UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
***CAMPUS* DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ELIANE FÁTIMA ROCHA ENGELSING

CARBOIDRASES NA ALIMENTAÇÃO DE FÊMEAS SUÍNAS EM LACTAÇÃO

MARECHAL CÂNDIDO RONDON
2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
***CAMPUS* DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ELIANE FÁTIMA ROCHA ENGELSING

CARBOIDRASES NA ALIMENTAÇÃO DE FÊMEAS SUÍNAS EM LACTAÇÃO

Tese apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de concentração em Produção e Nutrição Animal, para a obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

Orientadora: Profª. Drª. Cinthia Eyng
Coorientador: Prof. Dr. Paulo Levi de O. Carvalho

MARECHAL CÂNDIDO RONDON
2024

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Engelsing, Eliane Fátima Rocha
Carboidrases na alimentação de fêmeas suínas em lactação / Eliane Fátima Rocha Engelsing; orientadora Cinthia Eyng; coorientador Paulo Levi de O. Carvalho. -- Marechal Cândido Rondon, 2024.
85 p.

Tese (Doutorado Campus de Marechal Cândido Rondon) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2024.

1. Zootecnia. 2. Nutrição. 3. Suínos. 4. Enzimas. I. Eyng, Cinthia, orient. II. Carvalho, Paulo Levi de O., coorient. III. Título.

ELIANE FATIMA ROCHA ENGELSING

Carboidrases na alimentação de fêmeas suínas em lactação

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de “Doutora em Zootecnia”, Área de Concentração “Produção e Nutrição Animal”, Linha de Pesquisa “Produção e Nutrição de Não-Ruminantes / Aquicultura”, APROVADA pela seguinte Banca Examinadora:

Orientadora / Presidente – Prof.ª Dr.ª Cinthia Eyng
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon

Coorientador – Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon

Membro – Prof.ª Dr.ª Silvana Teixeira Carvalho
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon

Membro – Prof. Dr. Janslller Luiz Genova
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Membro – Prof.ª Dr.ª Janaína Paolucci Sales de Lima
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Marechal Cândido Rondon, 23 de maio de 2024.

unioeste
Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - http://www.unioeste.br
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE TESE DE DOUTORADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof.ª Dr.ª Cinthia Eyng**, declaro como **ORIENTADORA** que presidi os trabalhos de defesa **à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese da candidata **Eliane Fátima Rocha Engelsing**, aluna de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, a apresentação e a arguição dos membros da Banca Examinadora, **formalizo como Orientadora**, para fins de registro, por meio desta declaração, a decisão da Banca Examinadora de que a candidata foi considerada APROVADA na banca realizada em 23/05/2024, com o trabalho intitulado **"Carboidrases na alimentação de fêmeas suínas em lactação"**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Cinthia Eyng

Prof.ª Dr.ª Cinthia Eyng – ORIENTADORA / PRESIDENTE
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) / *Campus* de Mal. Cândido Rondon
Centro de Ciências Agrárias

unioeste
Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - http://www.unioeste.br
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DOUTORADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho,** declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese da candidata **Eliane Fátima Rocha Engelsing**, aluna de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Coorientador**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada APROVADA na banca realizada em 23/05/2024, com o trabalho intitulado **"Carboidrases na alimentação de fêmeas suínas em lactação"**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Favorável a aprovação da discente. Entretanto, o discente deverá realizar as considerações sugeridas pelos membros da banca examinadora.

Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho
Centro de Ciência Agrárias
Unioeste / *Campus* de Mal. Cândido Rondon

unioeste
Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - http://www.unioeste.br
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DOUTORADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof.ª Dr.ª Silvana Teixeira Carvalho,** declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência,** da Banca Examinadora de Defesa de Tese da candidata **Eliane Fátima Rocha Engelsing**, aluna de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Interno**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada APROVADA na banca realizada em 23/05/2024, com o trabalho intitulado **"Carboidrases na alimentação de fêmeas suínas em lactação"**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

A candidata deverá apresentar a versão final com as considerações apontadas pelos membros da banca examinadora.

Silvana Teixeira Carvalho

Prof.ª Dr.ª Silvana Teixeira Carvalho
Centro de Ciências Agrarias
Unioeste / *Campus* de Mal. Cândido Rondon

unioeste
Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - http://www.unioeste.br
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DOUTORADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof. Dr. Jansller Luiz Genova,** declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese da candidata **Eliane Fátima Rocha Engelsing**, aluna de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada APROVADA na banca realizada em 23/05/2024, com o trabalho intitulado **"Carboidrases na alimentação de fêmeas suínas em lactação"**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Prof. Dr. Jansller Luiz Genova
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

unioeste
Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - http://www.unioeste.br
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DOUTORADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof.ª Dr.ª Janaína Paolucci Sales de Lima,** declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Tese da candidata **Eliane Fátima Rocha Engelsing**, aluna de Doutorado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada APROVADA na banca realizada em 23/05/2024, com o trabalho intitulado **"Carboidrases na alimentação de fêmeas suínas em lactação"**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Prof.ª Dr.ª Janaína Paolucci Sales de Lima
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

DEDICATÓRIA

A Deus, meu protetor e meu porto seguro, pelo fôlego de vida, por me iluminar e abençoar em mais um passo da minha jornada.

À meu esposo Fernando José Engelsing e meu filho Miguel Engelsing, pelo incentivo, compreensão e zelo.

Com infinita gratidão e amor dedico este trabalho...

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que permitiu esta conquista e a finalização de mais uma etapa em minha vida. Por me assegurar em todos os momentos, a quem sempre recorri nos momentos difíceis, pedindo saúde, direcionamento, força, foco e sabedoria para finalizar este trabalho.

Aos meus pais Claudio e Cacilda Rocha, *in memoriam,* vocês foram exemplos, sempre me incentivaram e torceram por mim. Vocês me passaram os valores da vida e não tenho palavras que possam agradecer tudo o que fizeram por mim, obrigada por tudo, como sinto saudades.

À meu esposo Fernando José Engelsing pelo companheirismo, carinho, paciência e suporte em todos os momentos. Por sempre estar ao meu lado, me impulsionando a seguir em frente, muito obrigada.

Ao meu amado filho Miguel Engelsing, por ser essa benção em minha vida, meu presente de Deus, obrigada por tudo e por tanto, te amo muito meu filho.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, ao Programa Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade em realizar o Doutorado .

Gratidão a minha orientadora Profª. Drª Cinthia Eyng, pela dedicada orientação, ajuda, confiança, e conhecimento repassado, sendo essencial para minha formação.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho, juntamente com a Profª. Drª. Silvana Teixeira Carvalho, pela opotunidade prestada, confiança em executar este trabalho, por toda orientação e paciência em todos os momentos.

Ao grupo de estudos e pesquisa em suínos (GEPS), pela oportunidade no desenvolvimento desta pesquisa. A todos os integrantes do grupo, que estiveram dispostos a ajudar no desenvolvimento do trabalho, pela amizade e dedicação, em especial a Liliana Bury, muito obrigada.

Ao Professor Dr. Janslller Luiz Genova, pela assistência com as análises estatísticas e sugestões de correções.

Ao Paulo Henrique Morsch, secretário do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Unioeste, pela prestatividade, dedicação e disponibilidade em sempre ajudar da melhor forma possível.

As empresas Elanco e DSM pelo fornecimento das enzimas, por todo o suporte e financiamento da pesquisa.

Aos suínos.

Muito Obrigada!

BIOGRAFIA

ELIANE FÁTIMA ENGELSING , filha de Claudio Rocha e Cacilda Rocha, nasceu em Toledo - PR, em 04 de outubro de 1981. Em março de 2004, ingressou na Universidade Católica Do Paraná, Campus de Toledo -PR, cumprindo todas as exigências para obtenção do título de Médica Veterinária. Em março de 2015, iniciou o curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural Sustentavél, Nível de Mestrado, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, *Campus* de Marechal Cândido Rondon – PR, concentrando seus estudos na área de extensão rural e sustentabilidade da cadeia de suínos, cumprindo todas as exigências para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Rural Sustentável, submetendo-se aos exames finais de defesa de dissertação em agosto de 2018. No ano de 2019, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, em Nível de Doutorado, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon - PR, realizando estudos na área de Nutrição e Produção de Suínos. Submeteu-se ao Exame Geral de Qualificação em 16 de Janeiro de 2024 e Defesa de tese dia 23 de Maio de 2024.

"Porque para Deus nada é impossível''.

(Lc 1-37)

"Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer!"

(Mahatma Gandhi)

CARBOIDRASES NA ALIMENTAÇÃO DE FÊMEAS SUÍNAS EM LACTAÇÃO

RESUMO

Ao todo foram conduzidos dois experimentos, em que no primeiro objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação de β-mananase na presença de xilanase em dietas com redução de energia metabolizável (EM) e o segundo objetivou-se avaliar o efeito da suplementação de xilanase em dietas contendo 20% de grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sobre o desempenho zootécnico, produtivo, digestibilidade de nutrientes, composição química do leite, perfil bioquímico, hematológico e imunológico sanguíneo de matrizes lactantes. **Experimento I:** Um total de 60 matrizes Agroceres PIC (±248,40 kg peso inicial; peso final 232,39 kg), ordem de parição média de 2,89, 2,60, 2,70, respectivamente para (DC0), (DC85), (DC100), foram alocadas em um delineamento de blocos casualizados dentro de três tratamentos dietéticos: (1) dieta controle contendo somente xilanase valorizada em 40 kcal de EM/kg (DC0); (2) DC0 + β-mananase (3 g t^{-1} com valorização de 45 kcal de EM/kg) (DC85) e (3) DC0 + β-mananase (3 g kg^{-1} com valorização de 60 kcal de EM/kg) (DC100). As matrizes alimentadas com a dieta DC85 apresentaram maior PCF(peso corporal final) que aquelas alimentadas com DC100, equiparando-se a DC0. As matrizes alimentadas com a dieta DC100 apresentaram maior PPC (perda de peso corporal) comparada ao DC85, assemelhando-se à dieta DC0. Independentemente da valorização energética nas dietas, as matrizes alimentadas com as dietas contendo a suplementação de β-mananase apresentaram maior proteína digestível. Para a matéria orgânica digestível, as matrizes alimentadas com a dieta DC85 apresentaram maior valor comparadas ao grupo DC100, equiparando a DC0. O valor de energia digestível foi maior para o grupo que recebeu a dieta DC85, equiparando ao valor da dieta DC0 quando comparado ao DC100. A variável globulina apresentou maior valor para os animais alimentados com DCO quando comparada à dieta DC100. Com relação ao perfil hematológico, houve um aumento da concentração de hemoglobina corpuscular média nas matrizes alimentadas com a dieta DC85, comparadas com as demais. As fêmeas alimentadas com a dieta DC100 apresentaram percentual de eosinófilo superior comparadas as demais. O leite proveniente de fêmeas alimentadas com a dieta DC0 apresentou maior percentual de lactose e extrato seco desengordurado comparado ao leite proveniente do DC85, assemelhando-se aos resultados do grupo DC100. Os animais que receberam a dieta DC100 apresentaram maior concentração de imunoglobulina G em comparação aos animais que receberam as dietas DC0 ou DC85. A suplementação de β-mananase em dietas contendo xilanase permite reduzir 85 kcal

de EM/kg, pois melhorou a condição corporal da fêmea e a digestibilidade de proteína, matéria orgânica e energia digestível, sem prejuízos para os parâmetros bioquímicos e hematológicos, composição de leite e desempenho de leitão. **Experimento II:** Um total de 60 porcas (Agroceres PIC) foram selecionadas aleatoriamente, alocadas dentro de dois tratamentos dietéticos compostos por uma dieta controle com DDGS (DC, sem enzima xilanase) e uma dieta DC com suplementação de xilanase (100 g/t de ração). O lote, ao longo do tempo (rodada), foi considerado como fator de blocagem e a porca em cada baia foi considerada como uma unidade experimental. As matrizes suínas foram classificadas por ordem de parto em três grupos: 24 primíparas, 26 matrizes de dois e três partos, e 10 matrizes de quatro e cinco com desmame aos 21 dias de lactação, com média de ordem de parto 2,05. Os animais do grupo alimentado com xilanase apresentaram maior concentração de albumina (P = 0,009) que os animais do grupo DC. Não houve efeito de tratamento para os demais parâmetros do perfil bioquímico. Os animais alimentados com DC apresentaram maior amplitude de distribuição dos glóbulos vermelhos (P=0,016), não houve efeito de tratamento para demais variáveis dos parâmetros hematológicos. A suplementação de xilanase proporcionou maior coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (P = 0,012) e valor de proteína digestível (P = 0,001). Houve aumento para o percentual de gordura (P=0,031) do leite proveniente de matrizes que receberam dietas contendo a enzima xilanase em comparação as que receberam a dieta controle. A suplementação de xilanase em dietas contendo 20% de DDGS melhorou a digestibilidade da fração proteica e o percentual de gordura do leite sem alterar o desempenho zootécnico das matrizes e suas leitegadas. Não houve alteração dos parâmetros bioquímicos, hematológicos e imunológicos sanguíneos das matrizes em lactação.

Palavras-chave: β-mananase, digestibilidade de nutrientes, perfil hematológico, xilanase.

CARBOHYDRASSES IN THE FEED OF LACTATING FEMALE PIGS

ABSTRACT

In total, two experiments were conducted. The first aimed to evaluate the effects of β-mannanase supplementation in the presence of xylanase in diets with reduced metabolizable energy (ME). The second aimed to assess the effect of xylanase supplementation in diets containing 20% dried distillers grains with solubles (DDGS) on the zootechnical and productive performance, nutrient digestibility, milk chemical composition, and biochemical, hematological, and immunological blood profiles of lactating sows. **Experiment I:** A total of 60 Agroceres PIC sows (±248.40 kg initial weight; final weight 232.39 kg), with an average parity of 2.89, 2.60, and 2.70, respectively, for (DC0), (DC85), (DC100), were allocated in a randomized block design within three dietary treatments: (1) control diet containing only xylanase valued at 40 kcal of ME/kg (DC0); (2) DC0 + β-mannanase (3 g t-1 with a value of 45 kcal of ME/kg) (DC85); and (3) DC0 + β-mannanase (3 g kg-1 with a value of 60 kcal of ME/kg) (DC100). Sows fed the DC85 diet showed higher final body weight (FBW) than those fed DC100, with performance comparable to DC0. Sows fed the DC100 diet exhibited greater body weight loss (BWL) compared to DC85, similar to the DC0 diet. Regardless of the energy valuation in the diets, sows fed diets supplemented with β-mannanase had higher digestible protein. For digestible organic matter, sows fed the DC85 diet showed a higher value compared to the DC100 group, comparable to DC0. Digestible energy values were higher for the group that received the DC85 diet, matching the value of the DC0 diet when compared to DC100. The globulin variable presented a higher value for animals fed the DC0 diet compared to the DC100 diet. Regarding the hematological profile, there was an increase in mean corpuscular hemoglobin concentration in sows fed the DC85 diet compared to the others. Females fed the DC100 diet had a higher percentage of eosinophils compared to the other groups. Milk from females fed the DC0 diet had a higher percentage of lactose and fat-free dry extract compared to the milk from DC85, similar to the results of the DC100 group. Animals that received the DC100 diet had a higher concentration of immunoglobulin G compared to those that received the DC0 or DC85 diets. Supplementation with β-mannanase in diets containing xylanase allows for a reduction of 85 kcal of ME/kg, as it improved the female's body condition and the digestibility of protein, organic matter, and digestible energy without negatively affecting biochemical and hematological parameters, milk composition, or piglet performance. **Experiment II:** A total of 60 sows (Agroceres PIC) were randomly selected and allocated to

two dietary treatments composed of a control diet with DDGS (DC, without xylanase enzyme) and a DC diet supplemented with xylanase (100 g/t of feed). The batch over time (round) was considered a blocking factor, and the sow in each pen was considered an experimental unit. The sows were classified by parity into three groups: 24 primiparous sows, 26 sows with 2 or 3 parities, and 10 sows with 4 or 5 parities, with weaning at 21 days of lactation, and an average parity of 2.05. The animals in the xylanase-fed group showed a higher albumin concentration ($P = 0.009$) compared to the DC group animals. There was no treatment effect on the other biochemical profile parameters. The animals fed the DC diet showed a higher red blood cell distribution width ($P = 0.016$), but there was no treatment effect for other hematological parameters. Xylanase supplementation resulted in a higher apparent crude protein digestibility coefficient ($P = 0.012$) and digestible protein value ($P = 0.001$). There was an increase in the fat percentage ($P = 0.031$) in the milk from sows that received diets containing the xylanase enzyme compared to those that received the control diet. Xylanase supplementation in diets containing 20% DDGS improved protein fraction digestibility and milk fat percentage without altering the zootechnical performance of the sows and their litters. There were no changes in the biochemical, hematological, and immunological blood parameters of the lactating sows.

