performance, nutrient utilization and gut environment of pigs around weaning. **Animal Feed Science and Technology**. 127. 200–219. 2006.

IVARSSON, E.; FRANKOW-LINDBERG, B.E.; ANDERSSON, H.K. et al. Growth performance, digestibility and faecal coliform bacteria in weaned piglets fed a cereal-based diet including either chicory (*Cichorium intybus* L) or ribwort (*Plantago lanceolata* L) forage. **Animal**. Feb;5(4):558-64. doi: 10.1017/S1751731110002193. 2011.

JARRETT, S. and ASHWORTH, C.J The role of dietary fibre in pig production, with a particular emphasis on reproduction. **Journal of Animal Science and Biotechnology**. V9. N 59. Pp. 1-11. 2018.

JAWORSKI, N.W.; OWUSU-ASIEDU, A.; WALSH, M.C. et al. Effects of a 3 strain - based direct-fed microbial and dietary fiber concentration on growth performance and expression of genes related to absorption and metabolism of volatile fatty acids in weanling pigs. **Journal of Animal Science**. Jan;95(1):308-319. doi: 10.2527/jas.2016.0557. 2017. 2017.

JEAUROOND, E.A.; RADEMACHER, M.; PLUSKE, J.R. et al. Impact of feeding fermentable proteins and carbohydrates on growth performance, gut health and gastrointestinal function of newly weaned pigs. **Canadian Journal of Animal Science**. V. 88. N.2. 2008.

JHA, R. & BERROCOSO, J.D. Dietary fiber utilization and its effects on physiological functions and gut health of swine. **Animal**. 9, p. 1441–52. doi: 10.1017/S1751731115000919. 2015.

JHA, R.; FOUHSE, J.M.; TIWARI, U.P., et al. Dietary fiber and intestinal health of monogastric animals. **Frontiers in veterinary Science**. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00048>. 2019.

KRALER, M.; SCHEDLE, K.; SCHWARZ, C. et al. Fermented and extruded wheat bran in piglet diets: impact on performance, intestinal morphology, microbial metabolites in chyme and blood lipid radicals. **Archives of Animal Nutrition**.;69(5):378-98. doi: 10.1080/1745039X.2015.1075671. 2015.

LALLÈS, J.P.; BOSI, P.; SMIDT, H. et al. Weaning – a challenge to gut physiologists. **Livestock Science**. 108, 82–93. 2007.

LANDERO, J.L.; WANG, L.F.; BELTRANENA, E. et al. Diet nutrient digestibility and growth performance of weaned pigs fed field pea. **Animal Feed Science and Technology**. Volume 198, December, Pages 295-30. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.10.014>. 2014.

LE, M.H.A.; LANDERO, J.L.; BELTRANENA, E. et al. he effect of feeding increasing inclusion of extruded Brassica juncea canola expeller on growth performance and nutrient digestibility in weaned pigs. **Animal Feed Science and Technology**. 192. 73–80. 2014.

LEN, L.T.; NGOC, T.B.; OGLE, B. et al. Ileal and total tract digestibility in local (Mong Cai) and exotic (Landrace ×Yorkshire) piglets fed low and high-fibre diets, with or without enzyme supplementation. **Livestock Science**. V. 126. Pp. 73–79. 2009.

LINDBERG, J.E. Fiber effects in nutrition and gut health in pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, 5, 15. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-5-15>. 2014.

LIU, P.; ZHAO, J.; WANG, W. et al. Dietary Corn Bran Altered the Diversity of Microbial Communities and Cytokine Production in Weaned Pigs. **Frontiers in Microbiology**. Sep 4; 9:2090. doi: 10.3389/fmicb.2018.02090. 2018.

LIU, X.; ZHAO, J.; ZHANG, G. et al. Dietary Supplementation with *Flammulina velutipes* Stem Waste on Growth Performance, Fecal Short Chain Fatty Acids and Serum Profile in Weaned Piglets. **Animals** (Basel). Jan 3;10(1):82. doi: 10.3390/ani10010082. 2020.

LIZARDO, R.; PEINIAU, J. and AUMAITRE, A. Inclusion of sugar-beet pulp and change of protein source in the diet of the weaned piglet and their effects on digestive performance and enzymatic activities. **Animal Feed Science and Technology**. V. 66. Pp. 1- 14. 1997.

MATEOS, G.G.; LÓPEZ, E.; LATORRE, M.A. et al. The effect of inclusion of oat hulls in piglet diets based on raw or cooked rice and maize. **Animal Feed Science and Technology** 135. 100–112. 2007.

MEDEL, P.; SALADO, S.; DE BLAS, J.C. et al. Processed cereals in diets for early-weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 82, n. 3-4, p. 145-156, 1999.

MOLIST, F.; GÓMEZ DE SEGURA, A.; GASA, J. et al. Effects of the insoluble and soluble dietary fibre on the physicochemical properties of digesta and the microbial activity in early weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**. V. 149. Pp 346–353. 2009.

MOLIST, F.; VAN OOSTRUM, M.; PÉREZ, J.F. et al. Relevance of functional properties of dietary fibre in diets for weanling pigs. **Animal Feed Science and Technology**, 189, p. 1-10. 2014.

NASIR, Z.; WANG, L.F.; YOUNG, M.G. et al. The effect of feeding barley on diet nutrient digestibility and growth performance of starter pigs. **Animal Feed Science and Technology**. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.10.014>.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of swine**. 11. ed. Washington, D.C.: National Academy. p. 400, 2012.

NEPOMUCENO, R. C.; WATANABE, P.H.; FERITAS, E.R. et al. Neutral detergent fibre in piglet diets: performance and gastrointestinal implications. **Ciência e Agrotecnologia**; 40(2):205-216, Mar/Apr. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542016402043315>. 2016.

NEPOMUCENO, R.C.; WATANABE, P.H.; FREITAS, E.R. et al. Neutral detergent fibre in piglet diets: digestibility, performance, and deposition of body nutrients. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. 90(1): 439-448. 2018.

NGOC, T.T.B.; LEN, N.T.; OGLE, B. et al. Influence of particle size and multi-enzyme supplementation of fibrous diets on total tract digestibility and performance of weaning (8–20 kg) and growing (20–40 kg) pigs. **Animal Feed Science and Technology**. V. 169 pp. 86– 95. 2011.

NGOC, T.T.B.; LEN, N.T.; LINDBERG, J.E. Chemical characterization and water holding capacity of fibre-rich feedstuffs used for pigs in Vietnam. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**. 25: 861-868. 2012.

PASCOAL, L. A. F.; THOMAZ, M. C.; WATANABE, P. H. et al. Purified cellulose, soybean hulls and citrus pulp as a source of fiber for weaned piglets. **Scientia Agricola**, 72(5), 400-410. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0210>. 2015.

PASCOAL, L.A.F.; THOMAZ, M.C.; WATANABE, P.H. et al. Fiber sources in diets for newly weaned piglets. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.41, n.3, p.636-642, 2012.

PIEPER, R.; KRÖGER, S.; RICHTER, J.F. et al. Fermentable fiber ameliorates fermentable protein-induced changes in microbial ecology, but not the mucosal response, in the colon of piglets. **The Journal of Nutrition**. Apr;142(4):661-7. doi: 10.3945/jn.111.156190. 2012.

RAMOS, G.F.; JÚNIOR, C.D.S.; OLIVEIRA, J.A. et al. Desempenho, frequência de diarreia, produção de fezes e custos de dietas com teores crescentes de farelo de abacaxi

para leitões desmamados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.68, n.6, p.1505-1515, 2016.

REILLY, P.; O'DOHERTY, J.V.; PIERCE, K.M. et al. The effects of seaweed extract inclusion on gut morphology, selected intestinal microbiota, nutrient digestibility, volatile fatty acid concentrations and the immune status of the weaned pig. **Animal**. Oct;2(10):1465-73. doi: 10.1017/S1751731108002711. 2008.

RIBEIRO, R.S.; PINHO, M.; FALCÃO-CUNHA, L. et al. The use of chestnuts (*Castanea sativa* Mill.) as a source of resistant starch in the diet of the weaned piglet. **Animal Feed Science and Technology**. V. 182. Pp. 111– 120. 2013.

SHANG, Q.; MA, X.; LIU, H. et al. Effect of fibre sources on performance, serum parameters, intestinal morphology, digestive enzyme activities and microbiota in weaned pigs. **Archives of Animal Nutrition**; Apr;74(2):121-137. doi: 10.1080/1745039X.2019.1684148. 2020.

SCHEDLE, K.; PLITZNER, C.; ETTLE, T. et al. Effects of insoluble dietary fibre differing in lignin on performance, gut microbiology, and digestibility in weanling piglets. **Archives of Animal Nutrition**. Apr;62(2):141-51. doi: 10.1080/17450390801892617. 2008.

SCHIAVON, S.; FRANCO T.; BAILONI, L. et al. Effects of sugar beet pulp on growth and health status of weaned piglets. **Italian Journal of Animal Science** 3, no. 4. 337-351. 2004.

