

Universidade de São Paulo
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Departamento de Nutrição e Produção Animal

DENIS HIDEKI NAKASONE

**Nível de inclusão de bagaço de cevada na dieta de leitões
desmamados sobre o desempenho e saúde intestinal**

Pirassununga

2020

DENIS HIDEKI NAKASONE

Nível de inclusão de bagaço de cevada na dieta de leitões desmamados sobre o desempenho e saúde intestinal

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Departamento:

Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição e Produção Animal

Orientador:

Prof. Dr. André Furugen Cesar de Andrade

De acordo: 

Orientador

São Paulo
2020

Obs: A versão original encontra-se disponível na Biblioteca da FMVZ/USP

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virgínie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T. 3956
FMVZ

Nakasone, Denis Hideki
Nível de inclusão de bagaço de cevada na dieta de leitões desmamados sobre o desempenho e saúde intestinal / Denis Hideki Nakasone. – 2020.
64 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga, 2020.

Programa de Pós-Graduação: Nutrição e Produção Animal.
Área de concentração: Nutrição e Produção Animal.
Orientador: Prof. Dr. André Furugen Cesar de Andrade.

1. Cevada. 2. Diarreia. 3. Fibra dietética. 4. Suínos. I. Título.



CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "NÍVEL DE INCLUSÃO DE BAGAÇO DE CEVADA NA DIETA DE LEITÕES DESMAMADOS SOBRE O DESEMPENHO E SAÚDE INTESTINAL", protocolada sob o CEUA nº 9968150118 (ID 004638), sob a responsabilidade de **André Furugen César de Andrade e equipe; Denis Hideki Nakasone; Maitê Vidal Mendonça; Sofia Nadir Sanches Ramos** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (CEUA/FMVZ) na reunião de 28/02/2018.

We certify that the proposal "LEVEL OF INCLUSION OF BARLEY BAGGAGE IN THE DIET OF WEANED PIGLETS ON PERFORMANCE AND INTESTINAL HEALTH", utilizing 160 Swines (males and females), protocol number CEUA 9968150118 (ID 004638), under the responsibility of **André Furugen César de Andrade and team; Denis Hideki Nakasone; Maitê Vidal Mendonça; Sofia Nadir Sanches Ramos** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo) (CEUA/FMVZ) in the meeting of 02/28/2018.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa**

Vigência da Proposta: de **03/2018** a **06/2018**

Área: **Reprodução Animal**

Origem: **Animais provenientes de outros projetos**

Espécie: **Suíños**

sexo: **Machos e Fêmeas**

idade: **21 a 23 dias**

N: **160**

Linhagem: **linhagem comercial (DB90 x LM6200)**

Peso: **4 a 9 kg**

Local do experimento: **Laboratório de Pesquisa em Suínos**

São Paulo, 29 de novembro de 2018

Profa. Dra. Anneliese de Souza Traldi
Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

Roseli da Costa Gomes
Secretária

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: NAKASONE, Denis Hideki

Título: Nível de inclusão de bagaço de cevada na dieta de leitões desmamados sobre o desempenho e saúde intestinal

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências

Data: _____ / _____ / _____

Banca Examinadora

Prof.(a) Dr.(a): _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof.(a) Dr.(a): _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof.(a) Dr.(a): _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

*Agradeço aos deuses que me deram forças para
concluir este trabalho de forma satisfatória...*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos e apreciação às muitas pessoas que me ajudaram a concluir este capítulo dessa jornada da minha vida.

À Universidade de São Paulo, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal (PPGNA) pertencente a Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) pela oportunidade de estudo no programa

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 que graças a bolsa disponibilizada a mim, o presente trabalho pode ser realizado

Ao professor Dr. André Furugen Cesar de Andrade e à professora Dra. Simone Maria Massami Kitamura Martins por terem me recebido na universidade como prática profissionalizante e posteriormente confiarem a mim o projeto de estudo além de me orientarem como aluno de mestrado.

À Cervejaria Campanária, responsável pelo fornecimento do bagaço de cevada, sendo assim possível realizar esta pesquisa.

Aos meus amigos e colegas de trabalho do Laboratório de Andrologia e Tecnologia de Embriões Carol, Cristian, Ana, Mariana, Bruno e Gisele pela convivência e pelos experimentos realizados e em especial à Maitê e a Marina pela amizade, apoio e todos momentos de alegria que foram nos proporcionados dentro ou fora da universidade.

Aos meus amigos, um agradecimento muito especial por toda palavra de apoio, suas palavras foram o que me deram energias para continuar e nunca desistir.

Às minhas amigas do ensino médio, Camila, Renata, Juliana e Mariana, que mesmo distantes nossa amizade se mantém, vocês me ensinaram o significado de amizade e em especial a Camila, que partiu mais cedo dessa jornada, mas que estará sempre em nossos corações. Para sempre será uma grande amiga, irmã e por ela sentimos muitas saudades.

Aos meus primos, Haru, Mika, Akira, Kimie, Jun e Toshi por todos momentos compartilhados, por toda conversa que me enriquecem como pessoa, pelas visitas inesperadas e pela constante parceria ao longo dos anos.

Ao meu namorado, Thiago, por estar presente em todos momentos bons ou ruins da minha vida e por enfrentar muitas batalhas ao meu lado. Nem sei como agradecer por todo o amor que você trouxe em meu mundo.

Por fim, quero agradecer minha família, pelo cuidado e incentivo a conquistar meus objetivos. Agradeço aos meus irmãos, Massaki, Jundy, Kaory e Vivi, por estarem sempre presentes em minha vida e por serem uma grande fonte de conhecimento em todos os aspectos. Ao meu pai que inúmeras vezes me socorreu e que não mediu esforços para conquistar a educação para mim e meus irmãos. Também agradeço à Oka (Nilsa), minha mãe, por ser um exemplo de pessoa a se seguir, pela força e coragem e ainda agradeço por todos os sacrifícios que foram feitos para criar e educar quatro filhos. Tenho muito orgulho de ser seu filho.

Aos meus avós maternos, eu sou muito grato pelo exemplo de amor, integridade e bondade que tenho deles em mim e espero um dia ser um quarto de tudo que eles são. Obrigado por existirem em minha vida e formarem a nossa grande família Ogusco, tenho muita sorte de ter um grupo de apoio tão grande e tão forte e tudo graças aos ensinamentos do meu avô, uma pessoa maravilhosa que faz muita falta em nossas vidas. Saudades Odi.

*Pain makes man think.
Thought makes man wise.
Wisdom makes life endurable*

John Patrick, 1956

RESUMO

NAKASONE, D. H. **Nível de inclusão de bagaço de cevada na dieta de leitões desmamados sobre o desempenho e saúde intestinal.** [Level of inclusion of barley baggage in the diet of weaned piglets on performance and intestinal health]. 2020. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2020.

Devido à falta de maturidade do sistema digestório frente à dieta sólida, os leitões recém-desmamados apresentam reduzida digestibilidade de nutrientes, levando à redução na absorção deles, e conseqüentemente a diarreia e a queda no desempenho. Na alimentação de animais não ruminantes, a suplementação de fibras dietéticas se torna cada vez mais atrativa pelo potencial em reduzir o custo da dieta e modular a microbiota intestinal. Dentre as diversas fontes de fibras advindas dos coprodutos de processos industriais, tem sido observado resultados interessantes com o uso do bagaço de cevada. O presente estudo objetivou determinar o nível de inclusão de bagaço de cevada na dieta de leitões recém-desmamados sobre o desempenho, a incidência de diarreia e a frequência fecal de *Escherichia coli* enterotoxigênica fimbrias F18 e K88 e *Lawsonia intracellularis*. Cento e quarenta leitões desmamados aos 21 dias de idade foram blocados pelo peso e pela sala e, divididos em quatro tratamentos, com sete repetições por tratamento. Os tratamentos consistiram em quatro níveis (0, 3, 6 e 9%) de inclusão de bagaço de cevada na dieta. Os dados foram submetidos à análise de variância (PROC MIXED), empregando-se o programa SAS (v. 9.3). A frequência da bactéria *Lawsonia intracellularis* nas fezes foi analisada usando o teste exato de Fisher. Os efeitos de tratamento foram analisados por regressão e o efeito de dias pelo teste de Tukey-Kramer, e o nível de significância considerado foi de 5%. Os leitões apresentaram desempenho, incidência de diarreia e frequência fecal de *Escherichia coli* enterotoxigênica fimbrias F18 e K88 e *Lawsonia intracellularis* semelhantes entre os tratamentos ($P>0,05$), apenas com diferenças entre as idades avaliadas ($P<0,05$). Deste modo, a inclusão de bagaço de cevada em 9% na dieta de leitões recém-desmamados mostra-se viável e como uma fonte alternativa às fontes de fibras comumente utilizadas na dieta de suínos, com potencial para redução do custo de produção.

Palavras-chave: Cevada. Diarreia. Fibra dietética. Suínos.

ABSTRACT

NAKASONE, D. H. **Level of inclusion of barley baggage in the diet of weaned piglets on performance and intestinal health** [Nível de inclusão de bagaço de cevada na dieta de leitões desmamados sobre o desempenho e saúde intestinal]. 2020. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2020.

Due to the lack of maturity of the digestive system when faced with to the solid diet, the weaned piglets have reduced digestibility of nutrients, leading to a reduction in their absorption, and, therefore, to diarrhea and a decrease in performance. In the feeding of non-ruminant animals, supplementation of dietary fibers becomes increasingly attractive due to its potential to reduce the cost of the diet and modulate the intestinal microbiota. Among the various sources of fibers derived from industrial process by-products, interesting results have been observed with the use of barley bagasse. The present study aimed to determine the level of barley bagasse inclusion in the diet for weaned piglets on performance, the incidence of diarrhea and the fecal frequency of *Escherichia coli* enterotoxigenic fimbriae F18 and K88 and *Lawsonia intracellularis*. One hundred and forty piglets weaned at 21 days of age were blocked by weight and room and, divided into four treatments, with seven repetitions per treatment. The treatments consisted of four levels (0, 3, 6 and 9%) of barley bagasse inclusion in the diet. The data were submitted to analysis of variance (PROC MIXED), using the SAS program (v. 9.3). The frequency of *Lawsonia intracellularis* in feces was analyzed using Fisher's exact test. The treatment effects were analyzed by regression and the effect of days by the Tukey-Krammer test, and the level of significance considered was 5%. Piglets showed performance, incidence of diarrhea and fecal frequency of *Escherichia coli* enterotoxygenic fimbriae F18 and K88 and *Lawsonia intracellularis* similar between treatments ($P > 0.05$), with only differences between the ages evaluated ($P < 0.05$). Thus, 9% of barley bagasse inclusion in the diet of newly weaned piglets proves to be viable and an alternative fiber sources to the commonly used ones in the pig diet, with the potential to reduce production costs.

Key words: Barley. Diarrhea. Dietary fibre. Swine.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mudanças nas funções do trato gastrointestinal e perfil microbiológico no intestino delgado que ocorrem durante os primeiros dias após o desmame.....	20
Figura 2 - Categorias de carboidratos da dieta com base nos métodos analíticos	22
Figura 3 - Influência das fibras dietéticas nos processos de digestão e absorção nos vários segmentos do trato gastrointestinal.....	23
Figura 4 - Fluxograma de processo genérico da produção de cerveja	28
Figura 5 - Escore fecal dos leitões	38
Figura 6 – Incidência por escore fecal dos leitões dos 21 aos 63 dias de idade.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais efeitos da fibra solúvel e insolúvel nos diferentes segmentos do trato digestório dos suínos	24
Tabela 2 - Composição do bagaço de cevada (%)	35
Tabela 3 - Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas dos 21 aos 63 dias de idade dos suínos	36
Tabela 4 - Sequência de primer usadas nesse estudo	39
Tabela 5 - Valores médios das variáveis do desempenho dos leitões dos 21 aos 63 dias de idade	43
Tabela 6 - Amostras positivas (%) para <i>Lawsonia intracellularis</i> nos diferentes grupos experimentais nos 21 aos 63 dias de idade.....	46

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
2.	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1.	ALIMENTOS ALTERNATIVOS NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS E FONTES DE FIBRA DIETÉTICA 18	
2.2.	A IMPORTÂNCIA DO PERÍODO PÓS-DESMAME	19
2.3.	DEFINIÇÃO DE FIBRA DIETÉTICA.....	21
2.4.	A INCLUSÃO DE FIBRA DIETÉTICA NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS.....	25
2.5.	BAGAÇO DE CEVADA	26
3.	HIPÓTESES	30
4.	OBJETIVOS	32
5.	MATERIAL E MÉTODOS	34
5.1.	LOCAL, INSTALAÇÕES E ANIMAIS	34
5.2.	DISTRIBUIÇÃO DOS ANIMAIS NOS TRATAMENTOS E MANEJO ALIMENTAR	34
5.2.1.	<i>Distribuição dos animais nos tratamentos</i>	34
5.2.2.	<i>Processamento do bagaço de cevada</i>	34
5.2.3.	<i>Manejo Alimentar</i>	35
5.3.	AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS LEITÕES	38
5.4.	INCIDÊNCIA DE DIARREIA	38
5.5.	FREQUENCIA DE <i>ESCHERICHIA COLI</i> E <i>LAWSONIA INTRACELLULARIS</i> NAS FEZES.....	38
5.5.1.	<i>Extração de DNA das fezes</i>	39
5.5.2.	<i>Reação em cadeia pela polimerase (PCR)</i>	39
5.6.	ANÁLISE ESTATÍSTICA	40
6.	RESULTADOS	42
6.1.	DESEMPENHO DOS LEITÕES	42
6.2.	INCIDÊNCIA DE DIARREIA	44
6.3.	FREQUENCIA DE <i>LAWSONIA INTRACELLULARIS</i> E <i>ESCHERECHIA. COLI</i> NAS FEZES.....	46
7.	DISCUSSÃO	48

8.	CONCLUSÃO	54
9.	REFERÊNCIAS.....	56

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A oscilação nos valores do milho e da soja, principais ingredientes usados na dieta de suínos, tem estimulado a busca incessante por ingredientes alternativos que possam ajudar a diminuir os custos de produção. Dentre os fatores que influenciam o custo de produção, a alimentação é responsável pelo maior percentual (70 a 80 %). E, diante disso, tem se observado um aumento no uso de coprodutos oriundos de agroindústrias na alimentação animal.