Keywords: β-mannanase, Nutrient digestibility, hematological profile, Xylanase.

LISTA DE FIGURAS

3 SUPLEMENTAÇÃO DE β-MANANASE EM DIETAS DE MATRIZES SUÍNAS LACTANTES E SUAS LEITEGADAS

Figura 1. Efeito da suplementação de β-mananase em dietas contendo xilanase sobre a quantificação de imunoglobulina G (IgG), insulina endógena e Imunoglobulina M (IgM) para matrizes suínas em lactação..... **58**

4 XILANASE EM DIETAS FORMULADAS COM DDGS PARA FÊMEAS SUÍNAS EM LACTAÇÃO

Figura 1. Efeito da suplementação de xilanase em dietas contendo grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sobre a imunoglobulina G (IgG), insulina endógena e imunoglobulina M (IgM) de matrizes suína lactantes..... **80**

LISTA DE TABELAS

3 SUPLEMENTAÇÃO DE β-MANANASE EM DIETAS DE MATRIZES SUÍNAS LACTANTES E SUAS LEITEGADAS

Tabela 1. Composição das dietas fornecidas para matrizes suínas em lactação..... **46**

Tabela 2. Efeito da suplementação de β-mananase em dietas contendo xilanase sobre os índices zootécnicos de matrizes suínas em lactação **52**

Tabela 3. Efeito da suplementação de β-mananase em dietas contendo xilanase sobre os índices zootécnicos de leitões durante o período de lactação..... **53**

Tabela 4. Efeito da suplementação de β-mananase em dietas contendo xilanase sobre os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e energia matrizes suínas em lactação..... **54**

Tabela 5. Efeito da suplementação de β-mananase em dietas contendo xilanase sobre aprodução e a composição química do leite de matrizes suínas..... **55**

Tabela 6. Efeito da suplementação de β-mananase em dietas contendo xilanase sobre o perfil bioquímico sanguíneo de matrizes suínas em lactação **56**

Tabela 7. Efeito da suplementação de β-mananase em dietas contendo xilanase sobre o perfil hematológico de matrizes suínas em lactação..... **57**

4 SUPLEMENTAÇÃO DE XILANASE EM DIETAS FORMULADAS COM GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS PARA FÊMEAS SUÍNAS EM LACTAÇÃO

Tabela 1. Composição centesimal das dietas experimentais para matrizes suínas em lactação alimentadas com dietas formuladas com grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sem ou com xilanase..... **70**

Tabela 2. Efeito da suplementação de xilanase em dietas contendo grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sobre os parâmetros de desempenho de matrizes suínas em lactação **76**

Tabela 3. Efeito da suplementação de xilanase em dietas contendo grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sobre os parâmetros de índices zootécnicos de leitões durante o período de lactação **76**

Tabela 4. Efeito da suplementação de xilanase em dietas contendo grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sobre os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e os nutrientes digestíveis para matrizes suínas em lactação..... **77**

Tabela 5. Efeito da suplementação de xilanase em dietas contendo grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sobre a produção e composição química do leite de matrizes suínas em lactação..... **78**

Tabela 6. Efeito da suplementação de xilanase em dietas contendo grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sobre o perfil bioquímico sanguíneo de matrizes suína em lactação **78**

Tabela 7. Efeito da suplementação de β-mananase em dietas contendo xilanase sobre o perfil hematológico de matrizes suínas em lactação..... **79**

LISTA DE ABREVIATURAS

ANCOVA	Análise de covariância
ANOVA	Análise de variância
CDA	Coeficiente de digestibilidade aparente
CDAT	Coeficiente de digestibilidade total
CDAMS	Coeficiente de digestibilidade aparente matéria seca
CDAMO	Coeficiente de digestibilidade aparente do trato da matéria orgânica
CDAPB	Coeficiente de digestibilidade aparente do trato da proteína bruta
CDAEB	Coeficiente de digestibilidade aparente do trato da energia bruta
CIA	Cinza solúvel em ácido
CHGM	Concentração de hemoglobina
CRMD	Consumo de ração médio diário
CRT	Consumo de ração total
DBC	Delineamento em blocos casualizados
DC	Dieta controle
DDGS	Grãos secos de destilaria
Dif.ET	Diferença espessura de toucinho da entrada e saída dos animais
EA	Energia metabolizável
EA	Eficiência alimentar
EOS	Eosinófilos
EPM	Erro padrão da média
ETE	Espessura de toucinho entrada
ETS	Espessura de toucinho saída
GPCD	Ganho de peso corporal diário
GPCD	Ganho de peso corporal diário
GPDT	Ganho de peso diário total da leitegada
MS	Matéria seca
MSD	Matéria seca digestível
MM	Matéria mineral
MOD	Matéria orgânica digestível
HEMA	Hemácias
HEMAT	Hematócrito

HEMO	Hemoglobina
LINF	Linfócitos
MONOC	Monócitos
PCF	Peso corporal final
PCI	Peso corporal inicial
PLE	Profundidade de lombo entrada na maternidade
PLF	Profundidade de lombo final
PLI	Profundidade de lombo inicial
PMD	Peso médio de leitão desmamados
PMN	Peso médio de leitão nascidos
PNA	Polissacarídeos não amiláceos
PT	Proteínas totais
PTD	Peso total de leitões desmamados
PTT	Proteína plasmática totais
QLD	Quantidade de leitão desmamados
QLNV	Quantidade leitões nascidos vivos
RDW	Distribuição dos glóbulos vermelhos
SEGM	Segmentados
TC	Total de consumo de ração
VGM	Volume médio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 23
2 REVISÃO DE LITERATURA 25
2.1 Polissacarídeos não-amiláceos (β -mananos e xilanos) 25
2.2 O uso de enzimas exógenas na nutrição de suínos 26
2.3 Enzimas carboidrases (Xilanases e β-mananase) 28
2.4 Uso do DDGS na alimentação de suínos 30
2.5 Fase de lactação da fêmea suína 31
2.6 Referências 33
3 SUPLEMENTAÇÃO DE B-MANANASE EM DIETAS DE MATRIZES SUÍNAS LACTANTES E SUAS LEITEGADAS 41
3.1 Introdução 43
3.2 Material e Métodos 45
3.2.1 Animais, delineamento experimental, instalações, e dietas 45
3.2.2 Alojamento e manejos 47
3.2.3 Desempenho zootécnico e reprodutivo 48
3.2.4 Digestibilidade aparente do trato total dos nutrientes e energia 49
3.2.5 Amostragem e avaliação da composição química do leite 49
3.2.6 Amostragem e análise de variáveis sanguíneas 50
3.2.7 Procedimentos estatísticos 51
3.3 Resultados 52
3.4 Discussão 58
3.5 Conclusão 60
3.6 Referências 61
4 SUPLEMENTAÇÃO DE XILANASE EM DIETAS FORMULADAS COM GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS PARA FÊMEAS SUÍNAS EM LACTAÇÃO 66
4.1 Introdução 67
4.2 Material e Métodos 68
4.2.1 Desenho experimental, instalações e dietas 69
4.2.2 Alojamento e Manejos 71
4.2.3 Desempenho zootécnico e produtivo 72
4.2.4 Digestibilidade aparente do trato total dos nutrientes e energia 72
4.2.5 Coleta e avaliação da composição físico-química do leite 73

4.2.6 Amostragem e análise de variáveis sanguíneas 73
4.2.7 Análise estatística 75
4.3 Resultados 75
4.4 Discussão 80
4.5 Conclusão 82
4.6 Referências 82

1 INTRODUÇÃO

Um dos fatores que interfere economicamente na produção de leitões está relacionado à produtividade da matriz e, por sua vez, à longevidade dentro do plantel (PAULINO, 2018). Existem diversos fatores que podem interferir negativamente no desempenho da matriz como o escore corporal na fase de lactação. Devido à grande demanda energética para a produção de leite, associada ao baixo consumo nas primeiras semanas após o parto, pode ocorrer um desgaste da condição corporal dessa fêmea (LOPES et al., 2009). Essa condição corporal prejudicada pode interferir diretamente na taxa de ovulação, diminuição na produção de leite e aumento no intervalo entre desmame/cio, entre outros indicadores zootécnicos (BOLARINWA et al., 2020**)**.

Nesse contexto, um dos maiores desafios do setor de maternidade é suprir a necessidade energética da fase lactacional da fêmea, considerando que este animal está em balanço energético negativo. O balanço energético é definido como a diferença entre a ingestão de energia proveniente da ração e a energia necessária para o desempenho animal (manutenção, crescimento e fertilidade) (LESLIE; DUFFIELD; STEPHEN, 2003).

Visando melhorar o aproveitamento dos nutrientes contidos nas rações e diminuir o custo de produção, a incorporação dietética de aditivos zootécnicos, como as enzimas exógenas, tem se destacado na suinocultura. Os ingredientes de origem vegetal comumente utilizados para a produção das rações possuem compostos antinutricionais, como por exemplo, os polissacarídeos não-amiláceos (PNAs), que não são digeridos pelos animais não ruminantes pela ausência de síntese enzimática específica (KIARIE et al., 2018). A inclusão de enzimas exógenas na dieta de suínos, como as carboidrases, pode auxiliar na degradação dos PNAs, hidrolisando as ligações glicosídicas entre as suas unidades monoméricas (MACAMBIRA et al*.,* 2021). A utilização de carboidrases como a β-mananase e a xilanase na alimentação animal pode reduzir o custo de produção, por aumentar a digestibilidade das rações (FRANZINI et al., 2022; SANCHES; KIEFER; GARCIA, 2023). Além de diminuir a concentração de fatores antinutricionais (xilanos e β-mananos) (VANGROENWEGHE; POULSEN; THAS, 2021; GENOVA et al., 2023) melhora a absorção dos nutrientes, favorecendo o desempenho zootécnico e o *status* sanitário (GENOVA et al., 2023;), reduzindo o impacto ambiental pela redução da excreção de nutrientes (RUIZ et al., 2008; DANTAS, 2020).

Diante de todos os benefícios mencionados, a suinocultura vem estudando o uso de enzimas carboidrases na alimentação dos animais, porém estudos para o segmento reprodutivo da suinocultura ainda são escassos. Dessa forma, este estudo foi conduzido com o objetivo de

avaliar o efeito das enzimas β-mananase e a xilanase sobre o desempenho zootécnico, produtivo, digestibilidade dos nutrientes, composição físico-química do leite, aspectos bioquímicos, hematológicos e *status* imunológico de matrizes lactantes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Polissacarídeos não-amiláceos (β -mananos e xilanos)

Os carboidratos podem ser divididos em não estruturais, de rápida degradação, como o amido, e em estruturais, de degradação lenta, constituindo a parede celular dos vegetais, como os polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) (DERECK, 2020). As hemiceluloses, principais PNAs das plantas (OLIVEIRA et al., 2010), são polímeros heterogêneos compostos por pentoses, como as xiloses, ou ainda por hexoses, como as manoses, entre outros açúcares. As hemiceluloses, geralmente, são classificadas em xilo-glucanas, xilanas, mananos, glucomananos e β-glucanos (SCHELLER; ULVSKOV, 2010).

As dietas a base de milho e soja possuem uma grande quantidade de PNAs (GENOVA et al., 2023). Os β-mananos são PNAs presentes nas fibras vegetais compostos por uma cadeia de manose, com ramificações laterais de galactose apresentando como principal ligação β-1-4 (HECK, 2006). Esses compostos são resistentes ao calor e apresentam maior prevalência no farelo de soja (MUHAMMAD et al., 2015). A concentração de β-mananos no farelo de soja com 48% de proteína bruta (PB) é de aproximadamente 1,3%, podendo variar conforme o percentual de PB do farelo de soja chegando até 2,22% (STEIN et al., 2016).

Os xilanos são polissacarídeos que compõem as hemiceluloses das plantas e estão localizados na parede celular dos vegetais, entre moléculas de lignina e fibras de celulose, com ligações glicosídicas β-1,4 (LEE et al., 2009), podendo chegar a 4,2% no milho (CHOCT; ANNISON, 1992).

Quimicamente, o grupo dos PNAs pode ser fracionado em uma porção solúvel e outra insolúvel, apresentando efeitos diferenciados no trato gastrointestinal dos animais (CHOCT, 2015;). A porção insolúvel é a maior fração encontrada nas dietas à base de milho e farelo de soja **(**LIU et al., 2020; AWORSKI et al., 2015). A fração solúvel é mais passível de fermentação microbiana que a insolúvel, porém possui capacidade de retenção de água o que aumenta a viscosidade e o volume da digesta, prejudicando a digestibilidade dos nutrientes (BERROCOSO et al., 2015; LI et al., 2021).

Os animais não ruminantes não sintetizam enzimas específicas para a degradação dos PNAs, devido à natureza de sua ligação (CONTE et al., 2003) ficando passíveis à fermentação a nível de intestino grosso. Entretanto, a eficiência do processo de digestão microbiana, quando comparado com a enzimática em dietas com PNAs pode ser reduzida em 25% (CONTE et al., 2003; CHOCT, 2009). Os PNAs solúveis, devido a sua capacidade de retenção de água formam

uma espécie de gel. Essa viscosidade dificulta a digestão e absorção, por interferir na difusão do substrato com a enzima, diminuir a interação dos nutrientes com os enterócitos e alterar a microbiota intestinal (CHOCT, 2009). Essa viscosidade pode ampliar a carga de patógenos e aumentar a resposta inflamatória por prejudicar a integridade e a funcionalidade da parede intestinal.