SCHOKKER, D.; ZHANG, J.; VASTENHOUW, S.A. et al. Long-lasting effects of early-life antibiotic treatment and routine animal handling on gut microbiota composition and immune system in pigs. **Plos One**, 10. 2015.

SHEN, Y.B.; PIAO, X.S.; KIM, S.W. et al. Effects of yeast culture supplementation on growth performance, intestinal health, and immune response of nursery pigs. **Journal of Animal Science**. Aug;87(8):2614-24. doi: 10.2527/jas.2008-1512. 2009.

SLAMA, J.; SCHEDLE, K.; WETSCHEREK, W. et al. Effects of soybean hulls and lignocellulose on performance, nutrient digestibility, microbial metabolites and immune response in piglets. **Archives of Animal Nutrition**. Jun;74(3):173-188. doi: 10.1080/1745039X.2019.1704174. 2020.

SUPERCHI, P.; SALERI, R.; BORGHETTI, P. et al., Effects of a dietary crude fibre concentrate on growth in weaned piglets, **Animal**, vol. 11, no. 11, pp. 1905–1912, 2017.

TASAKA, Y.; TACHIHARA, K.; KAGAWA, R. et al. Effects of rice feeding on growth performance and protein (amino acids) metabolism in weanling piglets. **Animal Science Journal**. DOI: 10.1111/asj.13311. 2019.

TUCCI, F.M.; THOMAZ, M.C.; NAKAGHI, L.S.O. et al. Efeito da adição de agentes tróficos na dieta de leitões desmamados sobre a estrutura e ultraestrutura do intestino delgado e sobre o desempenho. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p.931-940, 2011.

VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. Utilização de detergentes na análise de alimentos fibrosos. IV - Determinação dos constituintes da parede celular vegetal. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, 50(1):50-55, 1967.

WANG, M.; RADLOWSKI, E.C.; MONACO, M.H. et al. Mode of delivery and early nutrition modulate microbial colonization and fermentation products in neonatal piglets. **The Journal of Nutrition** 143, 795–803. 2013.

WANG, L.F.; BELTRANENA, E. and ZIJLSTRA, R.T. Diet nutrient digestibility and growth performance of weaned pigs fed sugar beet pulp. **Animal Feed Science and Technology**. Vol.211 pp.145-152. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.11.005> 2016.

WANG, L.F.; ZHANG, H.; BELTRANENA, E. et al. Diet nutrient digestibility and growth performance of weaned pigs fed hulled or hull-less barley differing in fermentable starch or fiber to replace wheat grain. **Animal Feed Science and Technology**. Vol.242 pp.59-68. DOI : 10.1016/j.anifeedsci.2018.05.012. 2018.

WEBER, T.E.; ZIEMER, C.J.; KERR, B.J. Effects of adding fibrous feedstuffs to the diet of young pigs on growth performance, intestinal cytokines, and circulating acute-phase proteins. **Journal Animal Science**. Apr;86(4):871-81. doi: 10.2527/jas.2007-0330. 2008.

WELLOCK, I.J.; FORTOMARIS, P.D.; HOUDIJK, J.G. et al. The consequences of non-starch polysaccharide solubility and inclusion level on the health and performance of weaned pigs challenged with enterotoxigenic *Escherichia coli*. **British Journal of Nutrition**. Mar;99(3):520-30. doi: 10.1017/S0007114507819167. 2008.

YAN, C.L.; KIM, H.S.; HONG, J.S. et al. Effect of Dietary sugar beet pulp supplementation on growth performance, nutrient digestibility, fecal Microflora, blood profiles and Diarrhea incidence in weaning pigs. **Journal of Animal Science and Technology**. Aug 7; 59:18. doi: 10.1186/s40781-017-0142-8. 2017.

YU, C.; ZHANG, S.; YANG, Q. et al. Effect of high fibre diets formulated with different fibrous ingredients on performance, nutrient digestibility and faecal microbiota of weaned piglets. **Archives of Animal Nutrition**. 2016 Aug;70(4):263-77. doi: 10.1080/1745039X.2016.1183364.

ZHAO, J.; LIU, P.; WU, Y. et al. Dietary Fiber Increases Butyrate-Producing Bacteria and Improves the Growth Performance of Weaned Piglets. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Aug 1;66(30):7995-8004. doi: 10.1021/acs.jafc.8b02545. 2018.

CAPÍTULO III

Lignocelulose associada ou não a probiótico e sua influência sobre o desempenho, parâmetros imunológicos, integridade intestinal e perfil de ácidos graxos de leitões desmamados

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da adição de um concentrado de fibra dietética (lignocelulose) associada ou não a probiótico em dietas para leitões desmamados sobre o desempenho, incidência de diarreia, digestibilidade de nutrientes, parâmetros imunológicos, perfil de ácido graxos de cadeia curta e morfometria intestinal. Foram utilizados 40 leitões, de mesma linhagem comercial, sendo 20 machos castrados e 20 fêmeas, desmamados aos 23 dias de idade e com peso médio inicial de $6,81 \pm 2,45$ kg. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram dispostos da seguinte maneira: DC: dieta controle composta principalmente por milho e farelo de soja; DF: DC+ 1% de concentrado de fibra dietética; DP: DC+ 0,2% de probiótico; DFP: DC+ 1% de concentrado de fibra dietética e 0,2% de probiótico. A adição da lignocelulose e do probiótico não afetou ($P>0,05$) o desempenho nem a incidência de diarreia. Animais que consumiram a DFP tiveram maiores níveis de IgG e IgM seguidos de animais que consumiram a DP, DF e DC, respectivamente; para a IgA o consumo da dieta DFP fez aumentar os níveis. Leitões que consumiram dietas contendo lignocelulose e probióticos de maneira associada ou não apresentaram maior ($P<0,05$) altura de vilosidades (AV) no duodeno e íleo, menor profundidade de criptas (PC) e melhor relação AV/PC no jejuno. A AV no jejuno foi maior para animais que consumiram a DFP. Os perfis fecais de butirato foram maiores ($P<0,05$) em leitões que consumiram as dietas DF e DP, e o nível de valerato aumentou ($P<0,05$) a partir do consumo da dieta DP. Em conclusão, o uso de 1% do concentrado de fibra dietética (lignocelulose) e 0,2% de probiótico de maneira associada ou não pode ser recomendado por aumentar anticorpos séricos, perfis de ácidos graxos de cadeia curta, além de melhorar parâmetros de morfometria intestinal, sem prejuízo as variáveis de desempenho e sobre a incidência de diarreia.

Palavras-Chave: leitão; PNA; microrganismos; morfometria intestinal; suíno.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effects of the addition of a dietary fiber concentrate (lignocellulose) associate or not to a probiotic in diets for weaned piglets on performance, incidence of diarrhea, nutrient digestibility, immunological parameters, short-chain fatty acid profile and intestinal morphometry. Forty piglets of the same commercial strain were used, 20 castrated males and 20 females, weaned at 23 days of age and with an average initial weight of 6.81 ± 2.45 kg. The animals were distributed in an experimental design in randomized blocks, with four treatments and five replications. The treatments were arranged as follows: CD: control diet composed mainly of corn and soybean meal; DF: CD + 1% dietary fiber concentrate; PD: DC+ 0.2% probiotic; DFP: DC+1% dietary fiber concentrate and 0.2% probiotic. The addition of lignocellulose and probiotic did not affect ($P>0.05$) performance or diarrhea incidence. Animals that consumed DFP had higher levels of IgG and IgM followed by animals that consumed PD, DF and CD, respectively; for IgA the consumption of the DFP diet increased the levels. Piglets that consumed diets containing lignocellulose and probiotics in association or not showed higher ($P<0.05$) villus height (VH) in the duodenum and ileum, lower crypt depth (CP) and better VH/CP ratio in the jejunum. The VH in the jejunum was higher for animals that consumed the DFP. Fecal butyrate profiles were higher ($P<0.05$) in piglets that consumed the DF and PD diets, and the valerate level increased ($P<0.05$) from the consumption of the PD diet. In conclusion, the use of 1% of dietary fiber concentrate (lignocellulose) and 0.2% of probiotic in association or not can be recommended because it increases serum antibodies, short-chain fatty acid profiles, in addition to improving morphometric intestinal parameters, without prejudice to performance variables and the incidence of diarrhea.

Keywords: piglet; NPSs; microorganisms; intestinal morphometry; swine.

1 INTRODUÇÃO

O desmame é um dos eventos mais críticos na suinocultura devido a fatores estressantes de ordem nutricional - mudança da dieta líquida (leite) para a sólida; social - separação da matriz e mistura com animais de outras leitegadas, o que contribui para disputas de hierarquia; fisiológico - devido ao incompleto desenvolvimento do trato gastrointestinal e imunológico - já que a prática comercial de desmame ocorre em idade média entre 21 e 28 dias de idade, anterior ao período em que os animais desenvolvem imunidade ativa (em torno de 35 dias) (Martins et al., 2018).