Associado ao custo, também tem sido verificado um interesse crescente na inclusão de fibra dietética na dieta de leitões, proveniente de coprodutos, devido aos seus possíveis efeitos benéficos na saúde intestinal, no bem-estar e no meio ambiente, apesar do impacto negativo na digestibilidade de alguns nutrientes. No entanto, é importante conhecer a implicação do uso dessas fontes relativamente novas e seu potencial na nutrição de suínos (JHA; BERROCOSO, 2015).

As cervejarias produzem diferentes coprodutos que podem ser destinados à alimentação animal, como por exemplo o bagaço de cevada, um importante produto fibroso, de alto valor nutricional e, que já é amplamente utilizado como ingrediente na alimentação de ruminantes. Porém em monogástricos, especificamente em leitões recém-desmamados, poucos estudos foram desenvolvidos. Esses coprodutos apresentam grande potencial de uso, pois são produzidos em grande volume, podem ser adquiridos em qualquer época do ano e a baixo custo, além de reduzir o impacto ambiental, se manejado adequadamente (FERRINHO et al., 2013).

Dessa maneira, o uso do bagaço de cevada proveniente das cervejarias representa uma alternativa sustentável que poderá proporcionar redução no custo da produção para suínos e aves ao substituir parcialmente o milho e a soja. Aliado a isso, a inclusão deste ingrediente na dieta de suínos pode melhorar o desempenho e a saúde intestinal dos animais, principalmente em leitões recém-desmamados, pois encontram-se sob estresse devido a mudança da dieta líquida para sólida, separação da matriz e de sua leitegada, e a mudança de ambiente o que leva a um período de anorexia (LALLES et al., 2007; GRESSE et al., 2017).

O estresse associado à ingestão reduzida normalmente resulta em inflamação intestinal, que afeta o microbioma e a imunidade no intestino delgado, aumentando o risco de diarreia (PIE et al., 2004). Diante disso, mais estudos tornam-se necessários para determinar o nível de inclusão de bagaço de cevada na dieta de leitões recém desmamados.

REVISÃO DE LITERATURA

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. ALIMENTOS ALTERNATIVOS NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS E FONTES DE FIBRA DIETÉTICA

A alimentação tem sido o componente de maior participação no custo total para a produção de suínos, visto que representa 65-75% das variáveis de custos, sendo que o milho corresponde a cerca de 70% da composição da dieta. Sendo assim, variações nos preços da safra do milho influenciam diretamente no preço final da dieta e no preço do suíno terminado (ALBUQUERQUE et al., 2011). Além disso, o milho produzido no Brasil é também utilizado na dieta de humanos mais especificamente nas indústrias para a produção de cereais, e uma fração de sua produção ainda é exportada para outros países como nas indústrias de biocombustíveis nos Estados Unidos (CONTINI, 2019).

O milho e o farelo de soja são os componentes primários para o fornecimento de energia e proteína na dieta dos suínos. Existem muitas alternativas adequadas que atendem às necessidades nutricionais, reduzindo o custo da dieta, e estas podem ser incluídas de forma rentável, tais como coprodutos de cereais das indústrias cervejeiras, biocombustíveis, além de ingredientes não convencionais como a polpa de beterraba, trigo, aveia, casca de arroz, ervilha e mandioca (JHA; LETERME, 2012; ZIJLSTRA; BELTRANENA, 2013; WANG et al., 2016; AGYEKUM; NYACHOTI, 2017). Além de que para cada produto industrializado produzido existe pelo menos um resíduo descartado que possui potencial na alimentação animal (ZIJLSTRA; BELTRANENA, 2013).

Além de serem consideravelmente mais baratos, os alimentos alternativos desempenham um papel fundamental na produção sustentável. A utilização de coprodutos proveniente das indústrias de alimento, biocombustível e outros setores industriais, transformados em alimento animal de alta qualidade diminui o impacto dessas indústrias no meio ambiente, já que estes poderiam ser descartados de forma incorreta, tornando-se agentes poluidores (CASTRO et al., 2017). O produto produzirá carne para consumo humano, ajudando também a compensar as culturas usadas para alimentação animal, em vez de fornecimento de alimentos (JAKOBSEN, 2015).

Os coprodutos da indústria cervejeira, como o bagaço da cevada, já são utilizados na alimentação animal, de forma empírica, principalmente na alimentação de ruminantes, como o

gado de leite, e nos monogástricos, como os suínos na fase de crescimento e terminação. Porém eles foram pouco utilizados para leitões recém-desmamados (VIEIRA et al., 2013).

2.2. A IMPORTÂNCIA DO PERÍODO PÓS-DESMAME

Dentro do atual sistema de produção suinícola, o principal desafio alimentar na vida do suíno é a transição da maternidade para a creche. O desmame é o momento mais crítico para os leitões e está frequentemente associado a anorexia, estresse fisiológico, nutricional e ainda aumento na susceptibilidade às doenças (XIONG, 2019).

Atualmente, o desmame ocorre em torno de 3-4 semanas de vida, momento em que os leitões deveriam apresentar peso vivo médio em torno de 6 a 7 quilos (ABCS, 2014). Os leitões são submetidos, precocemente, a múltiplos fatores estressantes, tais como: ambientais e de manejo (separação da matriz, transporte para os galpões de creche, mudança do tipo de instalação), sociais (estabelecimento de uma nova hierarquia devido à mistura de lotes e origens) e nutricionais (substituição de uma dieta em grande parte líquida por uma dieta sólida e menos digestível). Todos esses fatores associados à reduzida proteção, advinda da imunidade passiva, tornam o leitão desmamado susceptível aos agentes oportunistas, e a ocorrência de diarreia (CAMPBELL, et al., 2013; MOESER et al., 2017).

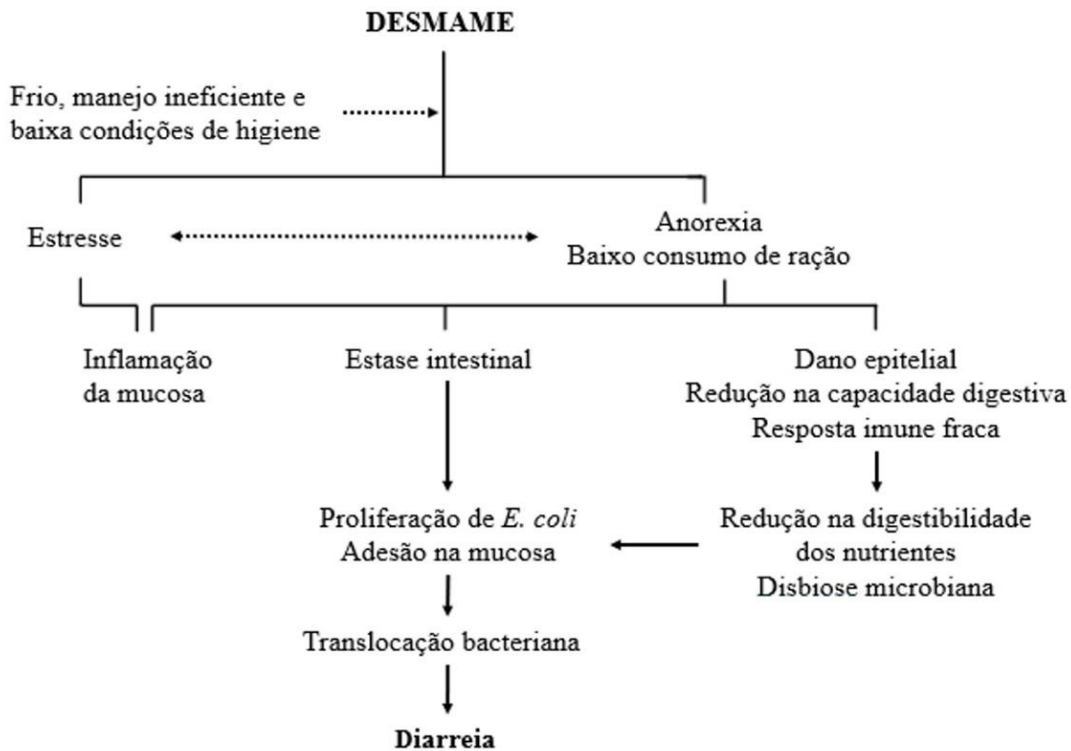
A mudança na dieta está associada a diminuição no consumo de ração e na ingestão de água, resultando em um período de jejum de até 48 horas e conseqüentemente uma reduzida taxa de crescimento e diminuição no ganho de peso (GRESSE et al., 2017). A baixa ingestão de ração nesse período, conhecida como anorexia pós-desmame, contribui para a inflamação nas células intestinais, para uma queda transitória na secreção de enzimas digestivas com alteração na estrutura e na função do trato gastrointestinal, o que predispõe a disbiose intestinal (LALLES et al., 2007; MOESER et al. 2007, PLUSKE et al., 2018).

Segundo Nabuurs et al. (1993), a altura das vilosidades atinge um patamar mais baixo entre 3 e 4 dias após o desmame, se restabelecendo entre 11 a 14 dias. Os efeitos da anorexia pós-desmame sobre a secreção de enzimas digestivas e a morfometria do epitélio intestinal são multifatoriais, e incluem privação de substratos luminiais para o crescimento das células da mucosa epitelial, e redução da expressão de fatores de crescimento para os órgãos digestivos (MONTAGNE et al., 2007). Assim, a digestibilidade e a absorção de nutrientes encontram-se diminuídas nessa primeira fase após o desmame.

A disbiose pode favorecer a proliferação de agentes patogênicos que produzem enterotoxinas, que por sua vez, lesionam os enterócitos, prejudicando ainda mais a digestão e a

absorção dos nutrientes. Esses nutrientes presentes no lúmen intestinal, por diferença de osmolaridade, aumentam a retenção de água e, levam à diarreia (Figura 1) (LALLES et al., 2004).

Figura 1 - Mudanças nas funções do trato gastrointestinal e perfil microbiológico no intestino delgado que ocorrem durante os primeiros dias após o desmame



Fonte: Adaptado de MOLIST et al. (2014)

A adesão de bactérias patogênicas à camada mucosa ocorre devido à falta de imunidade ativa e aos danos na integridade intestinal, ocasionando a síndrome da diarreia pós-desmame (DPP). Dentre as bactérias, a *Escherichia coli*, além de ser habitante natural do trato gastrointestinal, também é usualmente associada às diarreias pós-desmame, sendo a cepa *E. coli* enteropatogênica a mais frequente (ARANTES et al., 2005). Outras cepas patogênicas da *E. coli* podem estar envolvidos na síndrome da DPP, e existem muitos tipos diferentes de adesinas como as fimbrias bacterianas que podem estar envolvidas na adesão à mucosa intestinal (PLUSKE, 2013). Esta bactéria determina sério impacto à suinocultura por se envolver no desenvolvimento da DPP associada à má absorção de nutrientes (SILVA et al., 2015).

Portanto, intervenções dietéticas que minimizem os prejuízos causados pela síndrome diarreica e queda do desempenho após o desmame se tornam essenciais no sistema de produção de suínos. De acordo com Pascoal et al. (2012), alguns ingredientes como derivados lácteos e

ingredientes de origem animal podem ser utilizados na dieta de leitões para promover a saúde intestinal, porém possuem elevado custo financeiro.

Além disso, com a restrição do uso de antimicrobianos como promotores de crescimento na produção animal, torna-se essencial a busca por alternativas que possam contribuir para uma atividade eficiente do trato gastrointestinal e desempenho dos animais. Nesse sentido, a suplementação com fibras dietéticas é uma estratégia importante desenvolvida para aliviar problemas de saúde de leitões desmamados (FLIS et al., 2017).

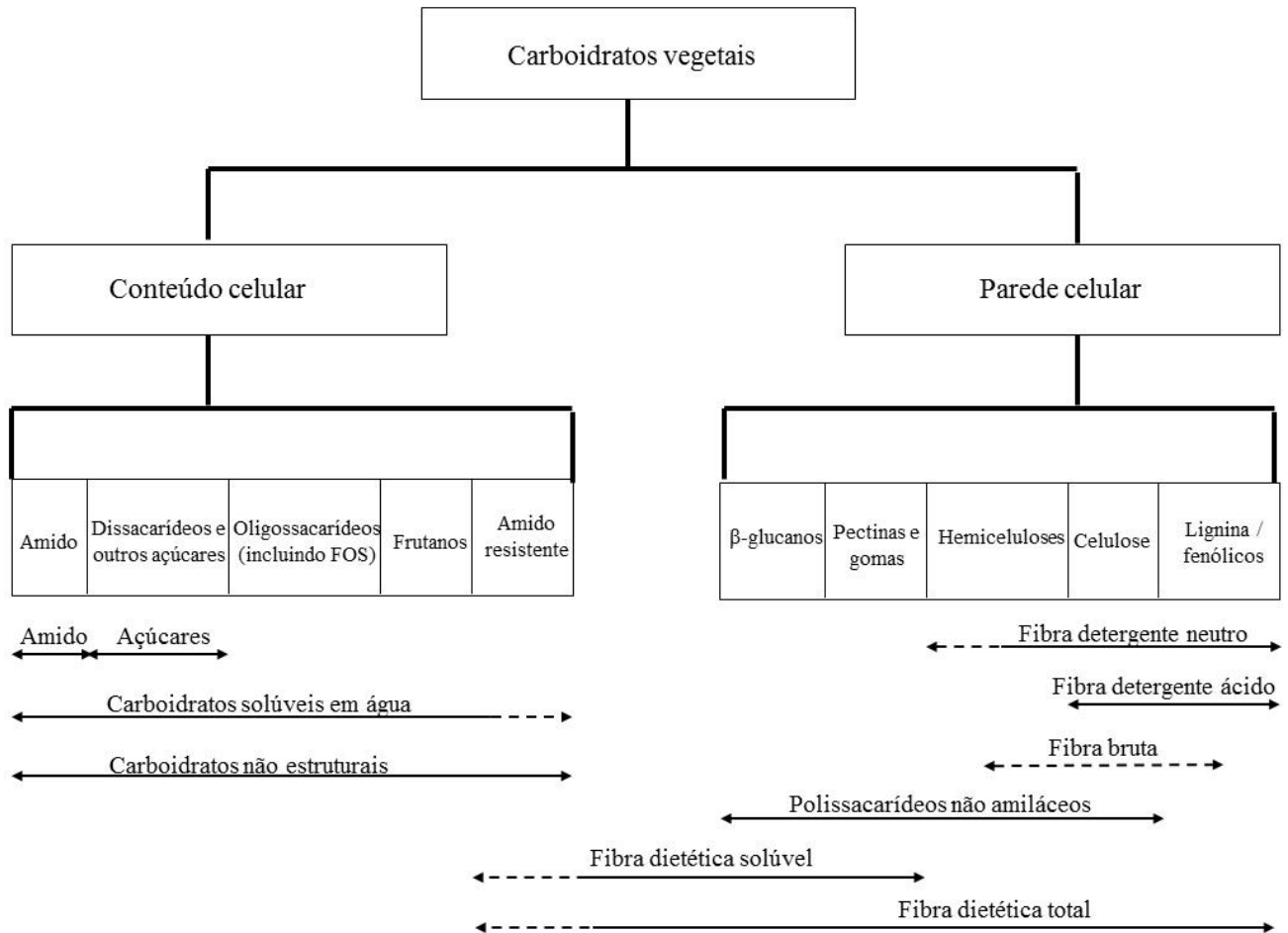
2.3. DEFINIÇÃO DE FIBRA DIETÉTICA

Os carboidratos são uma fonte primária de energia para os suínos e, podem ser divididos de acordo com sua ligação glicosídica em açúcares, oligossacarídeos e duas classes de polissacarídeos, os amidos e os polissacarídeos não amiláceos (PNA) (CUMMINGS; STEPHEN, 2007; BACH KNUDSEN, 2016).