Ademais, a distensão da parede, causada pelo aumento do volume do quimo no trato digestivo, estimula a produção de colecistoquinina, hormônio que atua no controle da saciedade (STEIN et al., 2015), o que pode aumentar as perdas endógenas e, consequentemente, afetar o desempenho (AGYEKUM et al., 2015; AGYEKUM; NYACHOTI, 2017). Os efeitos negativos dos PNAs, como os ß-mananos e xilanas, estendem-se também ao sistema imunológico, no epitélio intestinal tem receptores que reconhecem os fatores antinutricionais dos polissacarídeos não amiláceos e que desencadeiam resposta imune (ARSENAULT et al., 2017). Essa resposta imune demanda energia a qual é desviada do desempenho do animal (ARSENAULT, 2017).

Em contrapartida, tem sido relacionada a presença de PNAs no trato gastrointestinal a um efeito prebiótico. A principal ação prebiótica ocorre pela ativação do metabolismo de um grupo de bactérias benéficas do trato gastrointestinal, promovendo aumento na produção de ácidos graxos de cadeia curta e melhoria na morfometria do epitélio intestinal, o que permite aumento na área absortiva intestinal e, consequentemente, melhora nos parâmetros de desempenho do animal (LI et al., 2023).

Dessa forma, os ingredientes que compõem as dietas possuem grande influência sobre a saúde do intestino dos animais, incluindo efeitos sobre a proliferação de bactérias benéficas e patogênicas (MIN OH et al., 2024). Nesse caso, a fibra alimentar é o componente da dieta com maior importância acerca desse aspecto (WENK, 2020), uma vez que seu consumo pode trazer alguns efeitos benéficos os quais podem ser comparados àqueles proporcionados pelos prebióticos comerciais, usualmente adicionados a dietas de suínos.

2.2 O uso de enzimas exógenas na nutrição de suínos

Nos últimos anos muito produtos são pesquisados decorrente da expansão do setor, na busca do aumento da produtividade e redução de custos de produção. Dentre eles estão as enzimas exógenas, usadas para aumentar a digestibilidade dos nutrientes, melhorando o desempenho zootécnico dos animais e, consequentemente, o custo de produção (ARANDA-AGUIRRE et al., 2021).

No Brasil, os aditivos zootécnicos são definidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) como substâncias utilizadas para melhorar o desempenho dos animais. Isso inclui substâncias ou microrganismos adicionados de maneira intencional que tem por função melhorar as características dos alimentos ou dos produtos animais de acordo com IN nº 44 de 15 de dezembro de 2015 (MAPA, 2015).

De maneira geral, os aditivos zootécnicos podem auxiliar os processos de digestão, favorecendo a absorção dos nutrientes, promovendo um ambiente intestinal saudável, estimulando o crescimento de bactérias benéficas e modulando a resposta imunológica dos animais (LALLEMAND; GONTIER, 2014). De acordo com Bedford (2000), o principal efeito das enzimas na alimentação de não ruminantes está em reduzir a diferença entre os alimentos, favorecendo o aproveitamento dos nutrientes que estão encapsulados na parede celular.

Dentre os aditivos zootécnicos, as enzimas são proteínas globulares com uma estrutura terciária ou quaternária que estimulam e aumentam a velocidade das reações químicas no organismo, desempenhando papel fundamental no metabolismo do animal (GOMES; CONY; STELLA, 2019). As ações das enzimas exógenas no organismo animal incluem a melhora da digestibilidade dos nutrientes, por suprir a falta de enzimas específicas e melhoram a eficiência de enzimas endógenas. Ainda, são capazes de acessar a matriz dos PNAs, removendo o efeito de encapsulamento dos nutrientes (MARTENS et al., 2020; KIARIE et al., 2021).

As enzimas exógenas não possuem função nutricional direta, mas auxiliam o processo digestivo, melhorando a disponibilidade dos nutrientes presentes na dieta (WU et al., 2021). Entretanto, muitos fatores podem interferir nos mecanismos de ação das enzimas, como o pH do trato gastrointestinal, a temperatura do processamento das rações, a quantidade de substrato, características das dietas e das enzimas, presença de coenzimas e, até mesmo, a fase em que o animal se encontra (TORRES-PITARCH et al., 2018; BEDFORD; COWIESON, 2019).

As enzimas podem ter efeito liberador de energia, mas também podem ser poupadoras de energia quando agem diminuindo o acionamento do sistema imunológico, pois a ativação do sistema imunológico requer um gasto energético, podendo consumir até 3% de energia metabolizável (DASKIRAN et al., 2004) enfatizam que as enzimas podem ser uma alternativa aos antibióticos, pois melhoram a saúde e o desempenho produtivo dos suínos por favorecerem crescimento de bactérias benéficas no intestino e por diminuírem os fatores antinutricionais das rações, sem prejuízos para a saúde do consumidor.

2.3 Enzimas carboidrases (Xilanases e β-mananase)

As enzimas são proteínas que possuem atividade catalítica, aumentando a taxa das reações químicas. As carboidrases diminuem o peso molecular de polissacarídeos em monossacarídeos (VELÁZQUEZ-DE LÚCIO et al., 2021). As carboidrases são classificadas de acordo com o substrato, dentre elas estão amilases, xilanases, β-mananases, maltases, celulase, entre outras. No caso das xilanases e β-mananases os substratos de hidrólise são os xilanos e mananos, respectivamente.

As carboidrases podem atuar na parede celular vegetal, melhorando a disponibilidade dos nutrientes como carboidratos, lipídios e proteínas que são geradores de energia e estão indisponíveis nos PNAs, eliminando o efeito de encapsulamento (CAMPBELL; BEDFORD, 1992), melhorando o acesso à matriz celular. Outras ações são relatadas como aumento da fermentação intestinal pela maior solubilização de PNAs, melhorando o aproveitamento de energia e complementação da ação de enzimas endógenas produzidas pelos animais (SAKOMURA et al., 2014; MARTENS et al., 2020). Portanto, a utilização de carboidrases permite o uso de alimentos que apresentam grandes quantidades de PNAs.

Os suínos possuem algumas limitações no aproveitamento de alimentos que possuam PNAs em sua composição (KIARIE et al., 2021), decorrentes da ausência de enzimas capazes de hidrolizar as fibras presentes na parede celular (GOMES; CONY; STLELLA, 2019). As paredes celulares são compostas por lignina e polissacarídeos como celulose e hemicelulose (RIBEIRO et al., 2020). Várias hemiceluloses constituem a parede celular, dentre elas, as xilanas e as mananas, que tem como característica a solubilidade em água, tornando a digesta mais viscosa (CHOCT, 2015). Essa viscosidade leva a alterações na morfologia e fisiologia da mucosa intestinal, pela diminuição das vilosidades intestinais alterando a taxa de passagem da digesta, causando uma redução da digestibilidade e absorção dos nutrientes (PASSOS et al., 2015; OLIVEIRA; KARLSSON, 2017).

O uso de enzimas exógenas, como as carboidrases, em rações de não ruminantes pode reduzir algumas propriedades antinutricionais dos PNAs (OLIVEIRA; COWIESON, 2011). Polissacarídeos como mananos e arabinoxilanos são considerados compostos antinutricionais por dificultarem a digestão e absorção dos alimentos (FERREIRA, C. B. et al., 2015). Com a diminuição dos fatores antinutricionais ocorre o aumento da disponibilidade de nutrientes.

Outras ações podem ser evidenciadas pelo uso de carboidrases, dentre elas a disponibilização de xilo-oligossacarídeos (açúcares) que podem ser utilizados como substrato por bactérias melhorando a ação do trato gastrointestinal. Nesse contexto, podem ser

comparados a ação de prebióticos, por beneficiarem a microbiota (BARRETO et al., 2015). A presença dos xilo-oligossacarídeos no trato gastrointestinal também pode reduzir a renovação celular promovendo maior integridade da morfologia dos enterócitos, consequentemente, promovendo a saúde intestinal (YANG et al., 2008; SOUZA et al., 2014).

Dentre as carboidrases utilizadas comercialmente na alimentação de suínos destacam-se a amilase, xilanase e ß-mananase. A β-mananase promove a hidrólise das ligações β-1,4-manano na cadeia principal de polímeros de manano (ZHANG et al., 2013), liberando cadeias lineares e ramificadas de oligossacarídeos, hidrolisando em moléculas menores de monômeros ß-manosidade e α-galactosidade (CAMPBELL 1992; VELÁZQUEZ-DE LÚCIO et al., 2021). Essa ação facilita a digestão pelas enzimas endógenas ocorrendo, assim, uma melhora na digestibilidade dos nutrientes e, consequentemente, uma melhora no desempenho zootécnico e produtivo dos animais.

Nesse contexto, Núñez et al. (2017) observaram maior digestibilidade de dietas com baixo nível de energia quando adicionado um complexo enzimático composto por β-mananase e xilanase. De acordo com Lopes et al. (2009), matrizes alimentadas com rações suplementadas com complexo enzimático contendo carboidrases com ß- mananase apresentam leitegadas mais pesadas ao desmame. Por sua vez, Oliveira e Kim (2004) observaram que a inclusão de carboidrases em dieta de fêmeas lactantes durante o primeiro parto diminuiu a perda de peso corporal e o intervalo desmame ao cio.

As xilanases podem ser produzidas por uma variedade de microrganismos, sendo as mais comuns comercialmente provenientes de bactérias ou fungos filamentosos (PETRY; PATIENCE, 2020; KAUSHAL et al., 2021). A origem da enzima pode determinar o pH e a temperatura de atuação.

As xilanas são o substrato da hidrólise da xilanase e são compostas por uma estrutura de d-xilose com ligações glicosídicas β-1,4 de forma linear ou ramificada e são frequentemente substituídas por outros monossacarídeos, compostos fenólicos e ácidos graxos de cadeia curta (LEE et al., 2009). A atuação da xilanase ocorre pela hidrólise dos xilanos quebrando em moléculas menores e fazendo a liberação dos nutrientes que estavam inacessíveis na matriz celular, promovendo uma maior eficiência das enzimas endógenas e diminuindo a viscosidade do quimo (FASIM et al., 2022), melhorando o valor nutricional de proteínas e amido dos ingredientes (ONYSKO, 1993). Essa melhora na digestibilidade reflete positivamente no desempenho zootécnico dos animais conforme demonstrado por Zhou et al. (2018) em que a adição de 200g/ton de xilanase melhorou a digestibilidade, consumo de ração e minimizou a perda de peso das matrizes suínas, porém não teve influência no desempenho do leitão e na

produção de leite das matrizes. Zhang et al. (2015) observou que houve melhora na digestibilidade ileal da matéria seca, nitrogênio e energia bruta utilizando enzimas exógenas como xilanase em dietas de matrizes em lactação e gestação.

Para que a estratégia de utilização de enzimas seja efetiva devem ser observados alguns fatores como: fontes e propriedades dos ingredientes, ressaltando a importância para o tipo e nível do substrato dos ingredientes. Além disso, a utilização de boas técnicas que garantam um bom sinergismo quando se faz associação de enzimas (LI et al., 2004; CLARKE et al., 2018). As condições do trato gastrointestinal como pH e quantidade de substrato, também interferem nos mecanismos de ação das enzimas (TANCHAROENRAT et al., 2013; ZHANG et al., 2014). O pH pode provocar desnaturação ou ainda alterar os padrões de carga dos sítios ativo ou catalítico das enzimas. A concentração do substrato pode afetar a velocidade da reação catalisada pela enzima. (CAMPESTRINE, 2005).

2.4 Uso do DDGS na alimentação de suínos

Os grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) são coprodutos da produção do etanol do milho. Esse ingrediente é uma fonte de nutrientes contendo proteínas/aminoácidos, energia, minerais, fósforo disponível, vitaminas (principalmente hidrossolúveis) e substâncias imunoestimulantes, a exemplo dos glucanos.

Importantes consumidoras de rações balanceadas, como as cadeias produtivas de aves, suínos e peixes tem demonstrado interesse em estudos sobre a viabilidade de utilização do DDGS nas dietas (SANTOS FILHO; BERTOL, 2017). Embora exista potencial nutricional desse coproduto, a forma como ocorre o processo da produção industrial do etanol pode ocasionar variabilidade de sua composição dificultanto a sua utilização nas rações de não ruminantes. Dentre os principais fatores, estão a qualidade do milho, cozimento, moagem, fermentação, grau de conversão do amido, destilação, temperatura e duração da secagem, bem como a qualidade e quantidade de solúveis adicionados (CORASSA et al., 2022).

O DDGS de alta proteína pode substituir as fontes protéicas das rações e dependendo do preço regional pode reduzir o custo da alimentação, o que onera mais custo de produção. Esses coprodutos apresentam um valor médio de energia e proteína bruta similar ao do farelo de soja, tendo como limitantes os aminoácidos triptofano, arginina e lisina (ROJAS; STEIN, 2016).

Os altos níveis de proteína bruta (285 a 368 g kg^{-1}; LI et al., 2015), fósforo (3,30 a 10,10 g kg^{-1}; LI et al., 2015) e energia metabolizável (3.445-3.609 kcal/kg; CORASSA et al.,

2017; CORASSA et al., 2019) permite o uso de DDGS em dietas para animais não ruminantes. No entanto, seu teor de fibra em detergente neutro (310 a 466 g kg $^{-1}$; LI et al., 2015) pode restringir a sua utilização em leitões em fase de creche e representar uma vantagem para as matrizes suínas em gestação. No entanto, os efeitos da inclusão de DDGS na dieta de matrizes no final da gestação suínas (WANG et al., 2013; SOTAK-PEPER et al., 2015) não foram completamente elucidados, principalmente, em relação à síntese e desempenho dos animais e índices produtivos da leitegada (CORASSA et al., 2022).

Dessa forma, possibilita-se a utilização de DDGS nas dietas de matrizes em gestação, sendo fonte de fibra que pode ser utilizada para gerar uma melhor saciedade, diminuição do estresse e melhor motilidade intestinal (CASTRO JUNIOR et al., 2005). Matrizes suínas em gestação e em lactação podem ser alimentadas com dietas contendo até 30% e 50% de DDGS, respectivamente, sem afetar negativamente o desempenho (TRAN et al., 2012).

Estudos conduzidos utilizando 20% de DDGS em dietas para matrizes lactantes, promoveram redução da ingestão de alimento na primeira semana pós-parto para aquelas que não foram adaptadas com a inclusão do coproduto na gestação. No mesmo sentido, Wu et al. (2016) conduziram um estudo para avaliar os efeitos de diversos níveis de inclusão (0, 10, 20, e 30%) de DDGS em dietas de porcas em lactação e não houve efeito sobre o consumo de ração e espessura de toucinho das porcas, mortalidade e ganho de peso dos leitões.

A digestibilidade do DDGS para suínos pode ser melhorada aplicando calor antes do processo de secagem para romper o componente de fibra alimentar (CORASSA et al., 2017). As condições ideais de pré-tratamento do milho para produção de DDGS são 140-160°C, por cerca de 20 min. No entanto, a aplicação de calor resulta em uma diminuição da qualidade da proteína. Pesquisas são necessárias para determinar os efeitos significativos do pré-tratamento no equilíbrio entre a qualidade da proteína e o valor energético do milho inteiro pré-tratado para a produção de DDGS em maior escala de produção.