Este cenário pode contribuir para disfunções intestinais e do sistema imunológico, tornando o ambiente propício para a proliferação de patógenos que resultam em prejuízos à saúde, diminuição do consumo de ração e queda no desempenho de crescimento, especialmente na primeira semana após o desmame (Campbell et al., 2013; O'Doherty et al., 2017). Além do baixo consumo de ração, os leitões desmamados vivenciam mudanças fisiológicas estruturais e funcionais que podem reduzir a atividade enzimática e provocar alterações na taxa de renovação celular, o que repercute em atrofia das vilosidades e hiperplasia das criptas com os processos de digestão e absorção de nutrientes pelo intestino afetados (Wang et al., 2013), o que provavelmente pode influenciar a eficiência alimentar. Portanto, o manejo dos leitões durante o desmame é uma das tarefas mais desafiadoras na produção de suínos.

O uso de antibióticos como promotores de crescimento em dietas para animais é uma prática comum há mais de 60 anos para prevenir problemas entéricos e promover o crescimento dos animais (Shang et al., 2021). Todavia, a sua utilização vem sendo banida na alimentação animal, devido a possibilidade residual nos produtos e, conseqüentemente, resistência microbiana e seus efeitos adversos em animais e humanos (Schokker et al., 2015). Nesse sentido, outros aditivos e ingredientes são colocados nas dietas como alternativa aos antibióticos promotores de crescimento.

Os efeitos benéficos da fibra em leitões desmamados foram intensamente revisados por Molist et al. (2014) e por Flis et al. (2017). Embora seja indigestível para as enzimas endógenas de suínos, ela pode ser degradada por bactérias no intestino posterior, gerando ácidos graxos de cadeia curta que são benéficos a saúde intestinal (Laitat et al., 2015; Grilli et al., 2016; Koh et al., 2016). Estudos recentes têm

demonstrado que a fibra dietética melhora a função de barreira intestinal e as respostas imunológicas de leitões (Chen et al., 2013; Shang et al., 2021; Sun et al., 2021).

Uma outra alternativa ao uso de antibióticos são os probióticos, definidos como microrganismos vivos e viáveis que quando administrados de forma adequada, conferem benefícios a saúde do hospedeiro (Bermudez-Brito, et al., 2012). Estudos documentaram os efeitos da suplementação de probióticos em dietas para leitões, incluindo melhora no desempenho de crescimento, eficiência de conversão alimentar, modulação da microbiota intestinal, utilização de nutrientes, saúde intestinal e regulação do sistema imunológico (Ross et al., 2010; Dowarah et al., 2017; Wang, et al., 2020; Zhang, et al., 2020).

Desta forma, objetivou-se, a partir desse trabalho, avaliar os efeitos da adição de lignocelulose associada ou não a probiótico em dietas para leitões desmamados sobre o desempenho, incidência de diarreia, digestibilidade de nutrientes, parâmetros imunológicos, perfil de ácido graxos de cadeia curta e morfometria intestinal.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio experimental foi realizado no Laboratório de Suinocultura do Departamento de Ciência Animal, do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Campus III, em Bananeiras-PB. O protocolo experimental nº 5028200420 foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal da Paraíba (CEUA-UFPB).

Animais, instalações e dietas experimentais

Foram utilizados 40 leitões, de mesma linhagem comercial (Landrace x Large White), sendo 20 machos castrados e 20 fêmeas, desmamados aos 23 dias de idade e com peso médio inicial de $6,81 \pm 2,45$ kg. Os animais foram transferidos para um galpão de alvenaria com piso de concreto e alojados em gaiolas de creche suspensas de 1,5 x 2,0 m, com piso de plástico vazado, equipadas com bebedouros do tipo chupeta e comedouros semiautomáticos. No decorrer dos vinte primeiros dias do período experimental, foram utilizadas lâmpadas incandescentes de 100W, com o propósito de fornecer fonte de calor aos leitões.

O monitoramento da temperatura ambiental e umidade relativa do ar durante o período experimental foi realizado através de um termo-higrômetro digital duas vezes ao dia, sendo uma pela manhã e a outra pela tarde. As temperaturas médias mínima e máxima foram de $23,37 \pm 0,9$ °C e $27,86 \pm 1,32$ °C, respectivamente. A umidade relativa média mínima e máxima do ar foi de $63 \pm 6\%$ e $80 \pm 4,5\%$, respectivamente.

Os animais foram distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições, no qual a unidade experimental foi constituída por dois animais, sendo um macho e uma fêmea. Os tratamentos foram dispostos da seguinte maneira: DC: dieta controle composta principalmente por milho e farelo de soja; DF: DC+ 1% de concentrado de fibra dietética (lignocelulose); DP: DC+ 0,2% de probiótico; DFP: DC+ 1% de concentrado de fibra dietética (lignocelulose) e 0,2% de probiótico. A fibra dietética era composta por lignocelulose e tinha como níveis de garantia (mínimos) os seguintes: FDA – 700g/kg; Fibra bruta – 650g/kg e Umidade 120g/kg. A composição básica do probiótico pode ser verificada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição básica do probiótico

Microrganismo	Nível de garantia (mín)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	2×10^8 UFC/g
<i>Enterococcus faecium</i>	1×10^7 UFC/g
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	1×10^7 UFC/g

As dietas experimentais foram formuladas de acordo com recomendações de Rostagno et al. (2017) com o propósito de serem isoenergéticas e isoproteicas, de modo a atender as necessidades nutricionais mínimas dos leitões nas seguintes fases: I – dos 23 aos 32 dias; II - dos 33 aos 42 dias e III – dos 43 aos 55 dias (Tabela 2). No decorrer de todo o período experimental os animais receberam água e comida *ad libitum*. Nas dietas não foram adicionados antibióticos ou qualquer promotor de crescimento. A fibra dietética e o probiótico foram adicionados nas dietas em substituição ao inerte.

Tabela 2. Composição centesimal das dietas experimentais utilizadas para leitões¹ e valores calculados de nutrientes fornecidos.

Ingredientes	Fases experimentais		
	23-32 dias	33-42 dias	43-55 dias
Farelo de milho	40,95	52,42	66,16
Farelo de soja	31,33	27,67	25,71
Soro de leite em pó	17,39	10,14	-
Óleo de soja	4,39	3,75	1,90
Fosfato bicálcico	1,89	1,94	1,86
Inerte ²	1,20	1,20	2,28
Calcário	0,94	0,84	0,64
L-Lisina HCl	0,43	0,46	0,34
L-Treonina	0,28	0,28	0,16
L-Arginina	0,26	0,25	-
DL-Metionina	0,25	0,22	0,12
Vitini-Sui ³	0,20	0,20	0,20
Sal comum	0,15	0,29	0,44
L-Valina	0,15	0,15	0,03
Min-Sui ⁴	0,10	0,10	0,10
L-Triptofano	0,05	0,05	0,03
BHT	0,02	0,02	0,02
Total	100,00	100,00	100,00
Valores Calculados (%)			
Energia Metabolizável, Mcal/kg	3,400	3,375	3,250
Proteína bruta	21,42	19,87	18,06
Cálcio	1,068	0,973	0,794
Lactose	12,00	7,00	-
Fósforo disponível	0,528	0,481	0,393
Triptofano digestível	0,276	0,256	0,213
Lisina digestível	1,451	1,346	1,120
Metionina digestível	0,526	0,483	0,373
Metionina + cistina digestível	0,813	0,754	0,638
Treonina digestível	0,972	0,902	0,728
FDN	8,848	9,634	10,906
FDA	2,441	2,155	2,002
Hemicelulose	6,407	7,479	8,904

¹ Valores nutricionais obtidos dos ingredientes foram recomendados por Rostagno et al. (2017). ² Areia lavada. A fibra e o probiótico foram adicionados em substituição ao inerte. ³ Suplemento Vitamínico: Vit. A – 4.000 U.I.; Vit. D3 – 220 U.I.; Vit. E – 22 mg; Vit. K – 0,5 mg; Vit B2 – 3,75 mg; Vit. B12 – 20 mcg; Pantotenato de cálcio – 12 mg; Niacina – 20 mg; Colina. ⁴ Suplemento mineral: Iodo – 140 µg; Selênio – 300 µg; Manganês – 10 mg; Zinco – 100 mg; Cobre – 10 mg; Ferro – 99 mg.

Desempenho Produtivo

Para a determinação do desempenho produtivo, os animais foram pesados no início e final de cada fase, assim como as sobras de ração. A partir desses dados foram calculados o consumo diário de ração (CDR), o ganho diário de peso (GDP) e a conversão alimentar (CA). Os resultados de desempenho produtivo foram analisados nos seguintes períodos: I – dos 23 aos 42 dias de idade e II – dos 23 aos 55 dias de idade.