O tipo de ligação entre os monossacarídeos e a formação de cada carboidrato tem um grande impacto no local da digestão e influencia na fisiologia do trato gastrointestinal (BACH KNUDSEN, 2016). Os carboidratos são formados por meio de ligações α e β glicosídicas. A maioria dos carboidratos com ligações α são degradados por enzimas endógenas secretadas no lúmen intestinal, resultando na liberação dos monossacarídeos que constituem, sendo absorvidos no intestino delgado (ZIJLSTRA; BELTRANENA, 2013; BACH KNUDSEN et al., 2016; NAVARRO et al., 2019).

As ligações β são comumente encontradas em componentes da parede celular vegetal como a celulose, não podem ser quebradas pelas enzimas digestivas dos monogástricos, e portanto, ficam disponíveis como substrato para a fermentação bacteriana. Elas são chamadas de fibra dietética e, posteriormente, são processadas por diferentes vias metabólicas até ácidos graxos de cadeia curta (acetato, butirato e propionato) e gases (dióxido de carbono, metano e sulfeto de hidrogênio) (JARRET; ASHWORTH, 2018).

Figura 2 - Categorias de carboidratos da dieta com base nos métodos analíticos



Fonte: Adaptado de NRC (2012)

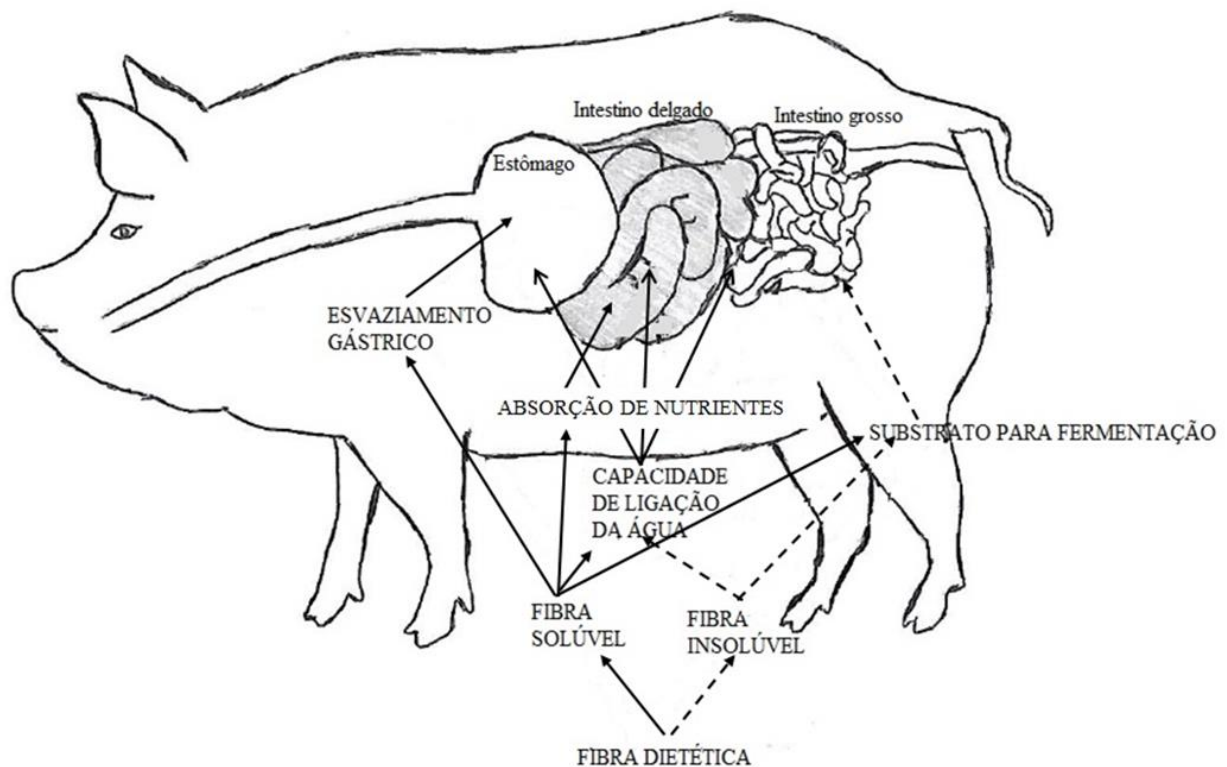
O termo fibra dietética foi definido pela primeira vez por Hipsley em 1953 (JHA; BERROCOSO, 2015) como constituintes não-digeríveis que compõem a parede celular das plantas. No entanto, houveram diversas definições propostas durante o tempo, até haver um consenso entre os pesquisadores a partir da década de 70 afirmando que “a fibra dietética consiste nos remanescentes da parede celular comestíveis (celulose, hemicelulose, pectina, goma, β-glucanos, mucilagens), PNA, lignina e substâncias associadas resistentes a digestão pelas enzimas digestivas no intestino delgado (hidrólise)”(DAVIDSON; MCDONALD, 1998; AACC, 2001; BACH KNUDSEN, 2001; NRC, 2012).

As fibras podem ainda ser classificadas quanto sua solubilidade em água (DAVIDSON; MCDONALD, 1998) que diferem entre si quanto ao efeito exercido pela sua ingestão. As fibras insolúveis incluem a hemicelulose, celulose e a lignina enquanto as fibras solúveis incluem pectinas, gomas, β-glucanos, amidos resistentes e os frutanos (inulina e oligofrutose).

Os oligossacarídeos não digeríveis e os amidos resistentes a digestão possuem um efeito fisiológico similar aos PNA e a lignina, embora não pertencerem a parede celular das plantas, estão incluídos nessa definição (BACH KNUDSEN, 1997). A lignina, que não é um carboidrato, atende todas as definições da fibra dietética, é um grupo heterogêneo de polímeros fenóis (CAPUANO,2017).

As fibras dietéticas influenciam processos de digestão e absorção ao longo do trato gastrointestinal (Figura 3), fornecem substrato para a fermentação pela microbiota do intestino grosso (BACH KNUDSEN, 2009), e possuem propriedades físicas como a capacidade de absorver e reter a água. A viscosidade e a solubilidade da digesta conseqüentemente afetam a digestão, a saciedade e o tempo de trânsito intestinal (JARRETT; ASHWORTH, 2018).

Figura 3 - Influência das fibras dietéticas nos processos de digestão e absorção nos vários segmentos do trato gastrointestinal



Fonte: MENDONÇA et al., 2019 adaptado de BACH KNUDSEN (2009)

Nos diferentes segmentos do trato digestório dos suínos, as fibras solúvel e insolúvel podem apresentar diferentes efeitos como demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Principais efeitos da fibra solúvel e insolúvel nos diferentes segmentos do trato digestório dos suínos

	Fibra Dietética		Total
	Solúvel	Insolúvel	
Estômago			
Viscosidade	+++	+	++
Capacidade de retenção de água	++	+++	++
Esvaziamento	++	+	+
Intestino Delgado			
Viscosidade	++	-	+
Capacidade de retenção de água	++	+++	+++
Intestino Grosso			
Fermentação	++++	+++	+++
Tempo de trânsito	-	+++	+++
Conteúdo intestinal	-	++++	++++

Fonte: Adaptado de WENK (2001), BACH KNUDSEN (2001) e PASCOAL e WATANABE (2014)

(-) Menor influência, (+) Maior influência

As fibras podem ainda ser classificadas quanto sua solubilidade em água (DAVIDSON; MCDONALD, 1998) que diferem entre si quanto ao efeito exercido pela sua ingestão. As fibras dietéticas solúveis são rapidamente fermentadas pela microbiota do intestino grosso, sendo os produtos da fermentação microbiana os ácidos graxos de cadeia curta e os gases (JHA; BERROCOSO, 2015). Além disso, estas são caracterizadas por terem a habilidade de aumentar a capacidade de retenção de água, e por consequência aumentar a viscosidade do quimo. Isto resultará em um esvaziamento gástrico lento (BACH KNUDSEN, 2009), que tem um impacto negativo na digestão e absorção pelo trato gastrointestinal como consequência da diminuição do contato digesta e enzimas. Ou seja, o tempo de retenção da digesta no trato gastrointestinal aumenta, reduzindo sua taxa de passagem no intestino (MONTAGNE et al., 2003) e consequentemente aumenta a saciedade podendo diminuir o consumo de ração (BACH KNUDSEN et al., 1991; WENK, 2001).

Ademais, a viscosidade aumenta a proliferação das células epiteliais intestinais, altera a morfologia das microvilosidades da mucosa, ocasionando aumento da profundidade das criptas intestinais (GEE et al., 1996; SCHMIDT-WILLING et al. 1996; SCHIAVON et al., 2004).

Em contraste, as fibras dietéticas insolúveis são pouco fermentadas, aumentam a taxa de passagem e o volume fecal (LINDBERG, 2014). Os PNA insolúveis, em função de suas características físico-químicas, afetam diretamente na velocidade de trânsito intestinal, acelerando a passagem da digesta no trato digestório, assim reduzindo a absorção de nutrientes, com consequente diminuição no aproveitamento dos nutrientes (MONTAGNE et al., 2003). A fibra

insolúvel não interfere significativamente na viscosidade intestinal. No entanto, atua na regulação do consumo de ração, podendo aumentá-lo associado a redução no tempo de trânsito intestinal e a baixa viabilidade de energia na dieta (GERRITSEN et al., 2012). Quando em pequenas quantidades melhora a digestibilidade de alguns nutrientes (HETLAND et al., 2004).

2.4. A INCLUSÃO DE FIBRA DIETÉTICA NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS

A utilização das fibras dietéticas, proveniente de coprodutos industriais, na alimentação animal ainda é muito discutida, assim como, o melhor tipo de fibra para cada fase da vida do animal. A utilização de fibras solúveis na dieta de suínos pode ser benéfica para a saúde intestinal (WELLOCK et al., 2007). Diferentemente, Montagne et al. (2012) reportaram que as fibras solúveis presentes na polpa de beterraba podem reduzir o consumo de ração por aumentar a viscosidade e reduzir o tempo de passagem.

Por outro lado, a inclusão de fibras insolúveis na dieta de leitões entre 7 a 15 dias após o desmame seria mais eficiente, pois durante essas duas semanas o intestino passa por uma progressiva adaptação à dieta sólida, e os leitões tornam-se aptos a absorver os nutrientes por conta das modificações nas propriedades físico químicas no trato gastrointestinal como o aumento da capacidade fermentativa, redução na adesão de bactérias patogênicas à mucosa intestinal e consequentemente redução na incidência de diarreia (MOLIST et al., 2014). Outros autores ainda sugerem que a digestão do material fibroso depende do tempo de exposição à fermentação e que a propriedade laxativa das fibras insolúveis poderia prejudicar o aproveitamento energético dos animais (WILFART et al., 2007).

As fibras podem diminuir a prevalência de doenças como refluxo gastroesofágico e úlcera peptídica (BURKITT ; TROWELL, 1975; OTLES; OZGOZ, 2014), podem aumentar a atividade de enzimas digestivas, como a lipase pancreática, dipeptídeo peptidase IV, N-aminopeptidase e fosfatase alcalina (LIZARDO et al. 1997). E recentemente, uma nova característica da fibra dietética ganhou foco no meio científico, seu efeito prebiótico.

Devido à baixa digestibilidade nos animais monogástricos, a fibra dietética ingerida fica disponível para ser fermentada pelas bactérias da microbiota gastrointestinal, podendo, portanto, influenciar quantitativa e qualitativamente os microrganismos ali encontrados (AWATI et al. 2005). Uma dieta rica em fibras pode aumentar em até 5,5 vezes a atividade microbiana intestinal (BACH KNUDSEN et al. 1991), e diferentes tipos de carboidratos incluídos estimulam o crescimento de espécies bacterianas específicas, que colonizam o meio em detrimento de outras (WILLIAMS et al. 2001).

O produto final da fermentação da fibra dietética são os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), principalmente o propionato, o acetato e o butirato. Esses ácidos graxos podem diminuir o pH intestinal prevenindo o crescimento de bactérias patogênicas, pode ser uma fonte de energia para o hospedeiro e para os microrganismos, podem inibir a inflamação e estimular a saciedade influenciando no consumo de ração (MOLIST et al., 2014; LE SCIELLOUR et al., 2018; LIU et al., 2018; WILLIAMS et al., 2019).

O estudo desenvolvido por Drew et al. (2002) demonstrou redução na população de bactérias da família Enterobacteriaceae e aumento de *Lactobacillus spp.* no íleo de suínos aos 56 dias de idade, alimentados com dieta rica em cevada (64% do cereal) fornecida a partir dos 35 dias de idade. Tal resultado foi positivo para a saúde intestinal dos animais, uma vez que a *Escherichia spp* e a *Salmonella spp* pertencem a essa Família, enquanto *Lactobacillus* são conhecidas como bactérias simbióticas. Resultado semelhante foi encontrado por Konstantinov et al. (2004), no qual foi observado aumento de *Lactobacillus* na dieta enriquecida com fibras.