2.5 Fase de lactação da fêmea suína

Mesmo com toda a pesquisa aplicada nos últimos 40 anos na suinocultura, diversos fatores ainda afetam a reprodução, tais como a nutrição podendo ocasionar baixo escore corporal retardando a puberdade, diminuição na taxa de ovulação, diminuição na produção de leite e aumento do intervalo entre desmame/cio (ROSAS, 2021). Dessa forma, melhorias no sistema de produção, focando nas fêmeas, no sentido de aumentar sua longevidade, consequentemente, sua vida produtiva deve ser priorizada (PAULINO, 2018).

O setor reprodutivo da suinocultura possui animais de alto potencial produtivo, sendo importante implementar estratégias nutricionais direcionadas a essas matrizes de alta performance a fim de não desperdiçar suas potencialidades e acarretar prejuízos (ANTUNES; CAZELLA; PIASSA, 2022). Essa atenção se traduz na necessidade de identificar e compreender os aspectos fisiológicos que caracterizam as matrizes, especialmente durante a fase de lactação (MELLAGI, 2011; CORASSA et al., 2022).

O período de lactação representa um percentual pequeno considerando toda a cadeia produtiva, porém tem grande impacto no setor. Conforme documentado por Mellagi (2011), o alto grau de catabolismo na fase de lactação reflete negativamente em vários indicadores como o intervalo desmame/cio, taxa de parição e tamanho da leitegada subsequente. Outro fator que interfere negativamente para esta fase está associado ao melhoramento genético. A busca por carcaças mais magras e melhor conversão alimentar para atender uma exigência do consumidor e das agroindústrias (LOPES, 2010; EMBRAPA, 2022) influenciou não só a condição corporal, mas também o consumo voluntário dessa fêmea em lactação. Nesse sentido, a fêmea lactante em estado de catabolismo, devido à produção de leite para uma leitegada, geralmente numerosa, apresenta consumo limitado agravando a perda de escore corporal (VASCONCELOS-FILHO et al., 2021).

Os animais necessitam atingir um consumo energético diário e constante que pode variar conforme a fase do animal. O consumo pode ser regulado de acordo com a densidade energética da ração, quanto maior a energia da ração menor o consumo do animal. Entretanto, no período de lactação ocorre o balanço energético negativo, onde a ingestão de nutrientes é menor que a exigência da fase, o que, geralmente, é compensado pela mobilização de reservas corporais (MELLAGI, 2011; VIEIRA, 2020). No período de lactação a prioridade da fêmea é a produção de leite, a qual aumenta conforme a idade e tamanho da leitegada (QUESNEL; PRUNIER, 1995; ZEPPENFELD et al., 2007). Após o desmame, as necessidades energéticas e o consumo alimentar diminuem para o nível de mantença.

Outras alterações metabólicas podem ocorrer, como, por exemplo, redução no nível de glicose devido à demanda da glândula mamária e o aumento do nível de ácidos graxos devido ao processo de catabolismo da matriz (SENS JUNIOR et al., 2023). Essas alterações ocorrem como estratégia de atendimento às necessidades nutricionais para a produção de leite (PÈRE; ETIENNE, 2007; MARTINS; HEINEN, COSTA, 2022).

Dessa forma, aprofundar o entendimento sobre as necessidades nutricionais da fêmea lactante, para que não ocorra efeitos negativos nos indicadores zootécnicos decorrentes da fase

ou ainda subsequentes, é de suma importância para garantir a longevidade dessa fêmea no plantel (PAULINO, 2018; VASCONCELOS-FILHOA et al., 2021).

2.6 Referências

AGYEKUM, A.K.; NYACHOTI, C.M. Nutritional and Metabolic Consequences of Feeding High-Fiber Diets to Swine: A Review. **Engineering**, v. 3, n. 5, p. 716-725, 2017.

ANTUNES, I.C.; CAZELLA, L.L.; PIASSA, M.M.C. Influence of management on the performance of swine sows: review article. **Annals of City Farm,** v. 1, n. 1, p. 297-305, 2022.

ARANDA-AGUIRRE, E.; ROBLES-JIMENEZ, L.E.; OSORIO-AVALOS, J.; VARGASBELLO-PÉREZ, E.; GONZALEZ-RONQUILLO, M. A systematic review on the role of exogenous enzymes on the productive performance at weaning, growing and finishing in pigs. **Veterinary and Animal Science**, v. 14, p. 100-195, 2021.

ARSENAULT, R.J., LEE, J.T., LATHAM, R., CARTER, B., & KOGUT, M.H. Alterações na resposta imune e metabólica intestinal de frangos de corte alimentados com β-mananase em dietas contendo β-manan. **Ciência Avícola,** v. 96, n. 12, p. 4307-4316, 2017.

BARRETO, A.R; RAMÍREZ-MERIDA, G.; ETCHEPARE, M.A.; JACOB-LOPES, E.; MENEZES, C.R. Materiais utilizados na microencapsulação de probióticos. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 5, p. 164-174, 2015.

BEDFORD, M.R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition – their current value and future benefits. **Animal Feed Science and Technology**, v. 86, n. 1-2, p. 1-13, 2000.

BEDFORD, M.R.; COWIESON, A.J. Matrix values for exogenous enzymes and their application in the real world. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 29, n. 1, p. 15-22, 2019.

BERROCOSO, J.D.; MENOYO, D.; GUZMÁN, P.; SALDAÑA, B.; CÁMARA, L.; MATEOS, G.G. Effects of fiber inclusion on growth performance and nutrient digestibility of piglets reared under optimal or poor hygienic conditions. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 8, p. 3919-3931, 2015.

BOLARINWA, O.A. et al. Impact of Body Condition Score on Reproductive Performance of Sows. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 33, n. 2, p. 235-242, 2020.

CAMPBELL, G.L.; BEDFORD, M.R. Enzyme applications for monogastric feeds: A review. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 72, n. 3, p. 449-466, 1992.

CAMPESTRINI, E; SILVA, V.T.M.; APPELT, M.D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2, n. 6, p. 254-267, 2005.

CASTRO JUNIOR, F.G.; CAMARGO, J.C.M.; CASTRO, A.M.M.G.; BUDIÑO, F.E.L. Fibra na alimentação de suínos. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 62, n. 3, p. 265-280, 2005.

CHOCT, M. Gerenciando a saúde intestinal através da nutrição. **Ciência Avícola Britânica,** v. 50, n. 1, p. 9-15, 2009

CHOCT, M. Feed non-starch polysaccharides for monogastric animals: classification and function. **Animal Production Science**, v. 55, n. 12, p. 1360-1366, 2015.

CHOCT, M.; ANNISON, G. Efeito antinutritivo de pentosanos de trigo em frangos de corte: papéis da viscosidade e da microflora intestinal. **Ciência Avícola Britânica,** v. 33, n. 4, p. 821-834, 1992.

CLARKE, L.C.; SWEENEY, T.; CURLEY, E.; GATH, V.; DUFFY, S.K.; VIGORS, S.; RAJAURIA, G.; DOHERTY, J.V. Effect of β-glucanase and β-xylanase enzyme supplemented barley diets on nutrient digestibility, growth performance and expression of intestinal nutrient transporter genes in finisher pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 238, p. 98–110, 2018.

CONTE, A.J.; TEIXEIRA, A.S.; FIALHO, E.T.; SCHOULTEN, N.A.; BERTECHINI, A.G. Efeito da fitase e xilanase sobre o desempenho e as características ósseas de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 32, p. 1147-1156, 2003.

CORASSA, A.; LAUTERT, I.P.A.S.; PINA, D.S.; KIEFER, C.; TON, A.P.S.; KOMIYAMA, C.M.; AMORIM, A.B.; &TEIXEIRA, A.O. Nutritional value of Brazilian distillers dried grains with solubles for pigs as determined by different methods. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 46, p. 740-746, 2017.

CORASSA, A.; STUANI, J.L.; TON, A.P.S.; KIEFER, C.; SBARDELLA, M.; BRITO, C.O.; AMORIM, A.B.;& GONÇALVES, D.B.C. Nutritional value of distillers dried grains with solubles from corn and sorghum and xylanase in diets for pigs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, e20190012, 2019.

CORASSA, A.; SILVA, L.L.; SOUZA, C.; RODRIGUES, L.J.; LEMES, G.A.; KIEFER, C.; SBARDELLA, M.; ARAÚJO, C.V.; ROTHMUND, V.L.; OLIVEIRA, A.S. Dried distillers grains with solubles in diets during late gestation affects behavior and maintains the performance of sows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 51, 2022.

DANTAS, T.A. **Uso de complexo multienzimático em dietas com grãos secos de destilaria com solúveis para suínos de crescimento e terminação**. 2020. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2020.

DASKIRAN, M.; TEETER, R.; FODGE, D. HSIAO, H. An Evaluation of Endo-ß-D-mannanase (Hemicell) Effects on Broiler Performance and Energy Use in Diets Varying in ß-mannan Content. **Poultry Science**, v. 83, p. 662-668, 2004.

DERECK, B.F.C. **Efeito de xilanase e glucanase sobre a digestibilidade de dietas contendo coproduto de etanol de milho para suínos**. 2020. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, 2020.

EMBRAPA. Manejo nutricional de matrizes suínas. **Embrapa Suínos e Aves**. 2020. Disponível em: Embrapa.

EMBRAPA. Manejo nutricional de matrizes suínas. **Embrapa Suínos e Aves**. 2022. Disponível em: Embrapa

FASIM, A.; PRAKRUTI, A.; MANJUSHREE, H.K.; AKSHAY**,** S; POORNIMA, K.; VEENA, S. M.; SUNIL, S.M. Extremophilic Fungal Xylanases: Screening, Purification, Assay, and Applications. In: Extremophilic Fungi: Ecology, Physiology and Applications. Singapore: **Springer Nature Singapore,** v.10, p. 367-393, 2022.

FENGXIA, L.; MEI, L.; ZHAOXIN, L.; XIAOMEI, B.; HAIZHEN, Z.; YI, W. Purification and characterization of xylanase from *Aspergillus ficuum* AF-98. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 13, p. 5938-5941, 2008.

FERREIRA, C. B.; GERALDO, A.; VIEIRA FILHO, J. A.; BRITO, J. Á. G. D.; BERTECHINI, A. G.; PINHEIRO, S. R. F. Associação de carboidrases e fitase em dietas valorizadas e seus efeitos sobre desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras leves. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 1, p. 249-254, 2015.

FORTES, B. D. A.; CAFE, M. B.; STRINGHINI, J. H.; BRITO, J. Á. G.; REZENDE, P. L. P.; SILVA, R. D. Avaliação de programas nutricionais com a utilização de carboidrases e fitase em rações de frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v. 13, n. 1, p. 24-32, 2012.

FRANZINI, B.D et al. Beta-glucanases e xilanases na nutrição de não ruminantes. **Veterinária e Zootecnia**, v. 29, p. 1-13, 2022.

GENOVA, J.L.; AZEVEDO, L.B.; RUPOLO, P.E.; CORDEIRO, F.B.C.; VILELA, H.L.O.; CARELI, P.S.; TOLEDO, D.C.F.; CARVALHO, S.T.; KIPPER, M.; RENNÓ, L.N.; FAVERI, J.C.; CARVALHO, P.L.O. β-mannanase supplemented in diets saved 85 to 100 kcal of metabolizable energy/kg, supporting growth performance and improving nutrient digestibility in grower pigs. **Scientific Reports**, v. 13, 12546, 2023.

GOMES, B.K.; CONY, B.S.L.; STELLA, L. Enzimas exógenas na alimentação de suínos. **Revista Eletrônica NutriTime,** v. 16, n. 03, p. 8477-8487, 2019.

KAUSHAL, J. et al. A multifaceted enzyme conspicuous in fruit juice clarification: An elaborate review on xylanase. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 193, p. 1350-1361, 2021.

KIARIE, E.G. et al. Nutritional Value of Non-Starch Polysaccharides in Swine Diets. **Journal of Animal Science**, v. 2018.

KIARIE, E.G.; STEELMANM, S.; MARTINEZ, M.; LIVINGSTON, K. Significance of single β-mannanase supplementation on performance and energy utilization in broiler chickens, 40 laying hens, turkeys, sows, and nursery-finish pigs: a meta-analysis and systematic review. **Translational Animal Science**, v. 5, n. 4, p. 1-21, 2021.

LALLEMAND, J.P.; GONTIER, K. The role of feed additives in the digestive process. **Animal Nutrition**, v. 1, n. 1, p. 9-15, 2014. DOI: 10.1016/j.aninu.2014.06.002

LEE, J.W.; PARK, J.Y.; KWON, M.; CHOI, I.G. Purification and characterization of a thermostable xylanase from the brown-rot fungus Laetiporus sulphureus. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 107, n. 1, p. 33-37, 2009.

LESLIE, K.; DUFFIELD, T.; STEPHEN, L. Monitoring and managing energy balance in the transition dairy Cow. **Journal Dairy Science**, v. 86, p. 101–107, 2003.

LI, H.; YIN, J.; TAN, B.; CHEN, J.; ZHANG, H.; LI, Z.; MA, X. Physiological function and application of dietary fiber in pig nutrition: a review. **Animal Nutrition**, v. 7, n. 2, p. 259-267, 2021.

LI, P.; LI, D.F.; ZHANG, H.Y.; LI, Z.C.; ZHAO, P.F.; ZENG, Z.K.; XU, X. AND PIAO, X.S. Determination and prediction of energy values in corn distillers dried grains with solubles sources with varying oil content for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 93, p. 3458-3470, 2015.

LI, S.; ZHENG, J.; HE, J.; LIU, H.; HUANG, Y.; HUANG, L.; WANG, K.; ZHAO, X.; FENG, B.; CHE, L.; FANG, Z.; LI, JIAN.; XU, S.; JIANG, X.; HUA, L.; ZHUO, Y.; WU, D. Dietary fiber during gestation improves lactational feed intake of sows by modulating gut microbiota. **Journal Animal Science Biotechnology,** v.14, n. 65, 2023.

LI, W.F.; FENG, J.; XU, Z.R.; YANG, C.M. Eff1ects of non-starch polysaccharides enzymes on pancreatic and small intestinal digestive enzyme activities in piglet fed diets containing high amounts of barley. **World Journal of Gastroenterology**, v. 10, n. 6, p. 856-859, 2004.

LIU, Y. et al. Insoluble dietary fiber in pig diets: Effects on growth performance and nutrient digestibility. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, 2020.

LOPES, D.C.N.; LIMA, G.J.M.M.D.; XAVIER, E.G.; BARANCELLI, R.; LAUXEN, J.A.; BRUM JÚNIOR, B.D.S.; VALENTE, B.S. Enzimas carboidrases na dieta de porcas lactantes e suas leitegadas. **Ciência Rural**, v.39, p.2578-2583, 2009.

LOPES, F. C. Efeitos da nutrição na composição da carcaça de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 39, n. 2, p. 451-459, 2010. DOI: 10.1590/S1516-35982010000200017

MACAMBIRA, G.M.; RABELLO, C.B.V.; LOPES, C.C.; SANTOS, M.J.B.; RIBEIRO, A.G.; OLIVEIRA, H.S.H.; SILVA, D.A.; SANTOS, A.C.F.; MOTA, M.A.A.; SILVA, M.F.; RODRIGUES, Z.F.; RODRIGUES, M.R.S.; FERREIRA, M.L.S.; MARINHO, J.B.M.; SILVA, G.D.; ABREU, K.L.; SILVA, J.M.S. Carboidrases exógenas e a saúde intestinal de aves. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p.489, 2021.