Incidência de diarreia

Com o objetivo de verificar a influência das dietas experimentais sobre a incidência de diarreia, foi realizado o levantamento dos escores fecais dos leitões, dos 23 aos 42 dias de idade. A consistência das fezes foi verificada duas vezes ao dia, às 08:00 e às 17:00 horas mediante análise visual, de acordo com os seguintes escores: 1 – fezes normais, 2 – fezes pastosas e 3 – fezes aquosas. Os escores 1 e 2 foram considerados fezes não diarreicas e o 3, diarreicas. Estas identificações foram realizadas sempre pelo mesmo observador.

Parâmetros sanguíneos imunológicos

No 18º dia do período experimental foram colhidas amostras de sangue para determinação dos níveis de Imunoglobulina A (IgA), Imunoglobulina G (IgG) e Imunoglobulina M (IgM). As amostras foram colhidas diretamente da veia jugular de um leitão de cada unidade experimental, escolhido de acordo com o peso vivo. A coleta foi realizada com auxílio de seringa de 10 ml e agulha 1,00x25mm. As amostras foram colhidas em tubos vacutainer sem anticoagulante.

Imediatamente após a coleta, foram centrifugadas a 958 xg por 10 minutos e o soro obtido foi transferido para microtubos (Eppendorf®) e resfriado para posterior processamento das análises. A determinação das concentrações séricas de IgA, IgG e IgM foi realizada em espectrofotômetro utilizados kits comerciais Labtest®, seguindo o procedimento determinado pelo fabricante. Os kits utilizados foram respectivamente: IgA Turbiquest (Ref.: 358), IgG Turbiquest (Ref.: 359), IgM Turbiquest (Ref.: 360).

Digestibilidade das dietas

Durante a terceira fase experimental, foi realizada a avaliação biológica das dietas, utilizando o método de coleta parcial das fezes. No primeiro dia de cada período, para avaliação da digestibilidade, foram adicionadas às dietas 1% de cinza insolúvel em ácido (CIA) em substituição ao inerte. O período experimental teve duração de 7 dias, sendo os três primeiros dias para adaptação dos animais as dietas e fluxo da digesta pelo trato, e os quatro últimos dias para a coleta de fezes diretamente do reto de todos os animais, duas vezes ao dia, e as amostras mantidas congeladas.

Ao fim do período experimental, as fezes de cada animal foram descongeladas, homogeneizadas e amostradas. As porções de fezes foram submetidas à pré-secagem, em estufa com circulação de ar forçada a 55° C durante 72 horas, e posteriormente moídas em moinho do tipo “facas” contendo peneiras com crivos de 1mm. As amostras de ração foram apenas moídas. Para determinação da CIA, foram utilizados os procedimentos descritos por Carvalho et al. (2013). Nas amostras de fezes e ração, foram realizadas análises de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e energia bruta (EB), em seguida, foram calculados os coeficientes de digestibilidade conforme descrito por Sakomura & Rostagno (2016).

Abate dos animais

Ao fim do período experimental (55 dias de idade), um animal de cada parcela (totalizando 20 animais) foi selecionado para o abate. O animal da parcela que apresentou o peso mais próximo da média de cada tratamento foi separado e submetido a um jejum de seis horas. No Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos Cárneos (PDPC) - CCHSA/UFPB, os leitões foram abatidos obedecendo ao protocolo de abate humanitário. Inicialmente, foram insensibilizados por eletronarcose, seguido da sangria, a partir da veia jugular, conforme descrito no protocolo experimental nº 5028200420 (aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal da Paraíba (CEUA-UFPB)).

Morfometria intestinal

Para o estudo da estrutura do intestino delgado foram colhidas amostras de aproximadamente 1 a 10cm do início do duodeno e 25 a 35cm do início do jejuno. A fixação dos segmentos intestinais foi realizada em solução de Metacarn (contendo 60% de metanol, 30% de clorofórmio e 10% de ácido acético) durante um período de doze horas, e mantidos refrigerados. Em seguida, as amostras foram embebidas em solução de álcool à 70%. Para a realização das análises morfométricas do intestino delgado, as amostras foram conduzidas ao Laboratório de Histologia do Centro de Ciências Agrárias (CCA) / UFPB, Campus II, na cidade de Areia/UFPB.

As amostras permaneceram por cerca de vinte e quatro horas em solução de álcool à 70%, em seguida foram lavadas em água corrente durante cinco minutos para depois serem desidratadas em série crescente de álcoois e passagem por bateria de xilol e, ao fim dessa etapa, incluídas em parafina. Em um momento posterior, realizou-se a microtomia dos blocos de parafina para a confecção das lâminas histológicas.

As lâminas de intestino delgado foram coradas utilizando a coloração de hematoxilina/eosina para a determinação da altura de vilosidades (AV), profundidade das criptas (PC) e largura de vilosidades (LV). De posse dos dados foi calculada a relação vilosidades/cripta (AV/PC) e espessura de mucosa (EM), de acordo com metodologia modificada descrita por Moreira Filho et al. (2015). Para as leituras das lâminas histológicas, foi utilizado microscópio de luz modelo Olympus BX53 e câmera Zeiss Axion, acoplada com programa de captura de imagens digitais Cellsens Dimension. A área absorptiva (AA) foi determinada segundo metodologia descrita por Silva (2015).

Perfil de ácidos graxos

Para avaliação do perfil de ácidos graxos de cadeia curta, foram coletadas 10g de amostras fecais diretamente dos animais abatidos. Estas foram acondicionadas em potes de plástico contendo 30ml de ácido fórmico e deixadas sob refrigeração. Na etapa seguinte, as amostras foram centrifugadas a 5000 rpm a 15° C por 15 minutos, sendo retirado o sobrenadante, centrifugando a amostra novamente, repetindo-se esse processo 3 vezes, até que a amostra obtivesse aparência translúcida. Ao fim desta etapa, o sobrenadante foi coletado, armazenado em tubos vacutainer, congelados e enviados para o Laboratório de Ingredientes e Gases Poluentes (LIGAP) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus Jaboticabal.

Medidas quantitativas do conteúdo de ácidos graxos das fezes foram realizadas utilizando-se cromatógrafo a gás (TRACE 1300, Thermo Scientific, MA, EUA) com coluna capilar HP-FFAP (25m x 0,320mm x 0,50 µm), J&W Agilent Technologies Inc.; Palo Alto, CA, EUA. A temperatura inicial da coluna foi de 80°C com aquecimento de 10C/min até alcançar 140°C. Posteriormente, aquecimento de 20°C/min até alcançar 200°C. A vazão do gás de arraste (N) foi de um fluxo de 1,5mL/min. Uma alíquota de 1 µL da amostra foi injetada em "split" com relação de divisão de 1/10 e temperatura de 200°C. Foi utilizado o detector FID a uma temperatura de 250°C.

A Padronização externa com padrões utilizados foram: Ácido acético SIGMA (71251); ácido propiônico SIGMA (94425); ácido butírico SIGMA (19215); Ácido valérico SIGMA (75054); ácido isovalérico SIGMA (78651).

Análise Estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) por meio do procedimento GLM (General Linear Models) no programa estatístico SAS (SAS University 2018) e as médias foram comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) com 5% de probabilidade. A normalidade dos erros foi testada pelo teste de Cramer-von Misses, de acordo com Everitt (1998). Para a avaliação da incidência de diarreia foi utilizada a estatística não paramétrica, sendo as médias comparadas pelo teste de Kruskal-Wallis.

3 RESULTADOS

Os resultados de desempenho produtivo podem ser observados na Tabela 3. Não houve efeito ($P>0,05$) das dietas experimentais sobre as variáveis de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP), conversão alimentar (CA) e peso final em leitões recém desmamados avaliados em dois períodos – dos 23 aos 42 dias e, no período total de experimento, dos 23 aos 55 dias de idade.

Tabela 3. Efeito da inclusão de lignocelulose associado ou não a probiótico em dietas para leitões desmamados sobre o consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA)

Período I - dos 23 aos 42 dias						
Variáveis	Dietas Experimentais ¹				MSE ²	Valor de P ³
	DC	DF	DP	DFP		
Peso Inicial, kg	6,858	7,110	6,716	6,858	0,23	0,7267
CDR, kg	0,641	0,685	0,676	0,609	0,06	0,4773
GDP, kg	0,336	0,382	0,359	0,337	0,05	0,7081
CA	1,90	1,79	1,88	1,80	0,21	0,8393
Peso Final, kg	13,242	14,368	13,537	13,071	1,05	0,6963

Período II - dos 23 aos 55 dias						
Variáveis	Dietas Experimentais				MSE ²	Valor de P ³
	DC	DF	DP	DFP		
CDR, kg	0,787	0,826	0,839	0,761	0,06	0,4773
GDP, kg	0,417	0,454	0,455	0,426	0,05	0,7081
CA	1,88	1,81	1,84	1,78	0,21	0,8393
Peso Final, kg	20,203	21,638	21,276	20,330	1,05	0,6963

¹ DC: dieta controle; DF: dieta com 1% de concentrado de fibra dietética (lignocelulose); DP: dieta com 0,2% de probiótico; DFP: dieta com 1% de concentrado de fibra dietética (lignocelulose) e 0,2% de probiótico. ² MSE: Erro padrão médio. ³ Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes diferem (P<0,05) pelo teste de SNK.