A inclusão de polissacarídeo insolúvel não amiláceo (dieta padrão com a adição de palha de trigo e aveia) na dieta de leitões desmamados aos 28 dias de idade tem propiciado redução de *Escherichia coli* (GERRITSEN et al., 2012). A *E. coli* fimbrias F4 (K88+) e a F18+ são os principais agentes causadores de diarreia em leitões pós desmame, associadas à diarreia aquosa e morte súbita na fase da creche (SUN; KIM, 2017). Porém, a inclusão de fibras na dieta de suínos deve ser estudada, pois, dependendo da qualidade e do nível de inclusão do substrato, eles podem ser maléficos para a saúde do animal.

Além disso, outro ponto importante a ser estudado é a idade dos animais suplementados. Suínos adultos apresentam trato gastrointestinal maior, com velocidade de trânsito alimentar menor, e menos consumo de alimento por quilo de peso vivo, o que em conjunto confere uma maior capacidade digestiva comparado aos animais jovens (SHI; NOBLET, 1993; LE GOFF et al., 2002), e ainda, porcas adultas apresentam maior capacidade de digerir fibras insolúveis em relação aos leitões, não sendo observada influência da idade para as fibras solúveis (JØRGENSEN et al., 2007).

2.5. BAGAÇO DE CEVADA

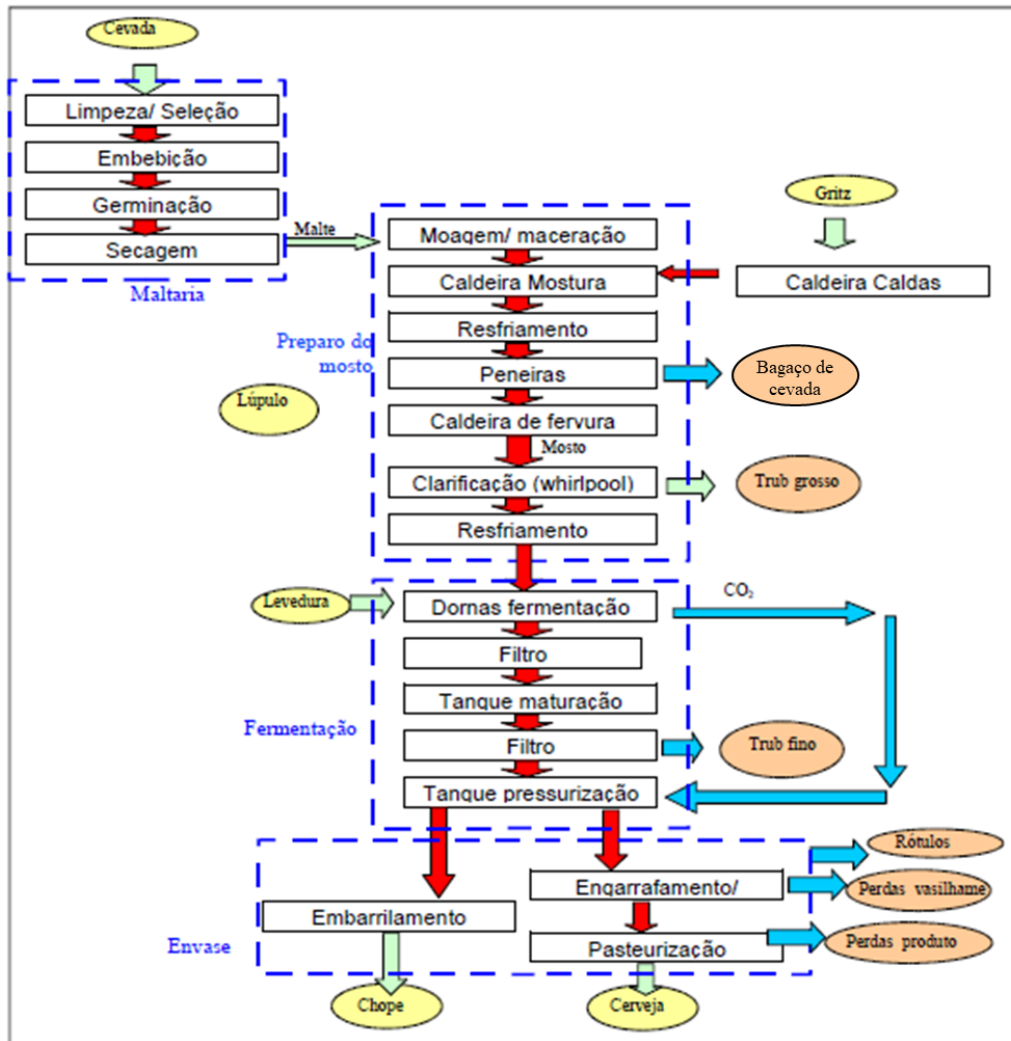
Os grãos de cevada são principalmente produzidos para a produção de malte, o consumo humano e a alimentação de animais. No Brasil, o maior uso da cevada é para obtenção do malte, mais especificamente para as indústrias cervejeiras. A cevada está em quarta posição em quantidade produzida e em área de cultivo de cereal no mundo (FAO, 2014).

Em 2004, a Ambev, empresa brasileira dedicada à produção de bebidas, uniu-se a maior fabricante de cerveja no mundo a companhia belga Interbrew, tornando-se o grupo Anheuser-Busch InBev, e atualmente representa 29,8% de toda a cerveja produzida mundialmente (BARTH-HAAS GROUP, 2019). O Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja (14 bilhões L/ano), atrás apenas dos Estados Unidos (21,7 bilhões L/ano) e da China (39,7 bilhões L/ano) (KIRIN, 2018). Aproximadamente 20 kg de coprodutos são gerados a cada 100 L de cerveja produzida (MUSSATTO, 2004), totalizando 2,8 milhões de toneladas por ano de coproduto cervejeiro.

Segundo o artigo de SANTOS e RIBEIRO (2005), o processo industrial de produção da cerveja consiste, basicamente, em quatro etapas: (1) obtenção do malte, que inclui a limpeza e seleção da cevada, germinação dos grãos em ambiente controlado e secagem do malte; (2) preparação do mosto que consiste na moagem do malte, maceração, separação do mosto, filtração, fervura, clarificação e resfriamento; (3) fermentação do mosto dividida em duas fases: aeróbia e anaeróbia; e a última etapa (4) o processamento da cerveja a maturação do mosto, sua filtração, e carbonatação após a qual a cerveja está pronta para envase.

Além da cerveja, coprodutos sólidos são gerados durante as etapas de filtragem, principalmente o bagaço de cevada ou bagaço de malte, que são constituídos de restos de cascas e polpa dos grãos (Figura 4). O bagaço é o coproduto da cervejaria com elevado valor nutricional e de maior abundância, correspondendo a 85% de todos os coprodutos gerados (GUPTA et al., 2010; MATHIAS et al., 2014). Deste modo, o bagaço de cevada poderia ser incluído na alimentação de suínos a partir do desmame, mas poucos estudos avaliam a fase de creche, sendo preferencialmente utilizado durante o crescimento e terminação ou na dieta das reprodutoras.

Figura 4 - Fluxograma de processo genérico da produção de cerveja



Fonte: Adaptado de SANTOS e RIBEIRO(2005)

HIPÓTESES

3. HIPÓTESES

Baseando-se no conhecimento provido pela literatura consultada, as hipóteses propostas foram:

- a) A inclusão em níveis crescentes de bagaço de cevada na dieta de leitões recém-desmamados não prejudica o desempenho, assim como não aumenta a incidência de diarreia nos leitões dos 21 aos 63 dias de idade;
- b) A inclusão do bagaço de cevada na dieta de leitões recém-desmamados não altera a frequência de *Escherichia coli* enterotoxigênica fimbrias F18 e K88 e de *Lawsonia intracellularis* presentes nas fezes.

OBJETIVOS

4. OBJETIVOS

Com base na literatura apresentada, o experimento foi realizado com os seguintes objetivos:

- a) Determinar o nível de inclusão de bagaço de cevada associado ao melhor desempenho (peso, ganho diário de peso, consumo de ração e conversão alimentar);
- b) Verificar o nível de inclusão de bagaço de cevada na dieta de leitões associado a menor incidência de diarreia;
- c) Avaliar se a utilização de bagaço de cevada na dieta de leitões recém-desmamados altera a frequência de *Escherichia coli* enterotoxigênica fimbrias F18 e K88 e *Lawsonia intracellularis* por meio da reação em cadeia pela polimerase (PCR).

MATERIAL E MÉTODOS

5. MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos experimentais foram realizados de acordo com os padrões legais e éticos do Comitê de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (CEUA/FMVZ-USP) sob o protocolo número 9968150118.

5.1. LOCAL, INSTALAÇÕES E ANIMAIS

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Pesquisa em Suínos (LPS) do Departamento de Nutrição e Produção Animal (VNP), pertencente à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ-USP), Campus Pirassununga.

Utilizaram-se 140 leitões de linhagem comercial (cruzamento), alojados na unidade de creche constituída de 3 salas idênticas com 16 gaiolas de alvenaria suspensas. O piso é parcialmente ripado com metragem de 1,40 m²/5 leitões, composto de comedouro semiautomático e bebedouro tipo chupeta. O sistema de aquecimento da creche durante as primeiras semanas de alojamento foi realizado por meio de lâmpadas infravermelhas.

5.2. DISTRIBUIÇÃO DOS ANIMAIS NOS TRATAMENTOS E MANEJO ALIMENTAR

5.2.1. Distribuição dos animais nos tratamentos

Os 140 leitões desmamados aos 21 dias de idade permaneceram até os 63 dias de idade na instalação da creche. Os animais foram blocados pelo peso e distribuídos em 4 tratamentos, sendo 7 repetições por tratamento, totalizando 35 leitões em cada tratamento. Os tratamentos utilizados foram: Controle (CTR) - dieta basal sem inclusão de bagaço de cevada; dieta basal com a inclusão de 3% de bagaço de cevada (BC3); dieta basal com a inclusão de 6% de bagaço de cevada (BC6) e dieta basal com a inclusão de 9% de bagaço de cevada (BC9).

5.2.2. Processamento do bagaço de cevada

O bagaço de cevada proveniente da cervejaria Campanária em Pirassununga - São Paulo, foi coletado, congelado e posteriormente, enviado ao Laboratório Multi-Usuário de Nutrição Animal e Bromatologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia pertencente a Universidade de São Paulo, onde foi seco à 65°C em estufa por 72 horas, posteriormente foi moído, antes de ser adicionado as dietas.

A composição do bagaço de cevada (matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, cinzas e fibra bruta) foi analisada de acordo com Silva e Queiroz (2002). As análises de fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA) foram realizados como descrito por Van Soest et al. (1991). O conteúdo de fibra dietética solúvel (FDS), fibra dietética insolúvel (FDI) e fibra dietética total (FDT) foram mensuradas de acordo com a AOAC (método 991.43; AOAC, 2011). A composição do bagaço de cevada utilizada no estudo está demonstrada na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição do bagaço de cevada (%)

Níveis nutricionais analisados	Bagaço de cevada
Matéria seca	95,14
Proteína bruta	21,13
Extrato etéreo	6,20
Cinzas	3,33
Fibra bruta	14,19
FDN	52,44
FDA	29,48
Cálcio	0,19
Fósforo	0,36
Fibra Dietética Total (FDT)	41,53
Fibra Dietética Insolúvel (FDI)	41,11
Fibra Dietética Solúvel (FDS)	0,42

Fonte: (NAKASONE, D. H., 2020)

FDN – Fibra em detergente neutro; FDA – Fibra em detergente ácido

5.2.3. Manejo Alimentar

As dietas experimentais seguiram as recomendações de acordo com as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO, 2017) e as formulações estão demonstradas na tabela 3. As dietas foram formuladas de acordo com as fases *pré-inicial* (dos 21 aos 35 dias de idade), *inicial 1* (dos 35 aos 49 dias de idade) e *inicial 2* (dos 49 aos 63 dias de idade). A alimentação e a água foram fornecidas *ad libitum* durante todo o período experimental.

Tabela 3 - Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas dos 21 aos 63 dias de idade dos suínos

Ingredientes, %	Dietas experimentais											
	21 aos 35 dias de idade				35 aos 49 dias de idade				49 aos 63 dias de idade			
	CTR	BC3	BC6	BC9	CTR	BC3	BC6	BC9	CTR	BC3	BC6	BC9
Milho 7,86%	35,32	33,39	31,35	29,46	53,35	51,46	49,56	47,67	69,27	67,45	65,30	63,40
Farelo de soja 46%	23,56	22,47	21,33	20,17	22,87	21,69	20,51	19,33	25,95	24,76	23,63	22,45
Concentrado ¹	40,00	40,00	40,00	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Concentrado ²	1,00	1,00	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Concentrado ³	-	-	-	-	20,00	20,00	20,00	20,00	-	-	-	-
Núcleo ⁴	-	-	-	-	-	-	-	-	3,00	3,00	3,00	3,00
Fosfato bicálcico	0,12	0,11	0,23	0,21	2,38	2,37	2,37	2,36	0,07	0,30	0,50	0,50
Óleo de soja	-	-	-	-	-	-	-	-	0,64	0,35	0,35	0,35
L-lisina	-	0,01	0,05	0,09	0,36	0,40	0,45	0,49	0,41	0,46	0,50	0,54
L-treonina	-	0,02	0,04	0,07	0,42	0,44	0,47	0,49	0,16	0,18	0,20	0,23
DL-metionina	-	-	-	-	0,45	0,46	0,47	0,48	0,08	0,09	0,10	0,11
Sal comum	-	-	-	-	0,17	0,18	0,18	0,18	0,42	0,42	0,42	0,42
Bagaço de cevada	-	3,00	6,00	9,00	-	3,00	6,00	9,00	-	3,00	6,00	9,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Níveis nutricionais calculados												
Proteína bruta, %	21,00	21,00	21,00	21,00	19,87	19,87	19,87	19,87	18,06	18,06	18,06	18,06
Energia Met, Kcal/kg	3.600	3.600	3.600	3.600	3.500	3.500	3.500	3.500	3.250	3.250	3.250	3.250
Extrato etéreo, %	5,20	5,28	5,36	5,44	4,16	4,24	4,32	4,41	3,38	3,46	3,53	3,61
Fibra bruta, %	2,86	3,21	3,55	3,89	2,50	2,85	3,19	3,53	2,31	2,65	2,99	3,34
Cálcio, %	1,00	1,00	1,03	1,03	0,97	0,97	0,97	0,97	0,82	0,88	0,93	0,93
Fósforo, %	0,53	0,53	0,51	0,51	0,78	0,78	0,79	0,79	0,38	0,43	0,47	0,47

Fonte: (NAKASONE, D. H., 2020)

CTR – Controle; BC3 – dieta basal com inclusão de 3% de bagaço de cevada; BC6 - dieta basal com inclusão de 6% de bagaço de cevada; BC9 dieta basal com inclusão de 9% de bagaço de cevada; Energia Met – Energia metabolizável.