MAPA, Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento. **Instrução Normativa nº 44**, de 15 de dezembro de 2015.

MARTENS, B.M.; BRUININX, E.M.; GERRITS, W.J.; SCHOLS, H.A. The importance of amylase action in the porcine stomach to starch digestion kinetics. **Animal Feed Science and Technology**, v. 267, p. 114546, 2020.

MARTINS, F. R; HEINEN, R.C; COSTA, E.C.R. Importância do teste oral de tolerância à glicose para o diagnóstico da diabetes gestacional e prevenção de suas complicações para a mãe e para o feto. **Revista Multidisciplinar em Saúde**, p. 38-45, 2022.

MELLAGI, A. P. G. **Baixa produtividade em fêmeas suínas relacionada a perdas corporais na lactação**. 2011. 118 f. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

MIN OH, S.; HOSSEINDOUST, A.; HUN HA, S.; MUN, J.Y.; MOTURI, J.; TAJUDEEN, H.; CHOI, Y.H.; LEE, S.H.; KIM, J.S. Importance of dietary supplementation of soluble and insoluble fibers to sows subjected to high ambient temperatures during late gestation and effects on lactation performance, **Animal Nutrition**, v. 16, p. 73-83, 2024.

MUHAMMAD, S.; FAWWAD, A.; MANSOOR, J.; SHAHBAZ, A. Effect of β-mannanase on broiler's performance. **Scholarly Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, n. 7, p. 237-246, 2015.

NÚÑEZ, A. et al. Effects of enzyme supplementation on the performance of pigs fed low-energy diets. **Animal Nutrition**, v. 3, n. 3, p. 239-245, 2017.

OLIVEIRA, A.; KARLSSON, E.N. Structural considerations on the use of endo-xylanases for the production of prebiotic xylooligosaccharides from biomass. **Current Protein Peptide Science,** v. 16, n. 2, p. 48–67, 2017.

OLIVEIRA, E.E.; SILVA, E.E.; JUNIOR, T.N.; GOMES, M.C.; AGUIAR, L.M.; MARCELINO, H.R.; ARAÚJO, I.B.; BAYER, M.P.; RICARDO, N.M.; OLIVEIRA, A.G.; EGITO, E.S. Xylan from corn cobs, a promising polymer for drug delivery: Production and characterization. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 14. p. 5402–5406, 2010.

OLIVEIRA, F.; KIM, S.W. Effects of carbohydrase supplement on the lactation performance of gilts fed a diet based on corn and soybean meal. **Revista Asiática-Australasiática de Ciências Animais**, v. 17, n. 4, p. 533-537, 2004.

OLIVEIRA, O.; COWIESON, A.J.; BOARDED-INVITED Review: BOARD-INVITED REVIEW: opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. **Journal Animal Science**, v.89, p.3189–3218, 2011.

ONYSKO, K.A. Biological bleaching of chemical pulps: a review. **Biotechnology Advances**, v. 11, n. 2, p. 179-198, 1993.

PASSOS, A.A.; OLIVEIRA, I.; PEREIRA, P.; OLIVEIRA, E.; KIM, S.W. Effect of dietary xylanase supplementation on apparent ileal digestibility of nutrients, digest viscosity and intestinal morphology of growing pigs fed a diet based on corn and soybean meal. **Animal***,* v. 1, n. 19, p*.* 19–23, 2015.

PAULINO, J.P. **Causas de descarte em fêmeas de acordo com a ordem de parição.** Universidade federal de Uberlândia. Faculdade de medicina veterinária. Uberlândia - MG, 2018.

PÈRE, M.C.; ETIENNE, M. Insulin sensitivity during pregnancy, lactation, and postweaning in primiparous gilts. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 101-110, 2007.

PETRY, A.L.; PATIENCE, J.F. Xylanase supplementation in corn-based swine diets: a review with emphasis on potential mechanisms of action. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 11, 2020.

QUESNEL, H.; PRUNIER, A. Endocrine bases of lactational anoestrus in the sow. **Reprodution and Nutrition Development**, v. 35, p. 395-414, 1995.

RIBEIRO, P.U.; OLIVEIRA, A.A.; RIBEIRO, M.S.A.; OLIVEIRA, R.; DILGER, R.N. The role of xylan and mannan oligosaccharides and polysaccharides in the intestinal health of monogastric animals. **Journal Nutritian***,* v. 9, p. 1–9, 2020.

ROJAS, O.J.; STEIN, H.H. Nutritional value of coproduced feedstuffs from ethanol production. **Animal Feed Science and Technology**, v. 220, n. 99-112, 2016. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2016.08.005

ROSAS, M. Impacto da nutrição na reprodução de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 50, e20210121, 2021. DOI: 10.37496/rbz50e20210121

RUIZ, U.D.S.; THOMAZ, M.C.; HANNAS, M.I.; FRAGA, A.L.; WATANABE, P.H.; SILVA, S.Z.D. Complexo enzimático para suínos: digestão, metabolismo, desempenho e impacto ambiental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 458-468, 2008.

SAKOMURA, N.K.; DA SILVA, H.V.; COSTA, G.P.C.; FERNANDES, J.B.K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep, p. 678, 2014.

SANCHES, D.S.; KIEFER, C.; GARCIA, E.R. de M. Dietas alternativas para aves e suínos: uma breve revisão. **Revista Eletrônica Multidisciplinar de Investigação Científica**, v. 2, n. 1, p.1-11, 2023.

SANTOS FILHO, J.I.; BERTOL, T.M. Determinação do preço de venda do DDGS para a suinocultura. In: **Salão Internacional de Avicultura e Suinocultura**, 2017, São Paulo. Anais: trabalhos científicos: nutrição. São Paulo: ABPA, p. 176-180, 2017.

SCHELLER, H.V.; ULVSKOV, P. Hemicelluloses. **Annual Review of Plant Biology**, v. 61, p. 263-289, 2010.

SENS JUNIOR, V.L.; ROSA, E.R.; FAGUNDES, D.P.; PERIPOLLI, V.; ULGUIM, R.R.; SIQUEIRA, B.P.; MESSIAS, H.S.; BORTOLOZZO, F.P.; BIANCHI, I. Fatores de risco associados à natimortalidade em fêmeas suínas. **Ciência Rural**, v. 53, 2023.

SOTAK-PEPER, K.M.; GOODBAND, R.D.; TOKACH, M.D.; DRITZ, S.S.; DEROUCHEY, J.M.; & NELSSEN, J.L. The effects of corn- or sorghum-based diets with or without sorghum dried distillers grains with solubles on lactating- sow and litter performance. **The Professional Animal Scientist**, v. 31, p. 185-190, 2015.

SOUZA, K.M.R.; FARIA, D.E.; ARAÚJO, R.B.; SAKAMOTO, M.I.; SANTOS, T.T.; KIKUCHI, C.G.; NAKASHIMA, D.T.; CAETANO, V.C. Performance and morphometry of the intestinal mucosa of laying hens fed diets containing xylanase. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 16, n. 3, p. 241-247, 2014.

STEIN, H.H. et al. Gastrointestinal physiology of pigs: Implications for nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, 2015.

STEIN, H. H. et al. Nutritional and metabolic characteristics of soybean meal. **Animal Feed Science and Technology**, 2016.

TANCHAROENRAT, P.; RAVINDRAN, V.; ZAEFARIAN, F.; RAVINDRAN, G. Influence of age on the apparent metabolisable energy and total tract apparent fat digestibility of

different fat sources for broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 186, n. 3-4, p. 186-192, 2013.

TORRES-PITARCH, A.; MANZANILLA, E.G.; GARDINER, G.E.; O'DOHERTY, J.V.; LAWLOR, P.G. Systematic review and meta-analysis of the effect of feed enzymes on growth and nutrient digestibility in grow-finisher pigs: effect of enzyme type and cereal source. **Animal Feed Science and Technology**, v. 251, p. 153-165, 2018.

TRAN, H.; MORENO, R.; HINKLE. E.E.; BUNDY, J.W.; WALTER, J. BURLEY, T.E.; MILLER, P.S. Effect of corn distillers dried grains with solubles growth performance and health status indicators in weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, n. 3, p. 790-801, 2012.

VANGROENWEGHE, F.; POULSEN, K.; THAS, O. Supplementation of a beta-mannanase enzyme reduces post-weaning diarrhea and antibiotic use in piglets on an alternative diet with additional soybean meal. **Academic Bibliography**, v. 7, p. 1-7, 2021.

VASCONCELOS-FILHOA, P.T.; COSTA, H.H.A.; VEGA, W.H.O.; SOUSA, L.C.O.; PARENTE, M.O.M.; LANDIM, A.V. Effects of dietary energy content and source using by-products on carcass and meat quality traits of cull ewes. **Animal,** v. 15, n. 1, p. 100035, 2021.

VELÁZQUEZ-DE LUCIO, B.S.; HERNÁNDEZ-DOMÍNGUEZ, E.M.; VILLA-GARCÍA, M.; DÍAZ-GODÍNEZ, G.; MANDUJANO-GONZALEZ, V.; MENDOZA-MENDOZA, B.; ÁLVAREZ-CERVANTES, J. Exogenous Enzymes as Zootechnical Additives in Animal Feed: A Review. **Catalysts,** v. 11, n. 7, p. 851, 2021

VIEIRA, E. H.M. Dietary supplementation of sodium butyrate for mixed-parity sows during lactation. **Livestock Science**, v. 232, p. 103915, 2020.

WANG, L.S.; SU, B.C.; SHI, Z.; SHI, B.M.; & SHAN, A.S. Dietary supplementation with maize distillers dried grains with solubles during late gestation and lactation: effects on sow and litter performance, and on colostrum and milk composition. **Animal Feed Science and Technology**, v. 179, p. 149-153, 2013.

WENK, C. The role of dietary fiber in pig nutrition. **Journal of Animal Feed Science and Technology**, 2020.

WU, F.; JOHNSTON, L.J.; URRIOLA, P.E.; HILBRANDS, A.M.; SHURSON, G.C. Evaluation of me predictions and the impact of feeding maize distillers dried grains with solubles with variable oil content on growth performance, carcass composition, and pork fat quality of growing-finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology,** v. 213, p. 128-141, 2016.

WU, X.; YIN, S.; CHENG, C.; XU, C.; PENG, J. Inclusion of soluble fiber during gestation regulates gut microbiota, improves bile acid homeostasis, and enhances the reproductive performance of sows. **Front Veterinary Science**, v. 8, 2021.

YANG, Y.; IJI, P.A.; KOCHER, A.; MIKKELSEN, L.L.; CHOCT, M. Effects of xylanase on growth and gut development of broiler chickens given a wheat-based diet. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v. 21, n. 11, p. 1659-1664, 2008.

ZHANG, J. et al. Effects of exogenous enzymes on nutrient digestibility in sows and their offspring. **Animal Feed Science and Technology**, v. 203, p. 1-9, 2015.

ZHANG, X. et al. Effects of β-mannanase supplementation on performance and nutrient digestibility in pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 182, n. 1-4, p. 40-48, 2013.

ZEPPENFELD, C.C. et al. Produção e composição do leite ovino durante as sete primeiras semanas de lactação. **Zootecnia Tropical**, v. 25, n. 2, p. 77-81, 2007.

ZHOU, P., NUNTAPAITOON, M., PEDERSEN, T.F., BRUUN, T.S., FISKER, B., THEIL, P.K. Efeitos da suplementação com xilanase monocomponente sobre a digestibilidade de nutrientes e o desempenho de porcas em lactação alimentadas com dieta moída grosseiramente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 96, n. 1, p. 181-193, 2018.

3 SUPLEMENTAÇÃO DE B-MANANASE EM DIETAS DE MATRIZES SUÍNAS LACTANTES E SUAS LEITEGADAS

RESUMO: Foram investigados os efeitos da suplementação de β-mananase em dietas contendo xilanase com redução de energia metabolizável (EM) sobre o desempenho zootécnico e reprodutivo, composição química do leite, digestibilidade aparente de nutrientes e energia, perfil bioquímico, hematológico e imunológico sanguíneos de porcas. Um total de 60 matrizes Agroceres PIC (248,4 ± 2,4 kg) foram alocadas em um delineamento de blocos casualizados dentro de três tratamentos dietéticos: (1) dieta contendo somente xilanase valorizada em 40 kcal de EM/kg (control, DC0); (2) DC0 + β-mananase (0,3 g kg^{-1} com valorização de 45 kcal de EM/kg) (DC85) e (3) DC0 + β-mananase (0,3 g kg^{-1} com valorização de 60 kcal de EM/kg) (DC100). A redução de EM (redução da inclusão de óleo de soja) nas dietas DC0, DC85 e DC100 foi baseada em uma exigência de 3.400 kcal/kg, formuladas para terem 3.360, 3.315 e 3.300 kcal/kg de dieta, respectivamente. As porcas alimentadas com a dieta DC85 apresentaram maior PCF que àquelas alimentadas com DC100, enquanto as fêmeas suínas que consumiram a dieta DC0 tiveram resultados intermediários. Ademais, as porcas alimentadas com a dieta DC100 apresentaram maior PPC comparadas àquelas com DC85, enquanto as porcas alimentadas com DC0 obtiveram resultados intermediários. Independentemente da valorização energética nas dietas, as porcas alimentadas com as dietas contendo a suplementação de β-mananase apresentaram maior proteína digestível comparadas as alimentadas com DC0. O valor médio de matéria orgânica digestível foi maior em porcas alimentadas com a dieta DC85, comparadas ao grupo DC100, enquanto as porcas alimentadas com a dieta DC0 tiveram resultados intermediários. Ainda, os valores de energia digestível dos grupos alimentados com as dietas DC85 ou DC0 foram superiores ao grupo que recebeu a dieta DC10. O leite proveniente de porcas alimentadas com a dieta DC0 apresentou maior percentual de lactose e total de sólidos desengordurado comparado ao leite proveniente das porcas alimentadas com a dieta DC85, mas as porcas alimentadas com a dieta DC100 tiveram resultados intermediários. O valor de concentração de globulina foi superior em porcas alimentadas com a dieta DC0 quando comparado àquelas que receberam a dieta DC100, enquanto as porcas do grupo DC85 mostraram resultados intermediários. Com relação ao perfil hematológico sanguíneo, um aumento da concentração de hemoglobina corpuscular média foi observado em porcas nas matrizes alimentadas com a dieta DC85 comparadas às demais. Além disso, as fêmeas alimentadas com a dieta DC100 apresentaram maior percentual de eosinófilos que as demais. Houve efeito de tratamento dietético na concentração de IgG, em que as porcas as quais

receberam a dieta DC100 tiveram concentrações superiores em comparação às demais. Não houve diferença de tratamento dietético na concentração de insulina e de imunoglobulina M. Em conclusão, a suplementação de β-mananase em dietas contendo xilanase permite reduzir 85 kcal de EM/kg pela melhora na condição corporal da matrizes e na digestibilidade de energia, sem comprometer o perfil sanguíneo, composição de leite e desempenho de suas leitegadas.