Não houve efeito (P<0,05) das dietas experimentais sobre a incidência de diarreia de leitões desmamados Figura 1.

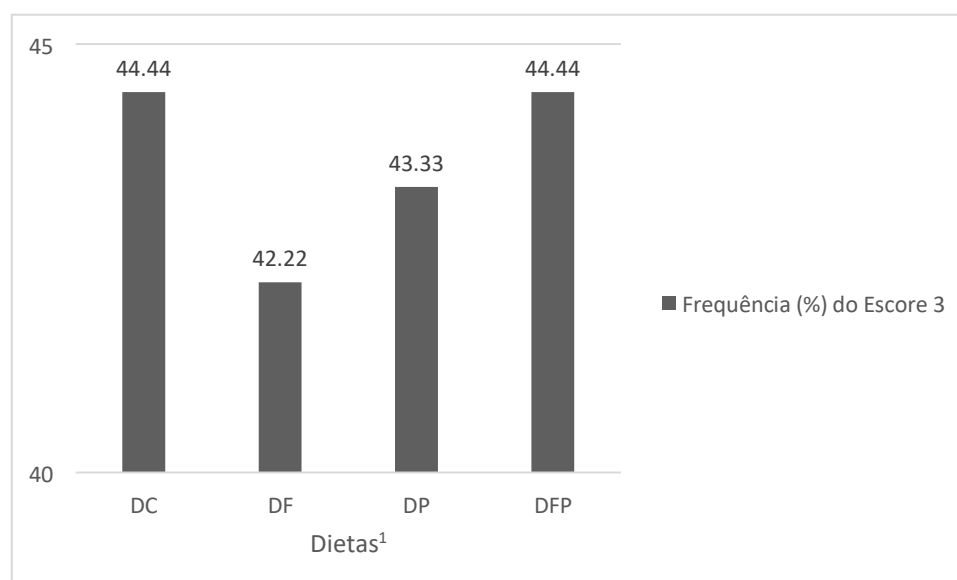


Figura 1. Incidência de diarreia de leitões desmamados alimentados com dietas contendo lignocelulose associado ou não a probiótico. ¹ DC: dieta controle; DF: dieta com 1% de

concentrado de fibra dietética (lignocelulose); DP: dieta com 0,2% de probiótico; DFP: dieta com 1% de concentrado de fibra dietética (lignocelulose) e 0,2% de probiótico.

O fornecimento de um concentrado de fibra dietética (lignocelulose) associado ou não a probiótico influenciou ($P < 0,05$) os parâmetros imunológicos séricos avaliados (Tabela 4).

Tabela 4. Concentração sérica de imunoglobulina G (IgG), imunoglobulina M (IgM) e imunoglobulina A (IgA) de leitões desmamados alimentados com dietas contendo lignocelulose associado ou não a probiótico

Variáveis (mg/ml)	Dietas Experimentais ¹				MSE ²	Valor de P ³
	DC	DF	DP	DFP		
IgG	496,96c	531,58ab	547,72a	557,90a	12,37	<,0001
IgM	73,86d	82,17c	92,83b	97,69a	1,97	<,0001
IgA	46,76b	46,60b	49,88ab	51,60a	2,46	0,0184

¹ DC: dieta controle; DF: dieta com 1% de concentrado de fibra dietética (lignocelulose); DP: dieta com 0,2% de probiótico; DFP: dieta com 1% de concentrado de fibra dietética (lignocelulose) e 0,2% de probiótico. ² Erro padrão médio. ³ Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes diferem ($P < 0,05$) pelo teste de SNK.

Verificou-se que a concentração de imunoglobulina G (IgG) foi maior nos animais que consumiram as dietas contendo fibra associada ao probiótico ou apenas o probiótico ou a fibra. A concentração de imunoglobulina M (IgM) foi maior nos animais que receberam a dieta DFP seguidos por aqueles que consumiram as dietas DP, DF e DC, respectivamente. O fornecimento da fibra associada ao probiótico ou apenas do probiótico aumentou os níveis de imunoglobulina A (IgA).

Não houve influencia ($P > 0,05$) das dietas experimentais sobre os coeficientes de digestibilidade analisados (Tabela 5).

Tabela 5. Coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), proteína bruta (CDPB), energia bruta (CDEB), matéria mineral (CDMM) e extrato etéreo (CDEE) de leitões desmamados alimentados com lignocelulose associado ou não a probiótico

Item	Dietas Experimentais				MSE	Valor de P
	DC	DF	DP	DFP		
CDMS	90,62	89,33	88,60	89,58	3,596	0,845
CDMO	82,34	79,51	81,16	81,12	3,075	0,5618
CDPB	71,70	70,82	69,89	72,92	5,413	0,8365
CDEB	84,26	82,21	82,57	83,00	2,909	0,7073
CDMM	43,89	37,57	40,48	44,04	4,689	0,1602
CDEE	79,18	80,91	77,32	77,09	5,084	0,7091

¹ DC: dieta controle; DF: dieta com 1% de concentrado de fibra dietética (lignocelulose); DP: dieta com 0,2% de probiótico; DFP: dieta com 1% de concentrado de fibra dietética (lignocelulose) e 0,2% de probiótico. ² Erro padrão médio.

As dietas experimentais afetaram ($P<0,05$) as variáveis de morfometria intestinal analisadas (Tabela 6).

Tabela 6. Efeito da inclusão de lignocelulose associado ou não a probiótico em dietas para leitões desmamados sobre a altura de vilosidades (AV), profundidade de criptas (PC), relação altura de vilosidades/profundidade de criptas (AV/PC), largura de vilosidades (LV), espessura de mucosa (EM) e área absorptiva (AA) do intestino delgado

Duodeno						
Variáveis	Dietas Experimentais ¹				MSE ²	Valor de P ³
	DC	DF	DP	DFP		
AV (µm)	219,74b	249,44a	260,93a	268,59a	18,95	0,0077
PC (µm)	116,95	120,17	124,65	121,56	16,44	0,9021
AV/PC	1,89	2,08	2,14	2,23	0,29	0,3717
LV (µm)	83,79	87,21	90,52	99,04	8,47	0,0743
EM (µm)	336,69b	369,61ab	385,58a	390,15a	29,99	0,0274
AA (µm ²)	18437b	21756ab	23621ab	26635a	3338	0,0148
Jejuno						
AV (µm)	236,09b	240,18b	235,16b	277,15a	20,6	0,0206
PC (µm)	111,24a	89,04bc	82,14c	96,08b	8,1	0,0007
AV/PC	2,13b	2,69a	2,85a	2,90a	0,18	<,0001
LV (µm)	78,91	80,93	75,61	79,06	8,36	0,7906
EM (µm)	315,00b	321,11b	310,77b	356,21a	23,86	0,0407
AA (µm ²)	18648	19437	17759	21941	2854	0,1699
Íleo						
AV (µm)	245,15c	294,51ab	277,79b	323,52a	30,11	0,0103
PC (µm)	109,93	108,38	118,96	120,25	12,64	0,3656
AV/PC	2,24	2,71	2,38	2,69	0,30	0,0758
LV (µm)	91,73b	102,73ab	108,83a	95,05ab	8,48	0,0320
EM (µm)	355,09b	402,90ab	396,76ab	443,77a	36,15	0,0173
AA (µm ²)	22414b	30316a	30225a	30983a	4529	0,0341

¹ DC: dieta controle; DF: dieta com 1% de concentrado de fibra dietética (lignocelulose); DP: dieta com 0,2% de probiótico; DFP: dieta com 1% de concentrado de fibra dietética (lignocelulose) e 0,2% de probiótico. ² Erro padrão médio. ³ Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes diferem ($P<0,05$) pelo teste de SNK.

No duodeno, a inclusão da fibra, do probiótico ou a associação dos dois aumentou ($P<0,05$) a altura das vilosidades, a espessura de mucosa e a área absorptiva. Na porção do jejuno, a associação da fibra e do probiótico aumentou ($P<0,05$) a altura de vilosidades e a espessura de mucosa quando comparado com os demais tratamentos. O uso da fibra, do probiótico e de ambos fez diminuir ($P<0,05$) a profundidade de criptas e melhorou a relação altura de vilosidades/profundidade de criptas. No íleo a inclusão de fibra, do probiótico ou de ambos aumentou ($P<0,05$) a altura de vilosidades, largura de vilosidades, espessura de mucosa e área absorptiva do epitélio intestinal de leitões desmamados.

As dietas experimentais afetaram ($P < 0,05$) o perfil de ácidos graxos de cadeia curta analisados (Tabela 7).