¹Concentrado SMARTSUI 40%® (níveis por quilo de produto): umidade (máx.) 130,00 g/kg; proteína bruta (mín.) 180,00 g/kg; extrato etéreo (mín.) 59,00 g/kg; fibra bruta (máx.) 8,00 g/kg; matéria mineral (máx.) 110,00 g/kg; cálcio (mín.) 20,00 g/kg; cálcio (máx.) 22,00 g/kg; fósforo(mín.) 7.700,00 mg/kg; sódio (mín.) 7.000,00 mg/kg; ferro (mín.)

317,00mg/kg; cobre (mín.) 312,00 mg/kg; manganês (mín.) 125,00 mg/kg; zinco (mín.) 8.750,00 mg/kg; iodo (mín.) 2,00 mg/kg; cobalto (mín.) 1,00 mg/kg; selênio (mín.) 0,90 mg/kg; vitamina A (mín.) 28.000,00 UI/kg; vitamina D3 (mín.) 5.000,00 UI/kg; vitamina E (mín.) 115,00 UI/kg; vitamina K3 (mín.) 5,00 mg/kg; vitamina B1 (mín.) 4,00 mg/kg; vitamina B2 (mín.) 17,00 mg/kg; niacina (mín.) 100,00 mg/kg; ácido pantotênico(mín.) 57,00 mg/kg; vitamina B6 (mín.) 5,00 mg/kg; ácido fólico (mín.) 3,00 mg/kg; biotina (mín.) 0,30 mg/kg; vitamina B12(mín.) 90,00 mcg/kg; colina (mín.) 1.144,00 mg/kg; lisina (mín.) 20,00 g/kg; metionina (mín.) 10,00 g/kg; treonina (mín.) 13,00g/kg; triptofano (mín.) 3.150,00 mg/kg; l-glutamina (mín.) 2.000,00 mg/kg; ácido glutâmico (mín.) 2.000,00 mg/kg; fitase(mín.) 1.300,00 u/kg; xilanase (mín.) 182,00 u/kg; betaglucanase (mín.) 260,00 u/kg; beta-glucanas (mín.) 420,00 mg/kg; lactose(mín.) 250,00 g/kg; colistina 100,00 mg/kg.

²Concentrado De Heus ENERGY FARM LEITÃO® (níveis por quilo de produto): cálcio (mín./máx.) 450,00 / 1.100,00 mg/kg, extrato etéreo (mín.) 225,00 g/kg, fibra bruta (máx.) 40,00 g/kg, fósforo (mín.) 2.070,00 mg/kg, lisina (mín.) 2.070,00 mg/kg, proteína bruta (mín.) 70,00 g/kg, matéria mineral (máx.) 28,00 g/kg, metionina (mín.) 990,00 mg/kg, umidade (máx.) 120,00 g/kg.

³Concentrado De Heus Power Orange® (níveis por quilo de produto): ácido fólico (mín.) 14,40 mg/kg, ácido pantotênico (mín.) 81,00 mg/kg, beta glucanas (mín.) 3.600,00mg/kg, beta mananase (mín.) 5.000,00 u/kg, biotina (mín.) 0,90 mg/kg, cálcio (mín./ máx.) 22,00 / 28,00 g/kg, cobalto (mín.) 0,45 mg/kg, cobre (mín.) 675,00 mg/kg, colina (mín.) 2.345,00 mg/kg, extrato etéreo (mín.) 74,00 g/kg, ferro (mín.) 538,00 mg/kg, fibra bruta (máx.) 33,00 g/kg, fitase (mín.) 2.250,00 FTU/kg, fósforo (mín.) 15,00 g/kg, iodo (mín.) 4,50 mg/kg, lisina (mín.) 18,90 g/kg, metionina (mín.) 7.920,00 mg/kg, treonina (mín.) 11,00 g/kg, triptofano (mín.) 2.700,00 mg/kg, colistina 200,00 mg/kg, manganês (mín.) 180,00 mg/kg, mananoligossacarídeo (mín.) 2.280,00 mg/kg, matéria mineral (máx.) 189,00 g/kg, niacina (mín.)153,00 mg/kg, proteína bruta (mín.) 207,00 g/kg, selênio (mín.) 2,80 mg/kg, sódio (mín.) 10,80 g/kg, tiamina (mín.) 13,50 mg/kg, umidade (máx.) 120,00 g/kg, vitamina A (mín.) 90.000,00 UI/kg, vitamina B12 (mín.) 207,00 mcg/kg, vitamina B2 (mín.) 32,40 mg/kg, vitamina B6 (mín.) 18,00 mg/kg, vitamina D3 (mín.) 23.400,00 UI/kg, vitamina E (mín.) 216,00 UI/kg, vitamina K3 (mín.) 23,40 mg/kg, zinco (mín.) 11,20 g/kg.

⁴Núcleo Núcleo SMARTSUI INICIAL 3%® (níveis por quilo de produto): cálcio (mín.) 220,00 g/kg, cálcio (máx.) 233,33 g/kg, fósforo 48,00 g/kg, sódio (mín.) 70,00 g/kg, ferro (mín.) 2666,70 mg/kg, cobre (mín.) 5.000,00 mg/kg, manganês (mín.) 1666,70 mg/kg, zinco (mín.) 4.000,00 mg/kg, iodo (mín.) 33,30 mg/kg, selênio (mín.) 13,30 mg/kg, vitamina A (mín.) 266.700,00 UI/kg, vitamina D3 (mín.) 100.000,00 UI/kg, vitamina E (mín.) 1.100,00 UI/kg, vitamina K3 (mín.) 266,70 mg/kg, vitamina B1 (mín.) 66,70 mg/kg, vitamina B2 (mín.) 200,00 mg/kg, niacina (mín.) 1.300,00 mg/kg, ácido pantotenico (mín.) 666,70 mg/kg, vitamina B6 (mín.) 66,70 mg/kg, ácido fólico (mín.) 40,00 mg/kg, biotina (mín.) 3,30 mg/kg, vitamina B12 (mín.) 1.100,00 mcg/kg, colina (mín.) 6.666,70 mg/kg, colistina 1.333,30 mg/kg, fitase 16,60 ftu, xilanase 2,30 u/g, beta glucanase 3,30 u/g

5.3. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS LEITÕES

O peso individual dos leitões foi averiguado aos 21, 35, 49 e 63 dias de idade, a ração fornecida e as sobras de ração foram pesadas no início e ao final de cada fase, nos períodos compreendidos entre as trocas das rações. O desempenho foi avaliado em relação ao ganho de peso médio diário (GPM), em kg/dia, consumo de ração médio diário (CRM), em kg/dia e conversão alimentar (CA).

5.4. INCIDÊNCIA DE DIARREIA

O escore fecal foi observado diariamente dos 21 aos 63 dias de idade e classificado em: fezes sólidas – normal (1); fezes mais moles que normal ou pastosas (2) e fezes líquidas – diarreia severa (3) (Figura 5) de acordo com Pascoal, et al. (2012). As frequências foram transformadas em arco seno, de acordo com Banzatto e Kronka (1989).

Figura 5 - Escore fecal dos leitões



Fonte: MENDONÇA (2018))

1) fezes normais. 2) fezes pastosas. 3) fezes líquidas

5.5. FREQUENCIA DE *ESCHERICHIA COLI* E *LAWSONIA INTRACELLULARIS* NAS FEZES

Os dez animais por tratamento usados para coleta de fezes foram escolhidos aleatoriamente, e procurou-se manter os mesmos animais nos 4 momentos de coleta (21, 35, 49 e 63 dias de idade). Contudo, devido ao óbito de alguns leitões ou por dificuldades no momento da coleta, como no caso de fezes líquidas, esse número não foi mantido em todos os momentos.

As amostras de fezes com aproximadamente 50 gramas por animal foram coletadas pela palpação retal e acondicionadas em coletores universais estéreis individualizadas e mantidas no

freezer -20°C , sendo posteriormente encaminhado ao Laboratório de Sanidade e Virologia Suína da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ, USP), onde foram submetidos a reação em cadeia de polimerase (PCR) para detecção de *Escherichia coli* enterotoxigênica fimbrias F18 e K88 e *Lawsonia intracellularis*.

5.5.1. Extração de DNA das fezes

A extração do DNA foi realizada de acordo com o protocolo descrito por Boom et al. (1990). As amostras de DNA foram armazenadas a -20°C até o processamento.

5.5.2. Reação em cadeia pela polimerase (PCR)

Para a pesquisa da presença de *E. coli* enterotoxigênica foi avaliada a presença dos genes codificadores de fimbrias F18 e K88 segundo descrito por Zhang et al., (2007), a detecção de *Lawsonia intracellularis* foi realizada segundo descrito por Jones et al, (1993).

Para a PCR foi adicionado à um microtubo 40 pmoles de cada primer (Tabela 4), 2 unidades da enzima Taq DNA polimerase, 5 μL do tampão da enzima [10 mM Tris-HCl (pH 8,3), 50 mM KCl], 1,5 mM MgCl_2 , 200 μM de cada deoxiribonucleotídeo trifosfato, 5 μL da amostra de DNA e água ultrapura até o volume final de 50 μL . Para amplificação dos genes pesquisados foram utilizadas as temperaturas indicadas nos protocolos descritos por Zhang et al., (2007) e Jones et al, (1993). A cada amplificação realizada foi adicionado um controle positivo para o gene do fator ou agente mencionado e um controle negativo.

Os fragmentos amplificados foram detectados por meio da eletroforese em gel de agarose (1,5%) corado com BlueGreen[®] (LGC Biotecnologia). As imagens foram capturadas sob iluminação UV pelo sistema Gel Doc XR (Bio-Rad Laboratories). Os fragmentos foram identificados com base no marcador de peso molecular 100 pb DNA Ladder (LGC Biotecnologia).

Tabela 4 - Sequência de primer usadas nesse estudo

Primer	Geme	Iniciador (5' – 3')	Tamanho do produto amplificado (pb)
F18_F	F18	TGGCACTGTAGGAGATACCATTTCAGC	380
F18-R		GGTTTGACCTTTCAGTTGAGCAG	
K88-F	K88	TGAATGACCTGACCAATGGTGGAAACC	500
K99-R		GCGTTTACTCTTTGAATCTGTCCGAG	
LW_A	16S RNA	TATGGCTGTCAAACACTCCG	319
LW-B		TGAAGGTATTGGTATTCTCC	

Fonte: (NAKASONE, D. H., 2020)

5.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram analisados com prévia verificação da normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias. O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados, sendo a sala e o peso considerados como bloco. Os dados foram submetidos à análise de variância (PROC MIXED), empregando-se o programa SAS (v. 9.3). As frequências de fezes foram transformadas em arco seno, de acordo com Banzatto e Kronka (1989). A frequência da bactéria *Lawsonia intracellularis* nas fezes foi analisada usando o teste exato de Fisher. Os efeitos de tratamento foram analisados por regressão e o efeito de dias pelo teste de Tukey-Kramer, e o nível de significância considerado foi de 5%. Todos os valores foram expressos em média e desvios-padrão.

RESULTADOS

6. RESULTADOS

Nesta sessão estão descritos os resultados encontrados no presente trabalho.

6.1. DESEMPENHO DOS LEITÕES

Os leitões foram transferidos para a creche aos 21 dias de idade aproximadamente e distribuídos nos quatro tratamentos. Os pesos iniciais dos leitões foram homogêneos nos tratamentos, $5,46 \pm 1,21$, $5,48 \pm 1,24$, $5,49 \pm 1,24$ e $5,48 \pm 1,18$, CTR, BC3, BC6 e BC9 respectivamente.

Efeito de interação não foi observado entre os tratamentos e os tempos avaliados ($P > 0,05$), assim como não foi verificado efeito de tratamento para o peso individual, o ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar. Observou-se apenas efeito de tempo ($P < 0,05$) em todas essas variáveis de desempenho (Tabela 5). Os leitões apresentaram aumento do peso vivo, do ganho de peso e do consumo de ração com o passar do tempo. O ganho de peso e o consumo de ração no período total (dos 21 aos 63 dias de idade) foram semelhantes ao período de 35 a 49 dias de idade para ambas as variáveis, no entanto foram superiores ao período de 21 a 35 dias e inferiores ao período de 49 a 63 dias de idade ($P < 0,05$, Tabela 5).

A melhor conversão alimentar foi observada no período de 35 a 49 dias de idade, independente do tratamento, mas este resultado foi semelhante ao período total, sendo diferente dos valores obtidos dos 21 aos 35 dias e dos 49 aos 63 dias de idade ($P = 0,0039$). Independente do tratamento recebido, os leitões apresentaram melhora na conversão alimentar da fase pré-inicial para a fase inicial 1 (23,90%, 35,37%, 38,33% e 45,92%, CTR, BC3, BC6 e BC9, respectivamente) ($P > 0,05$, Tabela 5). Na fase subsequente, piora na conversão alimentar foi verificada em todos os animais, independente do tratamento, sendo no grupo controle a maior porcentagem e no grupo BC9 a menor porcentagem de piora (98,71%, 59,46%, 52,03% e 37,10%, CTR, BC3, BC6 e BC9, respectivamente) ($P > 0,05$, Tabela 5). Considerando o período total, os leitões que receberam 3% e 6% de bagaço de cevada na dieta apresentaram conversão alimentar similares aos animais do grupo controle ($P > 0,05$).