Palavras-chave: desempenho, digestibilidade; carboidrases; porcas, valorização de energia.

Abstract: The effects of β-mannanase supplementation in diets containing xylanase with reduced metabolizable energy (ME) on zootechnical and reproductive performance, milk chemical composition, apparent digestibility of nutrients and energy, and blood biochemical, hematological and immunological profiles of sows were investigated. A total of 60 Agroceres PIC sows (248.4 ± 2.4 kg) were allocated in a randomized block design into three dietary treatments: (1) diet containing only xylanase valued at 40 kcal of ME/kg (control, DC0); (2) DC0 + β-mannanase (0.3 g kg-1 with valorization of 45 kcal of ME/kg) (DC85); and (3) DC0 + β-mannanase (0.3 g kg-1 with valorization of 60 kcal of ME/kg) (DC100). The reduction of ME (reduction of soybean oil inclusion) in the DC0, DC85 and DC100 diets was based on a requirement of 3,400 kcal/kg, formulated to have 3,360, 3,315 and 3,300 kcal/kg of diet, respectively. Sows fed the DC85 diet had higher PCF than those fed DC100, while sows fed the DC0 diet had intermediate results. In addition, sows fed the DC100 diet had higher PPC compared to those fed DC85, while sows fed DC0 had intermediate results. Regardless of the energy valorization in the diets, sows fed diets containing β-mannanase supplementation had higher digestible protein compared to those fed DC0. The mean value of digestible organic matter was higher in sows fed the DC85 diet compared to the DC100 group, while sows fed the DC0 diet had intermediate results. In addition, the digestible energy values of the groups fed the DC85 or DC0 diets were higher than those of the group fed the DC10 diet. Milk from sows fed the DC0 diet had a higher percentage of lactose and total defatted solids compared to milk from sows fed the DC85 diet, but sows fed the DC100 diet had intermediate results. The globulin concentration value was higher in sows fed the DC0 diet when compared to those fed the DC100 diet, while those in the DC85 group showed intermediate results. Regarding the blood hematological profile, an increase in the mean corpuscular hemoglobin concentration was observed in sows in sows fed the DC85 diet compared to the others. In addition, females fed the DC100 diet had a higher percentage of eosinophils than the others. There was an effect of dietary treatment on IgG concentration, in which sows fed the DC100 diet had higher

concentrations compared to the others. There was no difference in dietary treatment in insulin and immunoglobulin M concentrations. In conclusion, β-mannanase supplementation in diets containing xylanase allows a reduction of 85 kcal of ME/kg by improving the body condition of sows and energy digestibility, without compromising the blood profile, milk composition and performance of their litters.

Keywords: milk composition, performance, digestibility; carbohydrases; blood.

3.1 Introdução

Um dos maiores desafios da suinocultura é manter a condição corporal de porcas lactantes, pois estas passam por alterações metabólicas significativas durante o período de lactação. Por exemplo, há um aumento das necessidades energéticas devido à produção do leite, o que pode ocasionar a mobilização das reservas corporais (COZANNET et al., 2018), consequentemente, perda de peso corporal (PEDERSEN et al., 2019). Essa condição corporal prejudicada da fêmea pode interferir na produção de leite e refletir em menor ganho de peso da leitegada, bem como afetar negativamente no desempenho reprodutivo do ciclo subsequente (WILLIAMS, 1998). Anteriormente, tal fator foi relacionado ao desgaste da condição corporal devido ao baixo consumo de ração na primeira semana de lactação (HAUPTLI; LOVATTO, 2006). Nesse sentido, a menor ingestão de alimento nas primeiras semanas está associada ao estresse pós-parto, alimentação excessiva durante o período gestacional e à capacidade do trato gastrointestinal limitada (WELDON et al.,1994; TROTTIER; JOHNSTON, 2001). Os estudos envolvendo porcas foram intensificados por outras questões, como o aumento da prolificidade das porcas, o que gerou um aumento das necessidades nutricionais (EISSEN et al., 2003). Somado a esses fatores, houve, ainda, seleção para menor deposição de gordura e melhores indicadores de conversão alimentar, direcionando os esforços do melhoramento genético, para obtenção de porcas com menor apetite (WILLIAMS, 1998).

Os suínos não possuem a capacidade de digerir polissacarídeos não-amiláceos (PNA) e, portanto, a suplementação de enzimas exógenas em dietas para porcas em lactação pode melhorar o desempenho zootécnico e reprodutivo, evitando o desgaste corporal excessivo devido à maior digestibilidade dos nutrientes e redução dos efeitos negativos dos compostos antinutricionais presentes nos ingredientes das rações (BACH KNUDSEN; JØRGENSEN, 2001). Por exemplo, a presença de PNA pode aumentar a capacidade de retenção de água e a

viscosidade da digesta, prolongando o tempo de trânsito alimentar e reduzindo a superfície de contato entre enzimas e nutrientes (ZHE et al., 2022), isso influencia negativamente na digestibilidade de nutrientes e energia. Uma estratégia utilizada com o intuito de assegurar o máximo aproveitamento dos nutrientes das dietas pelas porcas é a utilização de enzimas exógenas (ARANDA-AGUIRRE et al., 2021; KPOGO et al., 2021).

Estudos envolvendo o uso de enzimas exógenas como a β-mananase e a xilanase em dietas de porcas lactantes tem sido limitado, ademais, a dose da enzima (por exemplo, carboidrases) e a composição da dieta influenciam na variabilidade dos resultados (ARANDA-AGUIRRE et al., 2021). Além disso, diversas condições como a fase do animal, a variação de pH, a presença de coenzimas e as condições de manejo inadequadas também podem atenuar ou anular os efeitos das enzimas (ZHANG et al., 2014; JOHNSON; STEIN, 2016; JENSEN; ANDERSON, 2017; ADAMS; JOHNSON, 2018; HTOO; LEE, 2020).

A β-mananase e a xilanase hidrolisam os PNA presentes na parede celular das plantas (MUHAMMAD et al., 2015; BORTOLUZZI et al., 2020). Esses PNA (por exemplo, β-mananos e os xilanos) são considerados fatores antinutricionais pois não são digeridos por enzimas endógenas, comprometendo o uso de nutrientes e o metabolismo energético em animais não ruminantes (KIARIE et al., 2013; VANGROENWEGHE; POULSEN, THAS, 2021).

Nesse sentido, estudos com a suplementação de carboidrases em dietas para porcas mostraram efeito na digestibilidade de proteína, matéria orgânica e energia digestível. Essa melhora na digestibilidade refletiu positivamente no desempenho zootécnico das porcas, conforme relatado por Zhou et al. (2018), em que a adição de 200g de xilanase/t melhorou a digestibilidade, o consumo de ração e minimizou a perda de peso das porcas, sem influenciar no desempenho do leitão e na produção de leite das porcas. Outros estudos não observaram prejuízos para os parâmetros bioquímicos e hematológicos sanguíneos (SMITH et al., 2023; JOHNSON et al., 2022; WILLIAMS et al., 2024), composição do leite (LIU et al., 2021) e desempenho do leitão (LIU et al., 2022).

Nesse contexto, a suplementação de β-mananase melhora a digestibilidade dos nutrientes, reduzindo os efeitos antinutricionais causados pela presença de β-mananos na dieta, favorecendo o desempenho dos animais além de minimizar a excreção de nutrientes (MUHAMMAD et al., 2015; SAEED et al., 2019; ARANDA-AGUIRRE et al., 2021). Bruder et al. (2019) avaliaram o efeito da suplementação de β-mananase em dietas para porcas lactantes e observaram maior espessura de gordura dorsal ao desmame. Por sua vez, Vangroenweghe, Poulsen e Thas (2021) observaram que a suplementação de β-mananase melhorou o

desempenho em suínos de crescimento. A ação da xilanase no organismo animal também libera nutrientes e diminui a viscosidade do trato digestório (YANG et al., 2017).

Nesse sentido, um estudo foi conduzido baseado na hipótese de que a suplementação de enzimas carboidrases permitiria reduzir a exigência de EM em dietas, por melhorar a utilização dos nutrientes e energia e, consequentemente, apoiaria o desempenho possibilitando uma melhor condição corporal da fêmea lactante. Portanto, foi investigado os efeitos da suplementação de β-mananase em dietas contendo xilanase com redução de energia metabolizável (EM) sobre o desempenho zootécnico e produtivo, composição química do leite, digestibilidade aparente de nutrientes e energia, perfil bioquímico, hematológico e imunológico sanguíneos de porcas.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em uma granja comercial (Toledo, PR, Brasil), com porcas lactantes provenientes da unidade de produção de leitões desmamados. O protocolo do experimento foi aprovado pelo Comitê de Uso Animal da Universidade (nº 17-2022).

3.2.1 Animais, delineamento experimental, instalações, e dietas

Um total de 60 porcas de linhagem comercial (Landrace × Large White, Agroceres PIC®), pesando 248,4 ± 2,4 kg, foram selecionadas aleatoriamente, designadas em um delineamento de blocos casualizados completos, dentro de três tratamentos dietéticos e 20 repetições por tratamento, com uma matriz por baia como a unidade experimental. As porcas foram classificadas de acordo com o seu peso corporal como leves, médias ou pesadas e em ordem de parto em três grupos: P1, primíparas (13 porcas); P2, porcas com dois ou três partos (29 porcas); e P3, porcas com quatro ou cinco partos (18 porcas). A ordem de parição média das porcas designadas para cada tratamento foi de 2,8, 2,6 e 2,7 parições para os grupos alimentados com CD40, CD85 e CD100, respectivamente.

As instalações eram de alvenaria, dispondo de celas parideiras, compostas por uma gaiola metálica (3,84 m²) com piso metálico vazado, barras de proteção para os leitões (2,4 m de comprimento × 1,60 m de largura × 1,30 m de altura), comedouro frontal em inox, comedouro auxiliar para leitões em inox, bebedouros tipo chupeta fixos para as porcas e para os leitões, e escamoteador (0,98 m de comprimento × 0,68 m de largura × 0,66 de altura) contendo piso aquecido para manter o conforto térmico entre 28°C e 32°C para a leitegada. Os

leitões eram direcionados para o escamoteador antes de cada refeição da matriz com o objetivo de evitar o esmagamento.

A temperatura do ambiente do galpão foi registrada usando um *datalloger* (Vketech, modelo *temperature instruments*) instalado no centro do galpão. O controle de temperatura e ventilação no interior da instalação foi realizado com o auxílio de cortinas e sistema de ventilação forçada, que consiste em placas evaporativas e ductos que reduzem a temperatura do ar.

O fornecimento das dietas experimentais iniciou uma vez ao dia (2 kg de ração por animal) durante o período pré-parto (cinco dias antes do parto) com as porcas alojadas na maternidade. No dia previsto para o parto, as porcas não foram arraçoadas mantendo somente água *ad libitum*, a fim de reduzir os problemas durante a parição. Após o parto, as porcas matrizes receberam ração *ad libitum*.

As dietas foram formuladas à base de milho e farelo de soja, suplementadas com aminoácidos industriais de acordo com as exigências nutricionais propostas por Rostagno et al. (2017) (Tabela 1). Todas as dietas foram fornecidas na forma farelada com variações apenas para os teores de energia (inclusão de óleo de soja) e inerte entre os tratamentos. Os tratamentos dietéticos consistiram em: (1) dieta controle contendo xilanase valorizada em 40 kcal de EM/kg (DC0) sem adição de β-mananase; (2) DC+β-mananase (0,3 g/kg valorizada em 45 kcal de EM/kg) (DC85); (3) DC+β-mananase (3 g/kg valorizada em 60 kcal de EM/kg) (DC100).

Tabela 1. Composição das dietas fornecidas para porcas lactantes (como base alimentada, %)

Ingredientes	Tratamentos dietéticos[2]		
	DC0	DC85	DC100
Milho moído, 7,86% PB	55,43	55,43	55,43
Farelo de soja, 45,4% PB	27,24	27,24	27,24
Soja integral desativada, 39% PB	6,00	6,00	6,00
Açúcar de cozinha	3,00	3,00	3,00
Óleo de soja degomado	2,96	2,42	2,24
Farinha de peixe, 65% PB	2,00	2,00	2,00
Fosfato bicálcico	1,61	1,61	1,61
Calcário calcítico	0,45	0,45	0,45
NaCl	0,44	0,44	0,44
Suplemento mineral e vitamínico[1]	0,03	0,03	0,03
Inerte (caulim)	-	0,51	0,61
Adsorvente (Mycofix®)	0,20	0,20	0,20
L-lisina Hcl, 98%	0,17	0,17	0,17
DL-metionina, 99,5%	0,05	0,05	0,05

L-treonina, 96,8%	0,06	0,06	0,06
L-triptofano, 99%	0,01	0,01	0,01
L-valina, 95,5%	0,05	0,05	0,05
β-mananase	-	0,03	0,03
Composição calculada			
Energia metabolizável, kcal kg^{-1}	3,360	3315	3,300
Proteína bruta, %	20,50	20,50	20,50
P disponível, %	0,43	0,43	0,43
Cálcio total, %	0,80	0,80	0,80
Sódio total, %	0,20	0,20	0,20
Fibra bruta, %	2,99	2,99	2,99
Amido, %	34,21	34,21	34,21
Lisina digestível, %	1,08	1,08	1,08
Met+ cisteína digestível, %	0,60	0,60	0,60
Treonina digestível, %	0,70	0,70	0,70
Triptofano digestível, %	0,24	0,24	0,24
Valina digestível, %	0,89	0,89	0,89

[1]Quantidade por kg de dieta: vitamina A, 399,9 UI/kg; vitamina D_3, 0,075 UI/kg; vitamina E, 0,999 UI/kg; vitamina K $0_{,3}$,0,0927 mg/kg; vitamina B_1, 0,0498 mg/kg; vitamina B_2, 0,18 mg/kg; vitamina B_6, 0,0498 mg/kg; vitamina B_{12}, 1,449 mg/kg; niacina, 1,413 mg/kg; ácido pantatênico, 0,465 mg/kg;, ácido fólico, 0,0462 mg/kg; biotina, 0,0099 mg/kg; zinco, 0,00703 g/kg; manganês, 0,00302 mg/kg; ferro, 0,00405 g/kg; cobre, 0,81 mg/kg; iodo, 0,0897 mg/kg; selênio, 0,0303 mg/kg; xilanase, 333,33 U/g.

[2](1) dieta contendo xilanase valorizada em 40 kcal de EM/kg (control, DC0); (2) DC+β-mananase (0,3 g/kg valorizada em 45 kcal de EM/kg) (DC85); (3) DC+β-mananase (0,3 g/kg valorizada em 60 kcal de EM/kg) (DC100).