Tabela 7. Perfil de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) de leitões desmamados alimentados com dietas contendo lignocelulose associado ou não a probiótico

AGCC mMol/L	Dietas Experimentais ¹				MSE ²	Valor de P ³
	DC	DF	DP	DFP		
Acetato	29,730	25,810	31,800	14,670	9,440	0,1501
Propionato	4,290	6,310	6,130	2,560	2,120	0,0556
Butirato	1,078b	1,761a	2,218a	0,932b	0,460	0,0046
Isovalérico	0,020	0,025	0,024	0,026	0,010	0,9009
Valérico	0,217b	0,624a	0,481ab	0,237b	0,130	0,0079

¹ DC: dieta controle; DF: dieta com 1% de concentrado de fibra dietética (lignocelulose); DP: dieta com 0,2% de probiótico; DFP: dieta com 1% de concentrado de fibra dietética (lignocelulose) e 0,2% de probiótico. ² Erro padrão médio. ³ Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes diferem ($P < 0,05$) pelo teste de SNK.

Leitões alimentados com dietas contendo o concentrado de fibra dietético (lignocelulose) ou o probiótico apresentam maiores valores de butirato e ácido valérico. Não houve influência ($P > 0,05$) das dietas experimentais para os perfis de acetato, propionato e ácido isovalérico.

4 DISCUSSÃO

O impacto da fibra dietética na nutrição animal, mais especificamente em dietas para leitões depende das propriedades físico-químicas da fibra, podendo diferir entre as diversas fontes existentes e do nível incluso nas dietas (Lindberg, 2014). Nesse sentido, os resultados das variáveis analisadas costumam divergir bastante entre os estudos realizados contendo fontes de fibra.

O mesmo acontece com o uso de probióticos em dietas animais, pois a sua eficácia é diretamente dependente da cepa e da dose utilizadas e do contexto em particular (Li et al., 2012), e específico do hospedeiro, uma vez que depende dos parâmetros fisiológicos relacionados ao hospedeiro (por exemplo: estado de saúde e a genética); ou ambiente, como o estado sanitário (Dinan & Cryan, 2016). Diante disso, algumas cepas de probióticos podem ser úteis em um determinado ensaio e em outros não.

Como verificado nos resultados, a utilização do concentrado de fibra dietética (lignocelulose) e o probiótico em separado ou associado não afetou as variáveis de

desempenho de crescimento nem a incidência de diarreia de leitões desmamados. De maneira similar, utilizando farinha de alfafa (5%) e um concentrado de fibra dietética (2%), Liu et al., (2018) não verificaram efeito sobre as variáveis de desempenho de crescimento, contudo a farinha de alfafa reduziu significativamente a incidência de diarreia. Em outro estudo, dietas contendo celulose purificada (1,5%), casca de soja (3%) e polpa cítrica (9%) não afetaram o desempenho de leitões desmamados (Pascoal et al., 2012). A utilização de níveis (0; 1,5 e 2,5%) de casca de arroz não causou efeito na incidência de diarreia de leitões no pós desmame (Taksinanan et al., 2020). A adição de probiótico (30g/ton) não influenciou as variáveis de desempenho dos 22 aos 52 dias de idade nem a consistência fecal de leitões (Santos et al., 2016).

Em contrapartida, a utilização de 1% de concentrado de fibra dietética melhorou o peso corporal, consumo de ração, ganho de peso e eficiência alimentar de leitões no período de 31 a 51 dias de idade (Superchi et al., 2017). A associação de lignocelulose (0,5%) e inulina (0,5%) diminuiu a incidência de diarreia e melhorou a conversão alimentar dos 24 aos 52 dias de idade de leitões (Tingting Chen et al., 2020). O uso de probióticos (*Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecium*) na dose de 2×10^8 UFC/g melhorou o desempenho de crescimento e reduziu a incidência de diarreia em leitões desmamados (Zhang et al., 2020).

As imunoglobulinas são partes cruciais da imunidade humoral e também têm impacto na regulação imunológica. A imunoglobulina G é um dos principais anticorpos encontrados no sangue e fluido extracelular que pode controlar infecções de tecidos corporais (Litman et al., 1993). Esse anticorpo provavelmente consegue interagir com a microbiota no lúmen intestinal e, conseqüentemente, regular o sistema imunológico e a resposta do hospedeiro (Zhang et al., 2015).

A imunoglobulina A tem muitas funções importantes, atuando na proteção do epitélio da mucosa contra patógenos invasores, na modulação da composição da microbiota intestinal e na manutenção da homeostase contra antígenos comensais e antígenos alimentares. A imunoglobulina IgM também é produzida nas mucosas e transportada através do epitélio em concentrações menores do que a IgA (Molnar et al., 2018). Portanto, o aumento da secreção de imunoglobulinas pode reforçar a barreira da mucosa no lado extra epitelial (Sánchez de Medina et al., 2014).

Vimos que a o concentrado de fibra dietético e o probiótico, em conjunto ou separado, regularam positivamente as concentrações séricas de IgG e IgM, e que a associação aumentou a IgA. Ingredientes fibrosos também alteraram os níveis séricos de imunoglobulinas em outro estudo no qual leitões foram alimentados com dietas contendo farelo de trigo (6%) ou polpa de beterraba (4%). Verificou-se que o consumo do farelo de trigo aumentou os níveis séricos de IgA, IgG e IgM (Yan et al., 2017). O uso de probióticos (*Saccharomyces cerevisiae* fermentado + 8% de clara de ovo) em dietas para leitões desmamados aumentos os níveis de IgG e IgA no sangue (Shin et al., 2019; Zhaxi et al., 2020).

A suplementação alimentar com probióticos aumentou as respostas imunes humorais e mediadas por células com aumento da concentração sérica de IgM (Dong et al., 2013) e IgG (Jang et al, 2013; Ahmed et al., 2014) em leitões.

Entretanto, em um estudo em que o farelo de milho (5%) foi a fonte de fibra utilizada em dietas para leitões desmamados, não foi verificado efeito sobre a concentração sérica dos anticorpos IgA, IgG e IgM (Liu et al., 2018). Níveis de 2,5 a 10% de resíduos de caule de *Flammulina velutipes* utilizado como fonte de fibra na dieta de leitões desmamados não influenciaram as concentrações sanguíneas de IgA, IgG e IgM (Liu et al., 2020). A utilização de polpa de beterraba em níveis variando de 3 a 12% para leitões até cinco semanas pós desmame não afetou os perfis séricos de IgA e IgG (Yan et al., 2017).

É sabido que o desempenho de crescimento de leitões está estreitamente relacionado a digestibilidade de nutrientes da ração (Tingting Chen et al., 2020). Como observado nos resultados, as dietas experimentais não afetaram a digestibilidade tampouco o desempenho dos animais. Contudo, embora a fibra seja sempre lembrada por apresentar fatores antinutricionais causando efeitos na digestibilidade de nutrientes e energia (Jha & Berrocoso, 2016), não foi verificado efeito negativo sobre a digestibilidade das dietas.

Achados semelhantes foram encontrados por Pascoal et al. (2015) que ao testar dietas contendo celulose purificada (1,5%), casca de soja (3%) e polpa cítrica (9%) como fontes de fibra para leitões desmamados, não verificou efeito das dietas sobre os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, matéria mineral,

proteína bruta e energia bruta. A inclusão de 1,5% lignocelulose não afetou a digestibilidade de nutrientes das dietas (Slama et al., 2020).

Porém, em outros estudos houve efeito das fibras sobre a digestibilidade. As adições de fibra dietética diminuíram a digestibilidade da MS seca e PB bruta (Schedle et al., 2008). Dietas fibrosas melhoraram a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e matéria orgânica de leitões desmamados (Tingting Chen et al., 2020). A digestibilidade ileal aparente da energia bruta e da matéria seca diminuíram com a inclusão de fibra nas dietas de leitões desmamados (Jha & Berrocso, 2015).

Embora alguns estudos demonstraram que os probióticos podem melhorar a digestibilidade de nutrientes (Ahmed et al., 2014; Liao & Nyachoti, 2017), em nosso estudo esse efeito não foi verificado, provavelmente devido a sua eficácia ser diretamente dependente da cepa e da dose utilizadas e do contexto em particular (Li et al., 2012) e específico do hospedeiro.

O estresse do desmame geralmente induz mudanças marcantes na estrutura intestinal, como atrofia das vilosidades e hiperplasia das criptas (Wang et al., 2013). Neste estudo a suplementação dietética com o concentrado de fibra, o probiótico ou os dois associados melhorou os parâmetros de morfometria intestinal, o que pode ter sido um reflexo devido a maior concentração sérica das imunoglobulinas. Da mesma maneira, Hedemann et al. (2006) demonstraram que leitões que consumiram dietas com alto teor de fibra insolúvel apresentaram melhora na morfologia intestinal.