Tabela 5 - Valores médios das variáveis do desempenho dos leitões dos 21 aos 63 dias de idade

Item	Tratamentos					Médias ¹	Probabilidades				
	CTR	BC3	BC6	BC9	SD		Tratamento		Dias	Tratamento*Dias	
Peso (kg)							Linear	Quadrático	Desvio		
21 dias	5,46	5,48	5,49	5,48	1,20	5,48 ^d					
35 dias	6,82	7,07	6,89	6,70	1,72	6,87 ^c	0,9461	0,9913	0,9722	<,0001	0,9992
49 dias	12,31	12,29	12,04	11,77	2,69	12,10 ^b					
63 dias	17,41	17,85	17,79	17,36	3,99	17,61 ^a					
Ganho de peso médio diário (kg/dia)											
21-35	0,10	0,11	0,10	0,09	0,04	0,10 ^c					
35-49	0,32	0,35	0,34	0,34	0,09	0,34 ^b	0,3508	0,3104	0,6621	<,0001	0,2281
49-63	0,32	0,38	0,40	0,39	0,09	0,38 ^a					
21-63	0,22	0,28	0,28	0,27	0,07	0,26 ^b					
Consumo de ração médio diário (kg/dia)											
21-35	0,24	0,24	0,22	0,21	0,05	0,23 ^c					
35-49	0,58	0,54	0,54	0,52	0,08	0,54 ^b	0,5396	0,6482	0,1523	<,0001	0,1451
49-63	0,86	0,89	0,94	0,83	0,13	0,88 ^a					
21-63	0,59	0,57	0,58	0,52	0,05	0,57 ^b					
Conversão alimentar											
21-35	2,05	2,29	2,40	2,94	0,88	2,44 ^a					
35-49	1,56	1,48	1,48	1,59	0,27	1,53 ^b	0,6983	0,1550	0,5552	0,0039	0,3393
49-63	3,10	2,36	2,25	2,18	0,69	2,42 ^a					
21-63	2,04	1,98	2,03	2,90	0,67	2,21 ^{ab}					

Fonte: (NAKASONE, D. H., 2020)

¹ Médias dos dias; CTR – controle; BC3 – dieta basal com inclusão de 3% de bagaço de cevada; BC6 - dieta basal com inclusão de 6% de bagaço de cevada; BC9 dieta basal com inclusão de 9% – de bagaço de cevada; SD – desvio-padrão. ^{abcd} Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, diferem entre si (P<0,05).

6.2. INCIDÊNCIA DE DIARREIA

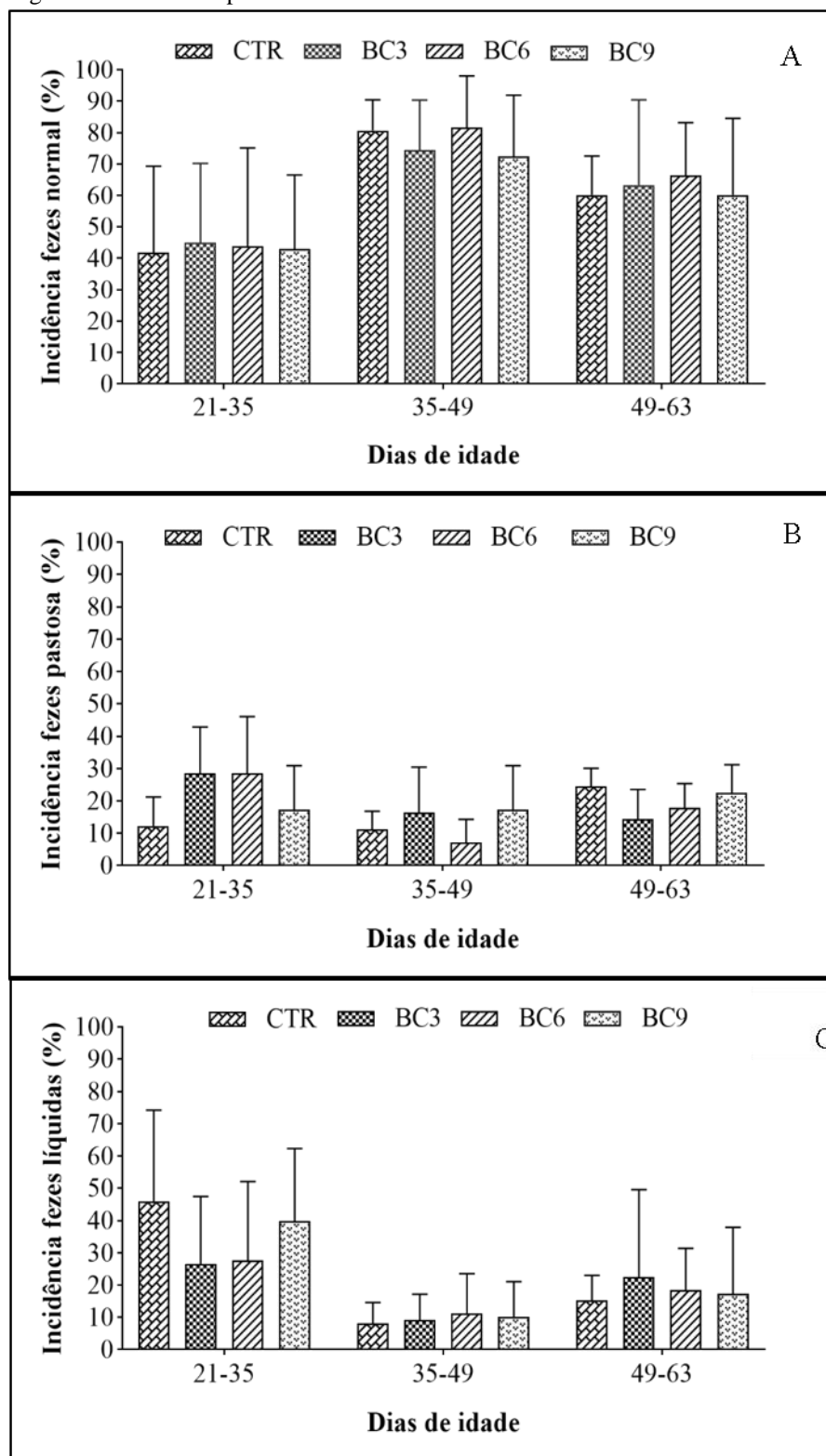
Não foi observado efeito de interação entre tratamentos e dias para a frequência de fezes normais e líquidas ($P>0,05$), mas foi evidenciada tendência à interação para fezes pastosas ($P=0,0596$). Efeito de tratamento também não foi observado, apenas efeito de tempo foi verificado para fezes normais ($P=0,0001$) e líquidas ($P<,0001$).

Aumento de 78,20% e 44,11% foi evidenciado na incidência de fezes normais nos primeiros catorze dias correspondentes à fase pré-inicial para a fase subsequente (fase inicial, dos 35 aos 49 dias de idade, $P<,0001$) e na última fase dos 49 aos 63 dias de idade ($P=0,0196$, Figura 6), respectivamente, independentemente do tratamento fornecido aos leitões. No entanto, diferenças não foram evidenciadas entre as fases inicial 1 e 2 ($P=0,1321$).

Resultados opostos foram observados para fezes líquidas, nos quais os leitões na fase pré-inicial apresentaram maiores percentuais de diarreia em comparação às fases subsequentes. As reduções foram de 77,27% e 47,44 % dos 21 aos 35 dias vs. dos 35 aos 49 dias ($P<,0001$), e dos 21 aos 35 dias vs. dos 49 aos 63 dias de idade ($P=0,0051$), respectivamente. Contudo, diferenças entre as fases inicial 1 e 2 não foram evidenciadas ($P=0,1552$, Figura 6).

Os leitões apresentaram maiores percentuais de fezes pastosas na fase pré-inicial, seguidos por reduções na fase inicial 1 e, posterior aumento na última fase, independente do tratamento recebido (Figura 6). Exceções foram observadas dos 35 aos 49 dias, período no qual os leitões alimentados com 9% de bagaço de cevada mantiveram percentuais semelhantes à fase anterior, e dos 49 aos 63 dias, em que os leitões que receberam 3 % de bagaço de cevada na dieta apresentaram reduzido percentual de fezes pastosas. Reduções de 39,99% e 8,49% na incidência de fezes pastosas foram observadas dos 21 aos 35 dias vs. dos 35 aos 49 dias ($P=0,0533$), e dos 21 aos 35 dias vs. dos 49 aos 63 dias de idade ($P=0,9556$), respectivamente. Não foi verificado diferenças entre as fases inicial 1 e 2 ($P=0,1042$).

Figura 6 – Incidência por escore fecal dos leitões dos 21 aos 63 dias de idade



Fonte: (NAKASONE, D. H., 2020)

A: Fezes normais; B: Fezes Pastosas e C: Fezes líquidas

CTR – controle; BC3 – dieta basal com inclusão de 3% de bagaço de cevada; BC6 - dieta basal com inclusão de 6% de bagaço de cevada; BC9 dieta basal com inclusão de 9% – de bagaço de cevada

6.3. FREQUENCIA DE *ESCHERECHIA.COLI* E *LAWSONIA INTRACELLULARIS* NAS FEZES

Os tratamentos fornecidos aos leitões por meio da dieta não influenciaram a frequência das bactérias *E. coli* e *L. intracellularis* nas fezes, nos diferentes dias de coleta ($P>0,05$, Tabela 6).

Das 130 amostras coletadas e analisadas para *E. coli*, nenhuma foi positiva para a expressão dos genes de fimbrias (K88 e F18). No entanto, encontramos casos positivos para *Lawsonia intracellularis*. Aos 21 e 35 dias de idade, apenas um leitão foi positivo para *L. intracellularis*. Aos 49 dias de idade, apenas os leitões que receberam 6% de bagaço de cevada não foram positivos para essa bactéria. Contudo, aos 63 dias de idade, a frequência foi elevada em todos os tratamentos, sendo observado em 100% das amostras oriundas dos tratamentos 3% e 6% de bagaço de cevada (Tabela 6).

Tabela 6 - Amostras positivas (%) para *Lawsonia intracellularis* nos diferentes grupos experimentais nos 21 aos 63 dias de idade.

Idade (dias)	Tratamentos				Probabilidade
	CTR	BC3	BC6	BC9	
21	10 (1/10)	0 (0/10)	0 (0/8)	0 (0/9)	1,0000
35	16,7 (1/6)	0 (0/10)	0 (0/6)	0 (0/8)	0,4000
49	16,7 (1/6)	30 (3/10)	0 (0/7)	22,2 (2/9)	0,5095
63	80 (4/5)	100 (10/10)	100 (7/7)	88,8 (8/9)	0,3080

Fonte: (NAKASONE, D. H., 2020)

CTR – controle; BC3 – dieta basal com inclusão de 3% de bagaço de cevada; BC6 – dieta basal com inclusão de 6% de bagaço de cevada; BC9 dieta basal com inclusão de 9% – de bagaço de cevada

DISCUSSÃO

7. DISCUSSÃO

O bagaço de cevada é considerado um material lignocelulósico, composto principalmente por arabinosilano, lignina e celulose, rico em proteínas (15% a 35%) e fibras (43% a 73%) (WESTERNDORF; WOHT, 2002; MUSSATO et al., 2006; SHEN et al., 2019). No NRC (2012) foi reportada a composição do coproduto de cervejaria com 26,5% de proteína bruta, 20,1% FDA e 48,7% FDN, e, neste estudo o bagaço apresentou composição similar ao descrito no NRC com 21,13 % de proteína bruta, 29,48% de FDA e 52,44% de FDN.

Variações podem ser encontradas na composição química do coproduto de cervejaria devido a diferenças na variedade de cevada, tempo de colheita, condições de maltagem e trituração, e a qualidade e o tipo de aditivos adicionados ao processo de fermentação. Dependendo do tipo de cerveja que foi produzida, o coproduto pode consistir em resíduos de cevada maltada e de outras fontes que não sejam de malte de açúcares fermentáveis, como trigo, arroz ou milho que podem ser adicionados durante a maceração dos ingredientes (WESTERNDORF; WOHT, 2002; MUSSATO et al., 2006).

No presente estudo, o desempenho (peso individual, ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar) foi similar entre os leitões do grupo controle e dos grupos com inclusão de bagaço de cevada em níveis crescentes, assim como, também foram similares na incidência de diarreia e na frequência de *E. coli* e *L. intracellularis*, em leitões desmamados em média aos 21 dias de idade, sem prévio período de adaptação à dieta, demonstrando a possibilidade da inclusão em dietas de leitões recém-desmamados.

Os leitões apresentaram baixo consumo de ração e ganho de peso dos 21 aos 35 dias, associado a menor incidência de fezes normais devido aos vários fatores estressantes ocasionados pelo desmame, e também devido ao fato deles terem sido desmamados com peso inferior a 6 kg. Isso representa as condições de granja comercial, embora este estudo tenha sido conduzido em uma granja experimental com baixa pressão de infecção. O estresse associado à ingestão reduzida normalmente resulta em inflamação intestinal, que afeta o microbioma e a imunidade no intestino delgado, aumentando o risco de diarreia (PIE et al., 2004). Contudo, após a adaptação à dieta, os animais conseguiram expressar o potencial genético.

Os resultados encontrados na literatura relacionados a inclusão de fibra na dieta de leitões desmamados são controversos, pois diversos fatores podem influenciar o desempenho dos animais. Mas alguns dos fatores principais são a idade ao desmame, o período de adaptação à dieta, o tipo de fibra e o nível de inclusão da fibra.

Os resultados obtidos neste estudo foram similares aos reportados por Hermes et al. (2010), que ao utilizarem dois tipos de cereais (arroz vs. cevada) associado a 2 níveis de fibra (baixo vs. alto, sendo considerado alto 2% de polpa de beterraba sacarina + 4% de farelo de trigo), não verificaram melhora no desempenho dos animais avaliados aos 40 dias de idade, sendo que os mesmos foram desmamados aos 26 dias e passaram por 14 dias de adaptação à dieta. Liu et al. (2018) também verificaram que a inclusão de 5% de bagaço de milho contendo 53,47% de FDI na dieta de leitões desmamados aos 26 dias de idade não melhorou o desempenho, contudo esse resultado pode ter sido oriundo do nível de inclusão da fibra, uma vez que foi limitada para prevenir a redução da digestibilidade dos nutrientes, provocado pela diminuição do tempo de trânsito intestinal.