A enzima β-mananase (β-mananase Health, Inc., São Paulo, SP, Brasil; número de registro SP-59122 30011, Hemicell®) era um produto da fermentação da bactéria *Paenibacillus lentus* com atividade de 160.000 U/g. Uma unidade de β-mananase considera a quantidade de enzima que libera 0,72 mcg de açúcares redutores (concentração de mananas de 88%) a 40°C e pH 7,5. A xilanase (Sunhy Biology Co., Ltda, Wuhan, HB, China; número de registro PR-08978 03462) foi obtida do *Trichoderma longibrachiatum* com uma atividade enzimática de 10.000 U/g. Uma unidade de xilanase refere-se à quantidade de enzima capaz de liberar 1 micromol de açúcar redutor de uma solução de xilana (5 mg/mL) a 37°C com pH 5,5

3.2.2 Alojamento e manejos

Aos 110 dias de gestação, as porcas foram pesadas (Lider®, ATS2016-PRO, cidade, estado, país) e alojadas na maternidade. A transferência das porcas foi realizada no período da manhã, utilizando tábua de manejo e todas as técnicas de bem-estar para evitar estresse aos animais. As porcas foram alojadas em gaiolas parideiras individuais permanecendo por um período de 26 dias (cinco dias de aclimatação mais 21 dias de lactação). Após serem alojadas

nas celas da materinidade, a profundidade de lombo e a espessura de toucinho foram mensuradas. Os animais foram avaliados individualmente no início e no final da fase lactacional, utilizando aparelho de ultrassom Aloka (modelo Echo Camera, SSD-500, Tokyo, Japão). A sonda foi posicionada no ponto P242, localizado a 65 mm da linha média dorsal, ao nível da última costela (região lombar), equipado com transdutor linear de 15 cm e operação em frequência de 3,5 MHz. Uma quantidade (45 mL) de óleo vegetal foi utilizada como meio condutor para a ligação entre a pele e o transdutor

No dia do parto, logo após o nascimento, os leitões foram secos com pó secante (Sanex®, Curitiba, PR, Brasil). O produto foi aplicado manualmente na quantidade de 20 g a 50 g por leitão recém-nascido. Na sequência, realizou-se o curativo do umbigo com solução hidroalcóolica glicerinada contendo 2,5 g de iodo a cada 100 mL. Após os primeiros cuidados com os leitões, foi realizado a pesagem individual e de toda a leitegada (balança Digi-Tron, ULB-3000, Curitiba, PR, Brasil) e a ingestão de colostro.

Após três dias de vida dos leitões foi aplicado ferro dextrano (1 mL por leitão) e realizado o corte da cauda. A técnica de manejo *cross-fostering* foi realizada até o 3º dia de vida dos leitões para garantir a funcionalidade dos tetos das porcas. Essa equalização foi realizada dentro do mesmo tratamento, respeitanto o número de tetos das porcas. O fornecimento de ração comercial para os leitões iniciou a partir do 5º dia de vida até o desmame (21 dias de idade).

3.2.3 Desempenho zootécnico e reprodutivo

O fornecimento de ração foi contabilizado no início e ao final do experimento. As sobras e os desperdícios no piso e no comedouro de cada baia foram coletados manualmente, diariamente e contabilizados ao final.

O desempenho zootécnico e reprodutivo dos animais foi monitorado pelo consumo de ração diário médio (CRDM), peso corporal inicial (PCI), peso corporal final (PCF), perda de peso corporal (PPC), espessura de toucinho inicial (ETI), espessura de toucinho final (ETF), profundidade de lombo inicial (PLI), profundidade de lombo final (PLF) e eficiência alimentar (EA).

Ainda, o número de leitões nascidos vivos (NLNV), peso médio inicial da leitegada (PMIL), peso médio final da leitegada (PMFL), peso médio inicial de cada leitão (PMI), peso médio final de cada leitão (PMF), número de leitões desmamados (NLD), ganho de peso médio diário de cada leitão (GPD), ganho de peso diário do leitão (GPD) foram determinados.

3.2.4 Digestibilidade aparente do trato total dos nutrientes e energia

O indicador cinza insolúvel em ácido (CIA, celite®) foi adicionado às dietas (10 g/kg) aos 18 dias de lactação. As dietas contendo o indicador foram fornecidas durante três dias. No 4º dia foi realizada a coleta parcial de fezes, por oito horas ininterruptas, conforme a metodologia adaptada de Kavanagh et al. (2001).

Em seguida, as amostras de fezes foram encaminhadas ao laboratório. As amostras fecais de cada matrizes foram homogeneizadas, pesadas (110 g cada) em duplicata técnica em balança (Bel engineering, modelo M4102, Monza, Itália) e secas em estufa de ventilação forçada a 55°C (Tecnal, modelo 394/2, Piracicaba, SP, Brasil), por um período de 72 h (SILVA; QUEIROZ, 2002). Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho tipo micropulverizador (R-TE-350; Tecnal Equipamento Científico, Piracicaba, SP, Brasil) e armazenadas em potes plásticos de polietileno identificados até as análises laboratoriais.

A composição bromatológica das dietas e fezes coletadas foi realizada de acordo com as metodologias descritas pela AOAC (2006), como análise de matéria seca (método 930.15), matéria mineral (método 942.05), proteína bruta (método 984.13) e extrato etéreo (método 920.85). As análises de energia bruta das dietas e fezes foram realizadas utilizando uma bomba calorimétrica (IKA®, modelo C200, Wilmington, NC, USA). A análise de CIA foi realizada por digestão com ácido clorídrico (1:1, água destilada:HCl), seguindo os procedimentos adaptados de Kavanagh et al. (2001).

Com base nos valores brutos das análises, os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (CDAMS), da matéria orgânica (CDAMO), da proteína bruta (CDAPB) e da energia bruta (CDAEB) foram calculados. De posse dos valores dos CDA, os valores digestíveis de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína (PD) e energia (ED) foram calculados de acordo com Sakomura e Rostagno (2016).

3.2.5 Amostragem e avaliação da composição química do leite

Após a aplicação de 5 mL de ocitocina (Ocitovet, Ceva®, Paulínia, SP, Brasil) via intramuscular, um total de 40 mL de leite foram coletados aos 18 dias de lactação, considerado o pico de lactação (HURLEY, 2015). A ordenha foi realizada de maneira manual do *pool* de tetas funcionais de cada fêmea. As amostras coletadas foram homogeneizadas e armazenadas em recipientes estéreis, em duplicatas técnicas. As análises de composição do leite foram realizadas usando o aparelho analisador de leite (Tex Tech, modelo Milkoscope Expert

Automatic, Cataguases, MG, Brasil) para determinação dos teores de gordura (%), densidade (kg/m³), lactose (%), proteína (%), cinzas e total de sólidos totais desengordurado (%). A produção de leite (PL, kg/dia) foi calculada com base no ganho de peso diário da leitegada (GPDL) e no número de leitões desmamados (NLD) durante a lactação, conforme equação descrita por Noblet e Etienne (1989).

$$\mathrm{PL} = ((((0{,}718 \times \mathrm{GPDL} \times 100) - 4{,}9) \times \mathrm{NLD} \div 0{,}19) \div 1000)$$

3.2.6 Amostragem e análise de variáveis sanguíneas

A colheita de sangue (10 mL) foi realizada via punção da veia cava cranial anterior em todas as matrizes aos 18 dias de lactação, no período da manhã (9 h) sem realização de jejum. Agulhas de 12×40 mm acopladas às seringas de 20 mL foram usadas para o procedimento. Após a colheita, o sangue foi transferido imediatamente para tubos de vidros estéreis a vácuo previamente identificados, contendo ativador de coágulo ou anticoagulante. O plasma obtido com os anticoagulantes fluoreto de sódio e heparina foi utilizado para as análises de glicose e ureia, respectivamente. O soro foi utilizado para análise de albumina, proteína total e triacilglicerol.

As amostras foram centrifugadas (centrífuga Centrilab, modelo 80- 2B) a 3.000 rpm por 10 min em temperatura ambiente. Em seguida, aproximadamente 1,5 mL de plasma e soro de cada tubo foram transferidos para tubos de polietileno tipo eEppendorf previamente identificados, em duplicatas técnicas, e congelados a -20°C para posteriores análises de albumina (método colorimétrico), glicose (método enzimático-colorimétrico), proteína total (método enzimático-biureto), ureia (método enzimático-colorimétrico) e triacilglicerol (método enzimático-colorimétrico). A concentração de globulina foi calculada pela diferença da concentração de proteína total e da albumina. As análises foram realizadas em aparelho de espectrofotometria de absorção atômica (modelo SP-22, marca Biospectro, São Paulo, SP, Brasil), usando kits comerciais (Gold Analisa Diagnóstica®, Belo Horizonte, MG, Brasil).

Para a avaliação do hemograma completo, o sangue foi transferido para tubos à vácuo contendo o anticoagulante ácido etilenodiamino tetra-acético. As amostras foram acondicionadas em caixa térmica (4°C) e enviadas a um laboratório comercial Lotus (Cascavel, PR, Brasil). As mensurações foram realizadas em um analisador hematológico automático (Mindray®, BS 120, Shenzen, China) para a quantificação de hemácias, hemoglobinas, hematócrito, volume corpuscular médio (VGM), amplitude da distribuição dos glóbulos vermelhos (RDW), concentração da hemoglobina corpuscular média (CHGM), proteína

plasmática (PPT), plaquetas, leucócitos, bastonetes, segmentados, eosinófilos, monócitos e linfócitos. As amostras foram misturadas automaticamente para garantir a homogeneidade antes da análise. As amostras preparadas foram colocadas nos racks do analisador hematológico, contendo um sistema de diluição automática e ajuste da concentração da amostra, conforme necessário para diferentes tipos de testes.

Para a determinação da concentração de insulina, imunoglobulina G (IgG) e imunoglobulina M (IgM), o sangue coletado foi transferido para tubos a vácuo contendo ativador de coágulo (injex®, FLS-3355, Osasco, SP, Brasil). Após centrifugar, conforme metodologia descrita, os sobrenadantes coletados foram armazenados em ultra freezer a -80°C. Posteriormente, as amostras foram transportados em gelo seco para um laboratório comercial (Curitiba, PR, Brasil). As amostras de insulina foram submetidas a quimioluminescência utilizando um analisador automático (Siemens, modelo Immulite 1000, China), seguindo o método BNT 1265. Para determinação das concentrações de IgG e IgM séricas, as amostras foram avaliadas pelo método de imunoturbidimetria (BNT 1288), utilizando anticorpo marcado com fluorocromo, e leitura em um analisador bioquímico automatizado (Myndray®, BS480, China) (DENHAM et al., 2007).

3.2.7 Procedimentos estatísticos

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o SAS University Edition. Os dados foram analisados quanto à normalidade dos resíduos através do teste de Shapiro-Wilk. A cela parideira com a matrizes foi considerada a unidade experimental. O modelo estatístico incluiu o efeito fixo de tratamento dietético e o efeito aleatório de bloco e erro residual. A ordem de parição e o peso corporal inicial das porcas foram utilizados como covariáveis no modelo (OLIVEIRA et al., 2022). Quando detectado efeito (P<0,05) de tratamento dietético na *one-way* ANOVA, as comparações entre as médias de tratamento foram feitas usando o teste *post hoc* de Tukey, com probabilidade de significância de 5%. Todos os dados foram apresentados como médias com erro padrão da média agrupado. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + b_j + \beta\ (X_{ijk} - \square...) + \varepsilon_{ijk},$$

em que Y_{ijk} = observação média da variável dependente em cada parcela, medida na i-ésima classe de tratamento, no j-ésimo bloco e na k-ésima repetição; μ = efeito da média geral; T_i = efeito fixo das classes de tratamento, para i = 1, 2, e 3; b_j = efeito de bloco, para j = 1 e 2;

β = coeficiente de regressão de Y sobre X; X_{ijk} = observação média das covariáveis em cada parcela, medida no i-ésimo tratamento, no j-ésimo bloco e na k-ésima repetição; □... = média geral da covariável X; ε_{ijk} = erro aleatório da parcela associado ao i-ésimo nível, j-ésimo bloco e k-ésima repetição.

3.3 Resultados

Desempenho zootécnico das porcas lactantes

As porcas alimentadas com a dieta DC85 apresentaram (P<0,05) maior PCF que aquelas alimentadas com DC100, enquanto as fêmeas suínas que consumiram a dieta DC0 tiveram resultados intermediários (Tabela 2). Ainda, as porcas alimentadas com a dieta DC100 apresentaram (P<0,05) maior PPC comparadas àquelas com DC85, enquanto as porcas alimentadas com DC0 apresentaram resultados intermediários.

Tabela 2. Efeito da suplementação de β-mananase em dietas contendo xilanase com redução de energia metabolizável sobre os índices zootécnicos de porcas lactantes

Item[1]	Tratamentos[2]			EPM[3]	P-value
	DC0	DC85	DC100		
PCI, kg	245,07	245,40	254,95	2,423	-
PCF, kg	233,66[ab]	238,01[a]	225,87[b]	3,19	0,031
PPC	11,41[ab]	7,39[b]	29,08[a]	2,76	0,031
CRD, kg	6,17	6,14	5,93	0,11	0,643
PLI, mm	6,45	6,49	6,49	0,08	-
PLF, mm	6,34	6,51	6,38	0,11	0,765
DIF_PL	0,11	-0,02	0,11	0,07	0,797
ETI, mm	1,49	1,47	1,42	0,05	-
ETF, mm	1,46	1,45	1,32	0,04	0,343
DIF_ET	0,03	0,02	0,10	0,01	0,525

[a,b] Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste *post hoc* de Tukey ($p \leq 0,05$).
[1] PCI: peso corporal inicial; PCF: peso corporal final; PPC: perda de peso corporal; CRD: consumo de ração diário médio; PLI: profundidade de lombo inicial; PLF: profundidade de lombo final; DIF_PL: diferença de profundidade de lombo na entrada e saída da maternidade; ETI: espessura de toucinho inicial; ETF: espessura de toucinho final; DIF_ET: diferença de espessura de toucinho na entrada e saída da maternidade.
[2] Dietas experimentais: (1) dieta controle contendo xilanase valorizada em 40 kcal de EM/kg (DC0); (2) DC0+β-mananase (3g/kg valorizada em 45 kcal de EM/kg) (DC85); (3) DC0+β-mananase (3g/kg valorizada em 60 kcal de EM/kg) (DC100).
[3] EPM: erro padrão da média agrupado.

Desempenho zootécnico dos leitões

Não houve efeito de tratamento dietético sobre as variáveis de desempenho zootécnico de suas leitegadas (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito da suplementação de β-mananase em dietas contendo xilanase com redução de energia metabolizável para porcas lactantes sobre os índices zootécnicos de leitões lactentes

Item[1]	Tratamentos[2]			EPM[3]	P-value
	DC0	DC85	DC100		
NLNV	13,90	13,15	14,02	0,19	0,276
NLD	12,37	12,39	12,33	0,19	0,992
PMI, kg	1,57	1,54	1,51	0,02	0,679
PMF, kg	6,06	6,58	6,13	0,11	0,119
PMF_L, kg	71,19	75,65	77,19	2,04	0,475
PMI_L, kg	22,02	20,54	22,16	0,60	0,571
GPD, kg	0,240	0,250	0,230	0,00	0,616

[1] Número de leitões nascidos vivos (NLNV), número de leitões desmamados (NLD), peso médio inicial de cada leitão (PMI), peso médio final de cada leitão (PMF), peso médio final da leitegada (PMFL), peso médio inicial da leitegada (PMIL), ganho de peso diário (GPD).
[2] Dietas experimentais: (1) dieta controle contendo xilanase valorizada em 40 kcal de EM/kg (DC0); (2) DC0+β-mananase (3g/kg valorizada em 45 kcal de EM/kg) (DC85) e (3) DC0+β-mananase (3g/kg valorizada em 60 kcal de EM/kg) (DC100).
[3] EPM: erro padrão da média agrupado.