A utilização de 1,5% e 2% de celulose melhorou a relação altura de vilosidades/profundidade de criptas (AV/PC) do jejuno (Hanckzakowska et al., 2008). A suplementação com farelo de trigo na dieta de leitões melhorou a altura das vilosidades e a relação AV/PC do íleo (Shang et al., 2021). O uso de probióticos em dietas para leitões desmamados ajudou a manter e melhorar a morfologia e a integridade da mucosa intestinal (Zhaxi et al., 2020). As alturas das vilosidades nos segmentos do duodeno, jejuno e íleo aumentaram muito com a suplementação de probióticos (Shin et al., 2019)

Todavia, A utilização de polpa de beterraba em níveis variando de 3 a 12% para leitões não afetou os parâmetros histomorfométricos do intestino delgado (Yan et al., 2017).

A maior parte do processo fermentativo da fibra dietética acontece no cólon proximal. O produto final da fermentação mais abundante no trato gastrointestinal (TGI) é o acetato (60%), seguido do propionato (25%) e butirato (15%) (Pieper et al., 2008). Foi verificada que o aumento na concentração de butirato pode melhorar a saúde intestinal, assim como o sistema imunológico de suínos, uma vez que a energia fornecida por esse ácido graxo de cadeia curta ao hospedeiro é vital para o bom funcionamento do TGI (Jha & Berrococo, 2016).

Há também um grupo considerável de bactérias probióticas que conseguem fermentar carboidratos, tendo como resultado a produção de ácidos graxos de cadeia curta, o que favorece a queda do pH luminal a níveis intoleráveis para bactérias nocivas (Bajagai et al., 2016).

Em nosso estudo, foi observado que a lignocelulose e o probiótico separadamente aumentam a concentração de butirato em amostras fecais de leitões desmamados. Similarmente, a inclusão de farelo de trigo aumentou a concentração de ácido butírico no ceco de leitões no pós desmame, mas não de ácido valérico (Shang et al., 2021). Em outro estudo foi verificada que a suplementação de inulina em 1% aumentou os níveis de ácidos acético e butírico no ceco de leitões (Wang et al., 2020). Foi observada que a inclusão de 6% de farelo de trigo aumentou as concentrações de acetato e butirato, enquanto que a polpa de beterraba (3%) melhorou o perfil apenas de acetato (Shang et al., 2020). A utilização de probióticos aumentou os níveis de ácidos graxos de cadeia curta (acetato, butirato, propionato e valerato) em amostras fecais de leitões desmamados (Lu et al., 2018). Leitões alimentados com probióticos exibiram maiores concentrações colônicas de butirato e valerato no dia 28 do período experimental (Cao et al., 2019).

5 CONCLUSÃO

O uso de 1% de lignocelulose e 0,2% de probiótico de maneira associada ou não pode ser recomendado por aumentar anticorpos séricos (IgA, IgG e IgM), perfis de ácidos graxos de cadeia curta (butirato e valerato, além de melhorar parâmetros de morfometria intestinal, sem prejuízo as variáveis de desempenho, digestibilidade e sobre a incidência de diarreia em leitões desmamados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, S. T.; HOON, J.; MUN, H. S. et al. Evaluation of Lactobacillus and Bacillus-based probiotics as alternatives to antibiotics in enteric microbial challenged weaned piglets. **African Journal of Microbiology Research**, 8(1), 96-104. 2014.

BAJAGAI, Y.S.; KLIEVE, A.V.; DART, P.J. et al. Probiotics in Animal Nutrition: Production, impact and regulation. **Roma: World Health Organization**; 108p. 2016.

BERMUDEZ-BRITO, M.; PLAZA-DÍAZ, J.; MUÑOZ-QUEZADA, S. et al. Probiotic Mechanisms of Action. **Annual Nutrition and Metabolism**, 61(2), 160-174. doi:10.1159/000342079. 2012.

CAMPBELL, J. M.; CRENSHAW, J. D.; POLO, J. The biological stress of early weaned piglets. **Journal of Animal Science and Biotechnology**. v. 4:19, p. 1-4, 2013.

CAO, G.; TAO, F.; HU, Y. et al. Positive effects of a Clostridium butyricum-based compound probiotic on growth performance, immune responses, intestinal morphology, hypothalamic neurotransmitters, and colonic microbiota in weaned piglets. **Food Function**. 22;10(5):2926-2934. doi: 10.1039/c8fo02370k. 2019.

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

DINAN, T.G. & CRYAN, J.F. Microbes, Immunity, and Behavior: Psychoneuroimmunology Meets the Microbiome. **Neuropsychopharmacology**. Jan;42(1):178-192. doi: 10.1038/npp.2016.103. 2017.

DONG, X.; ZHANG, N.; ZHOU, M. et al. Effects of dietary probiotics on growth performance, faecal microbiota and serum profiles in weaned piglets. **Animal Production Science**, 54(5), 616-621. 2013.

DOWARAH, R.; VERMA, A.K.; AGARWAL, N. The use of Lactobacillus as an alternative of antibiotic growth promoters in pigs: A review. **Animal Nutrition**; 3(1):1–6. 2017.

FLIS, M.; SABOTKA, W. ANTOSZKIEWICK, Z. Fiber substrates in the nutrition of weaned piglets – a review. **Annals of Animal Science**, v. 17, n. 3, p. 627–643, 2017.

GRILLI, E.; TUGNOLI, B.; FOERSTER, C.J. et al. Butyrate modulates inflammatory cytokines and tight junctions components along the gut of weaned pigs. **Journal of Animal Science**, 94, p 433-436. 2016.

HANCZAKOWSKA, E.; ŚWIĄTKIEWICZ, M. ; BIAŁECKA, A. Pure cellulose as a feed supplement for piglets. **Medycyna Weterynaryjna**; Vol.64 No.1 pp.45-48. 2008.

HEDEMANN, M. S.; ESKILDSSEN, M.; LÆRKE, H. N. et al. Intestinal morphology and enzymatic activity in newly weaned pigs fed contrasting fiber concentrations and fiber properties. **Journal of Animal Science**, 84(6), 1375-1386. 2006.

JANG, Y. D.; KANG, K. W.; PIAO, L. G. et al. Effects of live yeast supplementation to gestation and lactation diets on reproductive performance, immunological parameters and milk composition in sows. **Livestock Science**, 152(2-3), 167-173. 2013.

JHA, R. & BERROCOSO, J.D. Dietary fiber utilization and its effects on physiological functions and gut health of swine. **Animal**. 9, p. 1441–52. doi: 10.1017/S1751731115000919. 2015.

JHA, R. & BERROCOSO, J.F.D. Dietary fiber and protein fermentation in the intestine of swine and their interactive effects on gut health and on the environment: a review. **Animal Feed Science and Technology**. 212, p. 18–26. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2015.12.002. 2016.

KOH, A.; DE VADDER, F.; KOVATCHEVA-DATCHARY, P. et al. From dietary fiber to host physiology: short-chain fatty acids as key bacterial metabolites. **Cell**, 165(6), 1332-1345. 2016.

LAITAT, M.; ANTOINE, N.; CABARAUX, J. F. et al. Influence of sugar beet pulp on feeding behavior, growth performance, carcass quality and gut health of fattening pigs. **Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement**, 19(1), 20-31. 2015.

LI, X. Q.; ZHU, Y. H.; ZHANG, H. F. et al. Risks associated with high-dose *Lactobacillus rhamnosus* in an *Escherichia coli* model of piglet diarrhoea: intestinal microbiota and immune imbalances. **Plos One**. 2012.

LIAO, S.F. & NYACHOTI, M. Using probiotics to improve swine gut health and nutrient utilization. **Animal Nutrition**. v3, p. 331-343. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.06.007>. 2017.

LITMAN, G. W.; RAST, J. P.; SHAMBLOTT, M. et al. Phylogenetic diversification of immunoglobulin genes and the antibody repertoire. **Molecular Biology and Evolution** 10, 60–72. 1993.

LIU, B.; WANG, W.; ZHU, X. et al. Response of Gut Microbiota to Dietary Fiber and Metabolic Interaction With SCFAs in Piglets. **Frontiers in microbiology**, 9, 2344. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02344>. 2018.

LIU, P.; ZHAO, J.; WANG, W. et al. Dietary Corn Bran Altered the Diversity of Microbial Communities and Cytokine Production in Weaned Pigs. *Frontiers in Microbiology*. Sep 4; 9:2090. doi: 10.3389/fmicb.2018.02090. 2018.

LIU, X.; ZHAO, J.; ZHANG, G. et al. Dietary Supplementation with *Flammulina velutipes* Stem Waste on Growth Performance, Fecal Short Chain Fatty Acids and Serum Profile in Weaned Piglets. **Animals** (Basel). Jan 3;10(1):82. doi: 10.3390/ani10010082. 2020.

LU X, ZHANG M, ZHAO L. et al. Growth Performance and Post-Weaning Diarrhea in Piglets Fed a Diet Supplemented with Probiotic Complexes. **Journal of Microbiology and Biotechnology**. Nov 28;28(11):1791-1799. doi: 10.4014/jmb.1807.07026. 2018.

MARTINS, A. A.; CAMPANINI, D.; De CAVALHO, P. G. B. et al. Aspectos gerais do desmame de leitões. **Ciência Veterinária UniFil**, Londrina. v.1, n. 2, p. 1-9, 2018.