Resultados semelhantes foram reportados por Nasir et al. (2015) que ao estudarem a inclusão de cevada de alta ou baixa qualidade em substituição ao trigo na dieta (65%) também não observaram melhora no ganho de peso e na conversão alimentar também de leitões aos 29 dias de idade. Porém, estes autores observaram aumento no consumo de ração pelos animais alimentados com cevada. Esse aumento no consumo pode ter sido uma maneira de compensar os baixos valores de energia digestível do ingrediente (WENK et al., 2001; NYACHOTI et al., 2004), mas isso foi observado apenas nos animais que passaram por um período de adaptação à dieta rica em fibra (MOLIST et al., 2014; ZHAO et al., 2018). Zhao et al. (2018) também não verificaram melhora no desempenho dos leitões com a inclusão de 5% de farelo de trigo contendo 38,9% de FDI na dieta. Foram avaliados leitões desmamados aos 21 dias com prévio período de adaptação à dieta (7 dias).

Por outro lado, Mateos et al. (2006) utilizando dietas à base de arroz em comparação às de milho observaram melhora no desempenho dos leitões aos 21 dias de idade. Hermes et al. (2009) também verificaram aumento do ganho de peso e no peso final, menor incidência de diarreia e intervenções com antimicrobianos nos animais que receberam a associação de 20% de proteína bruta com 2% de polpa de beterraba sacarina e 4% de farelo de trigo em leitões avaliados a partir de 35 dias de idade (desmamados aos 21 dias e 14 dias de adaptação à dieta). E, Zhou et al. (2016) reportaram que a inclusão de bagaço de cevada (65,6% e 62,3%) em substituição ao farelo de trigo (67,5% e 64,4%) também melhorou o desempenho dos animais avaliados a partir dos 32 dias de idade, apesar da redução na digestibilidade e na energia da dieta.

A inclusão de cevada na dieta dos animais aumenta a quantidade de fibra, e por consequência, pode aumentar o tamanho do trato gastrointestinal, potencialmente aumentando sua capacidade e o consumo de ração (HETLAND et al., 2004; MATEOS et al., 2006; GERRITSEN et al., 2012; ZHOU et al., 2016). Além disso, o β -glucano, presente no grão da cevada, pode

diminuir os fatores antinutricionais do cereal e ainda estimula as células do sistema imunológico, contribuindo para o melhor desempenho dos animais (JHA et al, 2010). Contudo, Zhang et al. (2013) e Berrocoso et al. (2015) evidenciaram que dietas com alto teor de fibra poderiam levar a redução no consumo de ração como consequência do aumento da saciedade.

Flis et al. (2017) realizaram uma revisão sobre o uso de substratos fibrosos na dieta de leitões e concluíram que dietas com 1,5 a 8% de fibras dietéticas como lignocelulose, celulose pura, farelo de trigo, casca de aveia com palha moída, casca de soja e pólen de pinheiro elevam o consumo de ração, o qual é frequentemente acompanhado pelo ganho de peso, e reduzem a incidência de diarreia. E, dietas contendo pectina, polpa cítrica ou inulina, assim como altos níveis de fibra, tendem a reduzir o consumo de ração e o ganho de peso.

No presente estudo, a inclusão da fibra na dieta dos leitões desmamados aos 21 dias sem prévio período de adaptação não prejudicou o desempenho, os animais chegaram aos 63 dias com pesos semelhantes, e também não reduziu, assim como não aumentou a incidência de diarreia. A maior incidência foi evidenciada na fase pré-inicial (dos 21 aos 35 dias de idade). Contudo, não foi observada maior frequência de *Escherichia. coli* enterotoxigênica fimbrias F18 e K88 e *Lawsonia intracellularis*, aos 21 e 35 dias. Deste modo, acreditamos que a diarreia pode ter sido de origem não infecciosa.

A maior incidência observada neste estudo pode ter ocorrido, uma vez que, logo após o desmame os leitões são submetidos à diversos fatores estressantes, tais como: ambientais e de manejo (separação da matriz, transporte para os galpões de creche, mudança do tipo de instalação), sociais (estabelecimento de uma nova hierarquia devido à mistura de lotes e origens) e nutricionais (substituição de uma dieta em grande parte líquida por uma dieta sólida e menos digestível). Todos esses fatores associados à reduzida proteção advinda da imunidade passiva, tornam o leitão desmamado susceptível aos agentes oportunistas, e a ocorrência de diarreia (CAMPBELL, et al., 2013; MOESER et al., 2017).

A mudança na dieta está associada a diminuição no consumo de ração e na ingestão de água, resultando em um período de jejum de até 48 horas (GRESSE et al., 2017). A baixa ingestão de ração nesse período, conhecida como anorexia pós-desmame, contribui para a inflamação nas células intestinais, para uma queda transitória na secreção de enzimas digestivas com alteração na estrutura e na função do trato gastrointestinal, o que predispõe a disbiose intestinal e a diarreia (LALLES et al., 2007; MOESER et al. 2007, PLUSKE et al., 2018).

Pascoal et al. (2012) reportaram que os leitões que receberam a dieta com inclusão de 3% de casca de soja e 9% de polpa cítrica não apresentaram redução na incidência de diarreia, assim como Montagne et al. (2012) ao avaliarem a associação de 6% de polpa de beterraba sacarina com

2% de casca de soja também não observaram redução na incidência de diarreia dos leitões desmamados.

Esses resultados indicam que além do teor de fibra na dieta, outros fatores podem influenciar essa característica, tais como os ingredientes da dieta, a idade, o manejo e as condições de criação dos leitões (BERROCOSO et al., 2015). Nós acreditamos que a semelhança no desempenho dos animais alimentados com níveis crescentes de bagaço de cevada, obtida neste estudo, pode ter sido influenciada pela condição sanitária do local onde o estudo foi conduzido, o que está em concordância com os achados de Berrocoso et al., (2015).

Em contrapartida, Molist et al. (2014) relataram que a inclusão de fibras insolúveis em níveis moderados na dieta de leitões associado a condição sanitária ruim pode reduzir a incidência de diarreia durante as 2 primeiras semanas. Resultados contraditórios também foram observados por Mateos et al., (2006) e Kim et al., (2008) utilizando casca de aveia; por Hanczakowska et al., (2008) com lignocelulose e Pascoal et al., (2012) com celulose pura. A associação de farelo de trigo (4%) com polpa de beterraba sacarina (2%) e 20% de proteína bruta (HERMES et al., 2009), bem como cascas de aveia (5%) juntamente com 10% de palha de trigo (GERRITSEN et al., 2012) melhoraram o escore fecal e diminuíram a incidência da diarreia pós-desmame (FLIS et al., 2017).

Gresse et al. (2017) reportaram que após o desmame mudanças na microbiota intestinal podem ocorrer levando a diminuição de bactéria benéfica como o *Lactobacillus spp.* e aumento de bactérias patogênicas como o *Clostridium spp* e *Prevotella spp* e ainda bactérias do filo Proteobacteriaceae, incluindo a *Escherichia coli* e a *Lawsonia intracellularis* resultando em diarreia e queda no desempenho. No presente estudo, foi verificado aumento na frequência de *Lawsonia intracellularis* a partir de 49 dias, mas diferenças não foram evidenciadas entre os tratamentos. A ileíte causada pela *L. intracellularis* é comumente observada em leitões desmamados e na fase de crescimento (KARUPPANNAN e OPRIESSNIG., 2018), idade em que foram encontradas as amostras positivas.

A *E. coli* fimbrias F4 (K88+) e a F18+ são as principais agentes causadoras de diarreia em leitões pós desmame, associadas à diarreia aquosa e morte súbita na fase da creche (SUN; KIM, 2017). Porém, neste estudo não foi possível detectar essa bactéria nas fezes dos leitões durante toda a fase de creche. Um dos motivos para a não detecção é que o estudo foi realizado em uma granja experimental com baixa pressão de infecção e sem inoculação dessa bactéria. Em estudos anteriores a esse, realizados no mesmo local, seguindo o mesmo programa de limpeza e desinfecção, e mesmo protocolo de análise, a *E. coli* fimbrias F4 (K88+) e a F18+ foi detectada nas fezes dos leitões e caracterizada como a principal causa de diarreia.

A inclusão da fibra poderia minimizar esses efeitos negativos, uma vez que por meio da fermentação no trato gastrointestinal, metabólitos seriam produzidos e a própria interação da fibra com o ambiente intestinal afetaria a morfologia e a microbiota intestinal. (ZIJLSTRA; BELTRANENA, 2013, JARRETT; ASHWORTH, 2018, JHA et al., 2019).

A interação entre a microbiota intestinal e os componentes fibrosos dos ingredientes pode influenciar o desenvolvimento, a maturação e a manutenção das funções do trato gastrointestinal, que por sua vez influenciariam a eficácia da barreira intestinal e do sistema imunológico (MOLIST et al., 2014). Whitney et al. (2006) reportaram que a inclusão de fibras insolúveis (20% de DDGS) na dieta de leitões poderia prevenir fisicamente a invasão das células da mucosa pela *L. intracellularis*, uma vez que as fibras poderiam aumentar a taxa de renovação celular.

Boesen et al. (2004) verificaram atraso na invasão das células pela *L. intracellularis* em leitões alimentados com dieta líquida fermentada contendo 36,08 % de trigo e 36,07% de cevada, sendo o mesmo observado utilizando a mesma dieta associada com ácido lático. O desempenho dos animais foi reduzido, porém a prevalência e a gravidade da diarreia foram amenizadas, uma vez que a redução do pH, torna o ambiente inóspito às bactérias patogênicas.

Especificamente, a inclusão de fonte de cevada na dieta dos leitões desmamados mostrou redução nas bactérias da família Enterobacteriaceae, no qual estão incluídos muitos patógenos dentre eles a *E. coli* enterotoxigênica. A inibição desses patógenos, possivelmente, deve-se à competição pela colonização por bactérias benéficas como por exemplo os *Lactobacillus spp* e *Bifidobacterium ssp* (CHEN et al, 2014), porém, infelizmente no presente estudo não foi realizada a quantificação destas bactérias benéficas.

CONCLUSÃO

8. CONCLUSÃO

Baseando-se nos resultados observados concluiu-se que:

- a) A inclusão em níveis crescentes de bagaço de cevada na dieta de leitões recém-desmamados não prejudica o desempenho, assim como não aumenta a incidência de diarreia nos leitões dos 21 aos 63 dias de idade;
- b) A inclusão do bagaço de cevada na dieta de leitões recém-desmamados não altera a frequência de *Escherichia coli* enterotoxigênica fimbrias F18 e K88 e de *Lawsonia intracelullaris* presentes nas fezes.

Diante disso, a inclusão de bagaço de cevada em 9% na dieta de leitões recém-desmamados mostra-se viável e como uma fonte alternativa às fontes de fibras comumente utilizadas na dieta de suínos, com potencial para redução do custo de produção.

REFERÊNCIAS

9. REFERÊNCIAS

AACC. The Definition of Dietary Fiber. AACC Report. **American Association Of Cereal Chemists**.v.46, n. 3, p. 112–126, 2001.

ABCS. Associação Brasileira dos Criadores de Suínos. Produção de suínos – teoria e prática. 1ª edição, 2014 p. 45- 696.

AGYEKUM, A. K.; NYACHOTI, C. M. Nutritional and Metabolic Consequences of Feeding High-Fiber Diets to Swine: A Review. **Engineering**, v. 3. p. 716-725, 2017.

ALBUQUERQUE, D. M. N. et al. Resíduo desidratado de cervejaria para suínos em terminação. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.63, n.2, p. 465-472, 2011

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**, Gaithersburg, USA, 18 ed. 2011

ARANTES, V. M. et al. Níveis de zinco na dieta de leitões recém-desmamados: Desempenho, incidência de diarreia, isolamento de *E.coli* e análise econômica. **Bol. Ind. Anim.** v. 62, n. 3, p. 189-201, 2005.

AWATI, A. et al. Effect of substrate adaptation on the microbial fermentation and microbial composition of faecal microbiota of weaning piglets studied in vitro. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.85 p.1765–1772, 2005.

BACH KNUDSEN, K. E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. **Animal Feed Science and Technology**, v. 67, p. 319–338, 1997

BACH KNUDSEN, K. E. et al. Carbohydrates in pig nutrition – Recent advances. **Journal of Animal Science**. v. 94, p. 1-11, 2016.

BACH KNUDSEN, K. E. Dietary fibre in nutrition and health of piglets, 2009. Disponível em: https://www.pig333.com/articles/dietary-fibre-in-nutrition-and-health-of-piglets_1256/. Acesso em: 21 ago. 2019.

BACH KNUDSEN, K. E.; HANSEN, I. Gastrointestinal implications in pigs of wheat and oat fractions. **British Journal of Nutrition**, v. 65, p. 217-232, 1991.

BACH KNUDSEN, K. E. The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. **Animal Feed Science and Technology** v. 90, p. 3–20, 2001.

BANZATTO, A. D.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1989, 249 p.

BARTH-HAAS GROUP. **The barth report**. Nuremberg, Alemanha: Joh. Barth & Sohn GmbH & Co KG, 2019.

BERROCOSO, J. D. et al. Effects of fiber inclusion on growth performance and nutrient digestibility of piglets reared under optimal or poor hygienic conditions. **J. Anim. Sci.** v. 93, p. 3919–3931, 2015.

BOESEN, H. T. et al. The influence of diet on *Lawsonia intracellularis* colonization in pigs upon experimental challenge. **Veterinary Microbiology**, v.103, p. 35-45, 2004.

BOOM, R. et al. Rapid and simple method for purification of nucleic acids. **J. Clin. Microbiol.** v.28, p.495-503, 1990.

BURKITT, D. P.; TROWELL, H. C. Refined carbohydrate foods and diseases: Some implications of dietary fibre. **Academic Press**, London. 1975.

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.

CAPUANO, E. The behavior of dietary fiber in the gastrointestinal tract determines its physiological effect. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. v. 57, n. 16, p. 3543–3564, 2017.

CASTRO, D. E. S. et al. Coproduto desidratado de mandioca na alimentação de leitões na fase inicial. **Ciências Agrárias**, v. 38, n. 4, suplemento 1, p. 2775-2788, 2017.

CHEN, H. et al. Impact of fiber types on gut microbiota, gut environment and gut function in fattening pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 195, p. 101-111, 2014.