MOLIST, F.; VAN OOSTRUM, M.; PÉREZ, J.F. et al. Relevance of functional properties of dietary fibre in diets for weanling pigs. **Animal Feed Science and Technology**, 189, p. 1-10. 2014.

MOLNAR, D. S., GRANGER, D. A., SHISLER, S. et al. Prenatal and postnatal cigarette and cannabis exposure: Effects on Secretory Immunoglobulin A in early childhood. **Neurotoxicology and teratology**, 67, 31-36. 2018.

MOREIRA FILHO, A.L.B.; OLIVEIRA, C.J.B.; OLIVEIRA, H.B. et al. High Incubation Temperature and Threonine Dietary Level Improve Ileum Response Against Post Hatch *Salmonella* Enteritidis Inoculation in Broiler Chicks. **Plos One**, 2015.

O'DOHERTY, J.V.; BOUWHUIS, M.A.; SWEENEY, T. Novel marine polysaccharides and maternal nutrition to stimulate gut health and performance in post-weaned pigs. **Animal Production Science**, 57, p. 2376. 2017.

PASCOAL, L. A. F., THOMAZ, M. C., WATANABE, P. H. et al. Fiber sources in diets for newly weaned piglets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 41, 636-642. 2012.

PASCOAL, L. A. F.; THOMAZ, M. C.; WATANABE, P. H. et al. Purified cellulose, soybean hulls and citrus pulp as a source of fiber for weaned piglets. **Scientia Agricola**, 72(5), 400-410. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0210>. 2015.

PIEPER, R.; JHA, R.; ROSSNAGEL, B. et al. Effect of barley and oat cultivars with different carbohydrate compositions on the intestinal bacterial communities in weaned piglets. **FEMS Microbiology Ecology**.66, p. 556–66. doi: 10.1111/j.1574-6941.2008.00605. x. 2008.

ROSS, G.R.; GUSILS, C.; OLISZEWSKI, R. et al. Effects of probiotic in swine. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v.109, n.6, p.545-549, 2010.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: composição dos alimentos e exigências nutricionais**. 4th ed. UFV, Viçosa. Pp. 443-444. 2017.

SÁNCHEZ DE MEDINA, F.; ROMERO-CALVO, I.; MASCARAQUE, C. et al. Intestinal inflammation and mucosal barrier function. **Inflammatory Bowel Diseases**, 20(12), 2394-2404. 2014.

SANTOS, A.V.; FIALHO, E.T.; ZANGERÔNIMO, M.G. et al. Aditivos antibiótico, probiótico e prebiótico em rações para leitões desmamados precocemente. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.17, n.1, p. 1-10 jan./mar. 2016.

SAKOMURA, N. K. and ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Editor FUNEP, Jaboticabal. 2016.

SCHEDULE, K.; PFAFFL, M.W.; PLITZNER, C. et al. Effect of insoluble fibre on intestinal morphology and mRNA expression pattern of inflammatory, cell cycle and growth marker genes in a piglet model. **Archives of Animal Nutrition**; Dec;62(6):427-38. doi: 10.1080/17450390802479349. 2008.

SCHOKKER, D.; ZHANG, J.; VASTENHOUW, S.A. et al. Long-lasting effects of early-life antibiotic treatment and routine animal handling on gut microbiota composition and immune system in pigs. **Plos One**, 10. 2015.

SHANG Q, MA X, LIU H. et al. Effect of fibre sources on performance, serum parameters, intestinal morphology, digestive enzyme activities and microbiota in weaned pigs. **Archives of Animal Nutrition**. Apr;74(2):121-137. doi: 10.1080/1745039X.2019.1684148. 2020.

SHANG, Q.; LIU, H.; WU, D. et al. Source of fiber influences growth, immune responses, gut barrier function and microbiota in weaned piglets fed antibiotic-free diets. **Animal Nutrition**. v 2, p. 315-325. 2021.

SHIN, D.; SHANG, S.Y.; BOGERE, P. et al. Beneficial roles of probiotics on the modulation of gut microbiota and immune response in pigs. **Plos One**. 14(8): e0220843. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220843>. 2019.

SLAMA, J.; SCHEDLE, K.; WETSCHEREK, W. et al. Effects of soybean hulls and lignocellulose on performance, nutrient digestibility, microbial metabolites and immune response in piglets. **Archives of Animal Nutrition**. Jun;74(3):173-188. doi: 10.1080/1745039X.2019.1704174. 2020.

SILVA, D. R. P. Adição de L-glutamina + ácido glutâmico e L-arginina na dieta de leitões recém desmamados. **Dissertação (Mestrado em Zootecnia)** Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. UFPB. Areia-PB. Orientador: Prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal, 2015.

SUN, X.; CUI, Y.; SU, Y. et al. Dietary fiber Ameliorates Lipopolysaccharide-Induced Intestinal Barrier Function Damage in Piglets by Modulation of Intestinal Microbiome. *American Society for Microbiology*. v 6, 2. <https://doi.org/10.1128/mSystems.01374-20>. 2021.

SUPERCHI, P.; SALERI, R.; BORGHETTI, P. et al., “Effects of a dietary crude fibre concentrate on growth in weaned piglets,” **Animal**, vol. 11, no. 11, pp. 1905–1912, 2017.

TAKSINANAN, N.; TARTRAKOON, W.; ATTAMANGKUNE, S. et al. Effects of Dietary Fiber Level in Weaning Pig Diets on Growth Performance, Nutrient Digestibility and Intestinal Morphology. **American Journal of animal and Veterinary Sciences**; 15 (1): 81-88. DOI: 10.3844/ajavsp.2020.81.8. 2020.

TINGTING CHEN; CHEN, D.; TAIN, G. et al. Effects of soluble and insoluble dietary fiber supplementation on growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbe and barrier function in weaning piglet. **Animal Feed Science and Technology**; V 260, February, 114335. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114335>. 2020.

WANG, M.; RADLOWSKI, E.C.; MONACO, M.H. et al. Mode of delivery and early nutrition modulate microbial colonization and fermentation products in neonatal piglets. **The Journal of Nutrition** 143, 795–803. 2013.

WANG, W.; CHEN, D.; YU B. et al. Effects of dietary inulin supplementation on growth performance, intestinal barrier integrity and microbial populations in weaned pigs. **British Journal of Nutrition**. Aug 14;124(3):296-305. doi: 10.1017/S0007114520001130. 2020.

WANG, X.; TIAN, Z.; AZAD, M. A. K. et al. Dietary supplementation with *Bacillus* mixture modifies the intestinal ecosystem of weaned piglets in an overall beneficial way. **Journal of Applied Microbiology**, 14. doi:10.1111/jam.14782. 2020.

YAN, C.L.; KIM, H.S.; HONG, J.S. et al. Effect of Dietary sugar beet pulp supplementation on growth performance, nutrient digestibility, fecal Microflora, blood profiles and Diarrhea incidence in weaning pigs. **Journal of Animal Science and Technology**. Aug 7; 59:18. doi: 10.1186/s40781-017-0142-8. 2017.

ZHANG, Y.; CHEN, D.W.; YU, B. et al. Spray dried chicken plasma improves intestinal digestive function and regulates intestinal selected microflora in weaning piglets. **Journal of Animal Science**. 93, 2967-2976. 2015.

ZHANG, S.; YOO, D. H.; AO, X. et al. Effects of dietary probiotic, liquid feed and nutritional concentration on the growth performance, nutrient digestibility and fecal score of weaning piglets. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, 33(10), 1617-1623. doi:10.5713/ajas.19.0473. 2020.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

Os fatores estressantes inerentes ao processo do desmame associados a pouca maturidade fisiológica do trato gastrointestinal dos leitões podem contribuir para situações de desafio que afetam a integridade e saúde intestinal, reverberando em piora no aproveitamento de nutrientes e queda na produtividade. Em vista disso, soluções nutricionais podem auxiliar em melhora desse cenário.

Como visto nos capítulos desta tese, embora os suínos não apresentem enzimas capazes de digerir ingredientes fibrosos, estes quando inseridos na dieta, conseguem ser aproveitados, especialmente pela microbiota comensal. Em diversos estudos foi comprovada a eficácia da fibra, na manutenção e melhoria da integridade intestinal e na função de barreira.

A partir do levantamento de artigos foi possível identificar análises sequenciais gráficas entre nível e tipo de fibra utilizada e, a partir disso, estimar qual pode ser o melhor nível e a melhor fonte.

Ademais, ao realizar a utilização de lignocelulose associada ou não a probiótico em dietas para leitões desmamados verificou-se melhora nos parâmetros relacionados a morfometria intestinal e perfil de ácidos graxos sem prejudicar as variáveis de desempenho nem de digestibilidade de nutrientes.

Por fim, esse estudo poderá contribuir para reforçar o papel da fibra como ingrediente com propriedades funcionais, assim como servir de embasamento para trabalhos futuros, a partir dos dados pesquisados.