CONTINI, E. et al. 2019. **Milho: caracterização e desafios tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA. (Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2)

CUMMINGS, J. H.; STEPHEN, A. M. Carbohydrate terminology and classification. **European Journal of Clinical Nutrition**. v.61, p. 5-18, 2007.

DAVIDSON, M. H.; MCDONALD, A. Fiber: forms and functions. **Nutrition Research**. v. 18, p. 617–624, 1998.

DREW, M. D. et al. Effect of dietary cereal on intestinal bacterial populations in weaned pigs. **Canadian Journal of Animal Science**. v. 82, p. 607–609, 2002.

FAO. **Barley: Post-Harvest Operations**. Turkey: The Central Research Institute for Field Crops, 2004. Disponível em:<http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compndium_-_BARLEY.pdf>. Acesso em 20 ago 2019

FERRINHO, A. M. et al. Resíduos de cervejaria: uma alternativa na nutrição animal. III Simpósio de sustentabilidade e ciência animal. **Anais...** Pirassununga, USP/FMVZ, 2013. Disponível em: http://www.sisca.com.br/resumos/SISCA_2013_038.pdf. Acesso em: 11 ago. 2019.

FLIS, M. et al. Fiber substrates in the nutrition of weaned piglets – a review. **Ann. Anim. Sci.**, v. 17, n. 3, p. 627–643, 2017.

GEE, J. M. et al. Fermentable carbohydrates elevate plasma enteroglucagon but high viscosity is also necessary to stimulate small bowel mucosal cell proliferation in rats. **The Journal of Nutrition**. v. 126, p. 373–379, 1996

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.

GRESSE, R. et al. Gut microbiota dysbiosis in postweaning piglets: understanding the keys to health. **Trends Microbiol**. v. 25, p. 851–73, 2017.

GUPTA, M. et al. Barley for Brewing: Characteristic Changes during Malting, Brewing and Applications of its By-Products. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.9, 2010

HANCZAKOWSKA E.; ŚWIĄTKIEWICZ M.; BIAŁECKA A. Pure cellulose as a feed supplement for piglets. **Med. Weter**. v. 64, p. 45–48, 2008.

HERMES R. G. et al. Effect of dietary level of protein and fiber on the productive performance and health status of piglets. **J. Anim. Sci.** v. 87, p. 3569–3577, 2009

HERMES, R.G. et al. Effects of type of cereal and fibre level on growth and parameters of the gastrointestinal tract in young pigs. **Livestock Science.** v. 133, p. 225–228, 2010.

HETLAND, H. et al. Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. **World Poultry Science Journal**, v. 60, n.4, p. 415-422, 2004

JAKOBSEN, G. V. et al. Impact of fermentation and addition of non-starch polysaccharide-degrading enzymes on microbial population and on digestibility of dried distillers' grains with solubles in pigs. **Livestock Science**, v. 178, p. 216-227, 2015.

JARRETT, S.; ASHWORTH, C. J. The role of dietary fibre in pig production, with a particular emphasis on reproduction. **Journal of Animal Science and Biotechnology.** v. 9, n. 59, p. 1-11, 2018.

JHA, R. et al. Barley and oat cultivars with diverse carbohydrate composition alter ileal and total tract nutrient digestibility and fermentation metabolites in weaned piglets. **Animal**, p. 724-731, 2010.

JHA, R. et al. Dietary fiber and Intestinal health of monogastric animals. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 6, n. 48, 2019.

JHA, R.; LETERME, P. Feed ingredients differing in fermentable fibre and indigestible protein content affect fermentation metabolite and faecal nitrogen excretion in growing pigs. **Animal**, p. 603-611, 2012.

JHA, R., BERROCOSO, J. F. D., Review: dietary fiber utilization and its effects on physiological functions and gut health of swine. **Animal.** v. 9, p. 1441–1452, 2015.

JONES, G. F. et al. Enhanced Detection of Intracellular Organism of Swine Proliferative Enteritis, Ileal Symbiont Intracellularis, in Feces by Polymerase Chain Reaction. **Journal of Clinical Microbiology**, 31(10), 2611–2615, 1993.

JØRGENSEN, H. et al. The fermentative capacity of growing pigs and adult sows fed diets with contrasting type and level of dietary fibre. **Livest Sci.** v. 109, p. 111–114, 2007.

KIM, J. C. et al. Addition of oat hulls to an extruded rice-based diet for weaner pigs ameliorates the incidence of diarrhea and reduces indices of protein fermentation in the gastrointestinal tract. **Br. J. Nutr.** v. 99, p. 1217–1225, 2008.

KIRIN. **Financial statements.** (Relatórios anual de 2018). Disponível em: <<https://www.kirinholdings.co.jp/english/ir/library/integrated/2018/>> Acesso em: 03 de out de 2019

KONSTANTINOV, S. R. et al. Specific response of a novel and abundant *Lactobacillus amylovorus*-like phylotype to dietary prebiotics in the guts of weaning piglets. **Applied and Environmental Microbiology.** v. 70, p. 3821–3830, 2004.

LALLES, J. P. et al. Gut function and dysfunction in young pigs: physiology. **Animal Research,** v.53, p. 301-316, 2004.

LALLÈS, J. P.; BOSI, P.; SMIDT, H.; STOKES, C. R. Weaning — A challenge to gut. **Livestock Science,** v. 108, p. 82–93, 2007.

LE GOFF, G. et al. Influence of dietary fibre on digestive utilization and rate of passage in growing pigs, finishing pigs and adult sows. **Animal Science.** v. 74, p. 503–515, 2002.

LE SCIELLOUR, M. et al. Effect of dietary fiber content on nutrient digestibility and fecal microbiota composition in growing-finishing pigs. **PLoS ONE,** v. 13. n. 10, 2018.

LINDBERG, J. E. Fiber effects in nutrition and gut health in pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology.** v. 5, n. 15, 2014.

LIU, P. et al. Dietary Corn Bran Altered the Diversity of Microbial Communities and Cytokine Production in Weaned Pigs. **Front. Microbiol.** v. 9. 2018a.

LIZARDO, R. et al. 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 Technology.** v. 66, p. 1–14, 1997.

MATEOS, G. G. et al. Inclusion of oat hull in diets for young pigs based on cooked maize or cooked rice. **Anim. Sci.** v. 82, p. 57–63, 2006.

MATHIAS, T. R. S. et al. Solid waste in brewing process: A review. **Journal of Brewing and Distilling,** v.5, n.1, 2014.

MOESER, A. J. et al. Stress signaling pathways activated by weaning mediate intestinal dysfunction in the pig. **Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.** v. 292, p. 173-181, 2007.

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.

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

MONTAGNE, L. et al. A review of interactions between fiber and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology,** Amsterdam, v.108, p.95-117, 2003.

MONTAGNE L. et al. Comparative effects of level of dietary fiber and sanitary conditions on the growth and health of weanling pigs. **J. Anim. Sci.** v. 90, p. 2556–2569, 2012

MONTAGNE, L. et al. Main intestinal markers associated with the changes in gut architecture and function in piglets after weaning. **British Journal of Nutrition,** v. 97, n. 1, p. 45-57, 2007.

MENDONÇA, M. V. **Efeitos da associação de diferentes fontes de cobre e zinco na dieta de leitões desmamados.** 2018. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. doi:10.11606/D.10.2019.tde-13112018-114626. Acesso em: 2019-12-03

MENDONÇA, M. V. et al., Inclusão de bagaço de cevada como fonte de fibra dietética para leitões desmamados. In: RODRIGUES, P. H. M. et al. **Novos desafios da pesquisa em Nutrição e Produção Animal.** Pirassununga: 5D editora, 2019. cap 2, p. 36-56.

MUSSATO, A. I. et al. Brewer's spent grains: generation, characteristics and potential applications. **Journal of Cereal Science,** v. 43, p. 1-14, 2006.

NABUURS, M. J. A.; HOOGENDOOM, A.; VAN DER MOLEN, E.J.; VAN OSTA, A.L. M. . Villus height and crypt depth in weaned and unweaned pigs, reared under various circumstances in the Netherlands. **Res. Vet. Sci.** v. 55, p. 78-84, 1993.

NASIR, Z. et al. The effect of feeding barley on diet nutrient digestibility and growth performance of starter pigs. **Animal Feed Science and Technology,** v. 210, p. 287-294, 2015.

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

NAVARRO, D. M. D. L. et al. Structures and characteristics of carbohydrates in diets fed to pigs: a review **Journal of Animal Science and Biotechnology**. v. 10, p. 1-17, 2019.

NYACHOTI, C. M. et al. Voluntary feed intake in growing-finishing pigs: a review of the main determining factors and potential approaches for accurate predictions. **Canadian Journal of Animal Science**, p. 549-566, 2004.

ÖTLES, S., OZGOZ, S. Health effects of dietary fiber. **Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.** v.13, n. 2. p.191-202, 2014.

PASCOAL, L. A. F.; THOMAZ, M. C.; WATANABE, P. H.; RUIZ, U. S.; EZEQUIEL, J. M. B.; AMORIM, A. B.; DANIEL, E.; MASSON, G. C. I. Fiber sources in diets for newly weaned piglets. **R. Bras. Zootec.**, v.41, n.3, p.636-642, 2012.

PASCOAL, L.A.F.; WATANABE, P.H. Fibra dietética na nutrição de suínos. In: SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de não ruminantes**. FUNEP: p. 360-374, 2014.

PIÉ S. et al. Weaning is associated with an upregulation of expression of inflammatory cytokines in the intestine of piglets. **J Nutr.** v. 134, n. 3, p. 641-647, 2004.

PLUSKE, J. R. Feed and feed additives-related aspects of gut health and development in weanling pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.4, 2013.

PLUSKE, J. R. et al. Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig. **Animal Nutrition**, v.4, p. 187-196, 2018.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 488, 2017.

SANTOS, M. S.; RIBEIRO, F. M. **Cervejas e Refrigerantes**. São Paulo: CETESB, 2005. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 08 set. 2019.

SCHIAVON, S. et al. Effects of sugar beet pulp on growth and health status of weaned piglets. **Italian Journal Animal Science**. v. 4, p. 337-351, 2004.

SCHMIDT-WILLIG, U. et al. Response of rat colonic mucosa to a high fiber diet. **Annals of Nutrition and Metabolism**. v. 40, p. 343–350, 1996.

SHI, X. S.; NOBLET, J. Digestible and metabolizable energy values of 10 feed ingredients in growing pigs fed ad-libitum and sows fed at maintenance level - comparative contribution of the hindgut. **Anim Feed Sci Technol**. v. 42, p. 223–236, 1993.

SHEN et al. Feed nutritional value of brewers' spent grain residue resulting from protease aided protein removal. **Journal of Animal Science and Biotechnology**. v 10, p. 78, 2019.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 235p, 2002.

SILVA, C. V. O. et al. *Escherichia coli* na suinocultura. Aspectos clínicos. Uma Revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.9, n.2, p. 288-293, 2015.

SUN, Y.; KIM, S. W. Intestinal challenge with enterotoxigenic *E. coli* in pigs, and nutritional intervention to prevent postweaning diarrhea. **Animal Nutrition**, v.3, p. 322-330, 2017.

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

VIEIRA, M. S. et al. **Composição química e digestibilidade dos nutrientes do bagaço de cevada determinados em suínos em terminação**. 2013. Disponível em: <https://pt.engormix.com/suinocultura/artigos/composicao-quimica-digestibilidade-dos-t38552.htm>. Acesso em: 15 ago. 2019.

WANG, L. F. et al. Diet nutrient digestibility and growth performance of weaned pigs fed wheat dried distillers grains with solubles (DDGS). **Animal Feed Science and Technology**, v. 218, p. 26-32, 2016.

WELLOCK, I. J.; HOUDJIK, J. G. M.; KYRIAZAKIS, I. Effect of dietary non-starch polysaccharide solubility and inclusion level on gut health and the risk of post weaning enteric disorders in newly weaned piglets. **Livestock Science**. v.108, p. 186–189, 2007.

WENK, C. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**. Amsterdam, v. 90, n. 1, p. 21-33, 2001.

WESTERNDORF, L. M.; WOHLT, J. Brewing by-products: their use as animal feeds. **The Veterinary Clinics Food Animal Practice**, v. 18, p. 233-252, 2002.

WHITNEY, M. H.; SHURSON, G. C.; GUEDES, R. C. Effect of dietary inclusion of distillers dried grains with solubles, soybean hulls, or a polyclonal antibody product on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. **Journal of Animal Science**, v.84, p.1880–1889, 2006.

WILFART, A.; MONTAGNE, L.; SIMMINS, P. H.; van MILGEN, J.; NOBLET, J. Sites of nutrient digestion in growing pigs: effect of dietary fiber. **Journal Animal Science**. v. 85, p. 976–983, 2007.

WILLIAMS, B. A. et al. "Dietary fibre": moving beyond the "soluble/insoluble" classification for monogastric nutrition, with na emphasis on humans and pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 10, n. 45, 2019.

WILLIAMS, B. A.; VERSTEGEN, M. W. A.; TAMMINGA, S. Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. **Nutrition Research Reviews**. v. 14. p. 207–227, 2001.

XIONG, X. et al. Nutritional Intervention for the Intestinal Development and Health of Weaned Pigs. **Front. Vet. Sci**. v. 6:46, p. 1-14, 2019. doi: 10.3389/fvets.2019.00046

ZHANG, W. et al. The effects of dietary fiber level on nutrient digestibility in growing pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.4, n.17, 2013.

ZHANG, W. et al. Prevalence of virulence genes in *Escherichia. coli* strains recently isolated from young pigs with diarrhea in the US. **Veterinary Microbiology**, 123(1–3), p. 145–152, 2007.

ZHAO, J. B. et al. Effect of wheat bran on apparent total tract digestibility, growth performance, fecal microbiota and their metabolites in growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.239, p. 14-26, 2018.

ZHOU, X. et al. Effect of wheat- or barley-based diets with low or and high nutrient density on nutrient digestibility and growth performance in weaned pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.218, p. 93-99, 2016.

ZIJLSTRA, R. T.; BELTRANENA, E. Alternative Feedstuffs in Swine Diets. In: CHIBA, L. I. (Ed.), **Sustainable Swine Nutrition**. John Wiley & Sons, Inc., Ames, Iowa, USA, p. 229–253, 2013.