Digestibilidade aparente dos nutrientes e energia

Independentemente da valorização energética nas dietas, as porcas alimentadas com as dietas contendo a suplementação de β-mananase apresentaram (P<0,05) maior proteína digestível comparadas as alimentadas com DC0. O valor médio de matéria orgânica digestível foi maior (P<0,05) em porcas alimentadas com a dieta DC85 comparadas ao grupo DC100, enquanto as porcas alimentadas com a dieta DC0 tiveram resultados intermediários. Ademais, os valores de energia digestível dos grupos alimentados com as dietas DC85 ou DC0 foram superiores (P<0,05) ao grupo que recebeu a dieta DC100 (Tabela 4).

Tabela 4. Efeito da suplementação de β-mananase em dietas contendo xilanase com redução de energia metabolizável sobre os coeficientes de digestibilidade aparente e os valores de nutrientes e energia digestíveis de porcas lactantes

Item[1]	Tratamentos[2]			EPM[3]	P-value
	DC0	DC85	DC100		
CDAMS, %	91,15	91,69	90,35	0,28	0,127
CDAPB, %	90,98	91,18	90,44	0,32	0,636
CDAMO, %	93,03	93,58	92,62	0,22	0,178
CDAEB, %	91,93	92,73	91,57	0,25	0,157
MSD, g kg^{-1}	91,02	91,51	90,26	0,28	0,184
PD, g kg^{-1}	17,69[b]	18,48[a]	18,74[a]	0,13	0,001
MOD, g kg^{-1}	86,06[ab]	86,54[a]	85,13[b]	0,21	0,015
ED, kcal kg^{-1}	4.340[a]	4.364[a]	4.220[b]	14,17	<,0001

[a,b] Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste *post hoc* de Tukey ($p \leq 0,05$).
[1] CDAMS: coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca; CDAPB: coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta; CDAMO: coeficiente de digestibilidade aparente da matéria orgânica; CDAEB: coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta; MSD: matéria seca digestível; PD: proteína digestível; MOD: matéria orgânica digestível; ED: energia digestível.
[2] Dietas experimentais: (1) dieta controle contendo xilanase valorizada em 40 kcal de EM/kg (DC0); (2) DC+β-mananase (3g/kg valorizada em 45 kcal de EM/kg) (DC85); (3) DC+β-mananase (3g/kg valorizada em 60 kcal de EM/kg) (DC100).
[3] EPM: erro padrão da média agrupado.

Composição química do leite

O leite proveniente de porcas alimentadas com a dieta DC0 apresentou (P<0,05) maior percentual de lactose e total de sólidos desengordurado comparado ao leite proveniente das porcas alimentadas com a dieta DC85, mas as porcas alimentadas com a dieta DC100 tiveram resultados intermediários (Tabela 5).

Tabela 5. Efeito da suplementação de β-mananase em dietas contendo xilanase com redução de energia metabolizável sobre a produção e a composição química do leite de porcas lactantes

Item[1]	Tratamentos[2]			EPM[3]	P-value
	DC0	DC85	DC100		
Produção de leite, kg	13,03	14,09	13,32	0,51	0,686
Gordura, %	7,06	7,16	7,18	0,09	0,894
Densidade, kg/m³	33,32	32,43	32,94	0,17	0,087
Lactose, %	5,67[a]	5,56[b]	5,66[ab]	0,02	0,043
Total de sólidos desengordurado,%	10,32[a]	10,13[b]	10,25[ab]	0,03	0,044
Proteína, %	3,78	3,73	3,78	0,01	0,168
Cinzas, %	0,84	0,83	0,84	0,00	0,355

* Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste *post hoc* de Tukey ($p \leq 0,05$).
[1] Total de sol. desen.: total de sólidos desengordurados.
[2] Dietas experimentais: (1) dieta controle contendo xilanase valorizada em 40 kcal de EM/kg (DC0); (2) DC0+β-mananase (3g/kg valorizada em 45 kcal de EM/kg) (DC85); (3) DC0+β-mananase (3g/kg valorizada em 60 kcal de EM/kg) (DC100).
[3] EPM: erro padrão da média agrupado.

Perfil bioquímico sanguíneo

O valor de concentração de globulina foi superior em porcas alimentadas com a dieta DC0, quando comparado com aquelas que receberam a dieta DC100, enquanto àquelas do grupo DC85 mostraram resultados intermediários. Não houve efeito de tratamento dietético sobre os demais componentes bioquímicos sanguíneos (Tabela 6).

Tabela 6. Efeito da suplementação de β-mananase em dietas contendo xilanase com redução de energia metabolizável sobre o perfil bioquímico sanguíneo de porcas lactantes

Item	Tratamentos[1]			EPM[2]	P-value
	DC0	DC85	DC100		
Glicose (mg/dL)	74,55	72,34	78,77	2,026	0,420
Globulina (mg/dL)	4,72[a]	4,43[ab]	4,22[b]	0,089	0,048
Ureia (mg/dL)	39,78	38,80	39,18	0,806	0,897
Triacilglicerol (mg/dL)	29,28	28,23	30,19	1,093	0,802
Colesterol total (mg/dL)	68,02	75,63	74,91	2,169	0,264
Albumina (mg/dL)	3,05	3,13	3,26	0,039	0,072
Proteína total (mg/dL)	7,74	7,62	7,57	0,070	0,576

[a,b] Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste *post hoc* de Tukey ($p \leq 0,05$).
[1]Dietas experimentais: (1) dieta controle contendo xilanase valorizada em 40 kcal de EM/kg (DC0); (2) DC0+β-mananase (3g/kg valorizada em 45 kcal de EM/kg) (DC85); (3) DC0+β-mananase (3g/kg valorizada em 60 kcal de EM/kg) (DC100).
[2] EPM: erro padrão da média agrupado.

Perfil hematológico sanguíneo

Com relação ao perfil hematológico sanguíneo, um aumento da concentração de hemoglobina corpuscular média foi observado (P<0,05) em porcas nas matrizes alimentadas com a dieta DC85 comparadas com as demais. Ainda, as fêmeas alimentadas com a dieta DC100 apresentaram (P<0,05) maior percentual de eosinófilos que as demais (Tabela 7).

Tabela 7. Efeito da suplementação de β-mananase em dietas contendo xilanase com redução de energia metabolizável sobre o perfil hematológico sanguíneo de porcas lactantes

Item[1]	Tratamentos[2]			EPM[3]	*P-Vvalor*
	DC0	DC85	DC100		
Hemácias, µL	6,18	6,24	6,12	0,108	0,895
Hemoglobinas, g/dL	12,35	12,71	12,34	0,224	0,526
Hematócrito, %	37,26	37,78	37,65	0,667	0,853
VGM, fL	60,18	60,23	60,23	0,037	0,855
RDW, %	20,39	21,25	21,36	0,270	0,239
CHGM, g/dL	33,24[b]	33,31[a]	33,24[b]	0,012	0,024
PPT, g/dL	7,62	7,62	7,68	0,076	0,922
Plaquetas, µL	313,45	302,25	302,34	12,35	0,923
Leucócitos, %	18,97	19,89	19,39	0,556	0,798
Segmentados, %	57,81	63,02	57,74	1,202	0,117
Eosinófilos, %	2,61[b]	2,76[b]	4,62[a]	0,349	0,029
Monócitos, %	2,23	1,68	2,67	0,184	0,229
Linfócitos, %	35,43	33,45	34,29	1,073	0,763

* Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste *post hoc* de tukey ($P \leq 0,05$).
[1] VGM_fL: volume globular médio; RDW: distribuição de hemacias; CHGM_gdL: concentração de hemoglobina corpuscular média ; PPT_gdL: proteína plasmática total.
[2] Dietas experimentais: (1) dieta controle contendo xilanase valorizada em 40kcal de EM/kg (DC0); (2) DC0+β mananase (3g/kg valorizada em 45 kcal de EM/kg) (DC85) e (3) DC0+β mananase (3g/kg valorizada em 60 kcal de EM/kg) (DC100).
[3] EPM: erro padrão da média agrupado.

Imunoglobulina G, insulina, e imunoglobulina M.

Houve efeito ($P<0,05$, Figura 1A) de tratamento dietético na concentração de IgG, em que as porcas que receberam a dieta DC100 tiveram concentrações superiores em comparação às demais. Não houve diferença de tratamento dietético na concentração de insulina e de imunoglobulina M (Figura 1B e C).

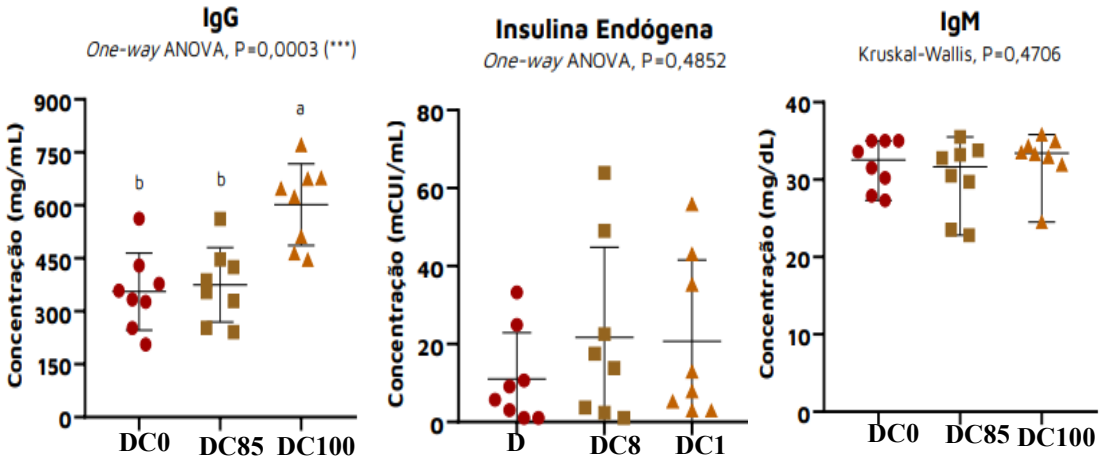


Figura 1. Efeito da suplementação de β-mananase em dietas contendo xilanase com redução de energia metabolizável sobre as concentrações de (A) imunoglobulina G (IgG), (B) insulina e (C) imunoglobulina M (IgM) de porcas lactantes. Dietas experimentais: (DC0) dieta controle contendo xilanase valorizada em 40 kcal de EM/kg; (DC85) DC+β-mananase (0,3 g/kg valorizada em 45 kcal de EM/kg) DC85; (DC100) DC+β-mananase (0,3 g/kg valorizada em 60 kcal de EM/kg).

3.4 Discussão

A perda de peso ao final da lactação foi menor para as matrizes alimentadas com a dieta DC85. Pode-se atribuir essa melhor mantença da condição corporal da fêmea à hidrólise bem sucedida dos β-mananos presentes na fibra da parede celular dos vegetais (KIPPER et al., 2020). A hidrólise bem sucedida permite um maior aporte energético ao animal porque promove maior acessibilidade aos nutrientes encapsulados como proteínas, lipídios e carboidratos (LIU et al., 2019; KIPPER et al., 2020), fato evidenciado pelos resultados de digestibilidade como proteína digestível, matéria orgânica digestível e energia digestível, que apresentaram maior aproveitamento nutricional para dieta DC85. A β-mananase também possui uma ação poupadora de energia porque hidrolisa os fatores antinutricionais presentes nos PNAs e diminui o acionamento desnecessário do sistema imune, ocorrendo, assim, uma economia de energia (VANGROENWEGHE; POULSEN; THAS, 2021). A economia de energia e a melhora da digestibilidade de nutrientes (ED, MOD, PD) pode ser destinado à mantença da condição corporal da fêmea.

As enzimas conseguiram extrair energia da dieta compensando a redução de 85 kcal, entretanto, ocorrendo uma menor perda peso para as matrizes alimentadas com a dieta DC85

no final do período de lactação dos animais. Esses resultados estão de acordo com estudos conduzidos por Genova et al. (2023), que obtiveram melhora no desempenho dos suínos na fase de crescimento, quando alimentados com dietas com redução de EM de 85 kcal, contendo xilanase, fitase e suplementadas com β-mananase.

A melhora na qualidade do leite pode ser atribuída à maior eficiência na digestão pela melhora na digestibilidade (HUANG; ZHANG; LI, 2021), entretanto não afetou o desempenho zootécnico dos leitões, possivelmente devido à influência de outros fatores como a quantidade de leite disponível, o comportamento de sucção dos leitões, e a saúde geral destes (HOJGAARD; BRUNN; THEIL, 2020; CHISORO et al., 2023).

A ausência de efeito de tratamento nas variáveis de desempenho dos leitões pode estar relacionada ao fato de que as dietas foram fornecidas somente na fase de lactação das fêmeas.

O aumento na digestibilidade de proteína, da matéria orgânica e da energia digestível pelos animais que receberam a dieta DC85 pode estar correlacionado ao fato da enzima promover maior degradação dos PNA's presentes nas fibras da parede celular vegetal pela quebra das ligações β-1,4-glicosídicas (CHO; KIM, 2013; GENOVA et al., 2023). O uso de enzimas carboidrases pode melhorar a digestibilidade dos nutrientes e, consequentemente, aumentar a disponibilidade de açúcares, vitaminas, minerais e aminoácidos presentes nos vegetais, por promover uma melhor acessibilidade à matriz celular vegetal (FRANCESCH; GERAERT, 2009; ADEOLA; COWIESON, 2011). Fato evidenciado pela melhora no desempenho zootécnico das fêmeas que consumiram tratamento DC85.

Lv et al. (2013) conduziram estudos com matrizes lactantes e constataram que o aumento do nível de β-mananase na dieta (0, 200, 400 e 600 U kg^{-1}) à base de milho e farelo de soja melhorou a digestibilidade total dos nutrientes (MS, PB, e MO).

Cho e Kim (2013), ao avaliarem os efeitos da suplementação de mananase e xilanase em dietas de baixa densidade energética sobre o desempenho, digestibilidade dos nutrientes, perfil sanguíneo e qualidade da carne em suínos em terminação, obtiveram maior digestibilidade para tratamento com mananase e xilanase para energia bruta e nitrogênio.

A variável globulina sofreu influência para os animais alimentados com a dieta controle, porém todas os demais parâmetros dos componentes sanguíneos estão próximos aos referenciados pela literatura (FRIENDSHIP; HENRY, 1992; VERHEYEN et al., 2007; KANEKO; HARVEY; BRUSS, 2008; PADILHA et al., 2017) demostrando que a redução da matriz energética é compensada com a valorização de 85 e 100 kcal, sem prejuízo para a saúde dos animais. A melhora da digetibilidade dos nutrientes pode ter refletido em alterações no perfil bioquímico sanguíneo.

Considerando o perfil hematológico, houve efeito para os parâmetros de CHGM e eosinófilos nas dietas DC85 e DC100, respectivamente. Os valores estão próximos aos referenciados por Kaneko et al. (2008), indicando que a redução da matriz energética compensada com valorização de 85 e 100 kcal não prejudicou a saúde do animal

Houve efeito para a concentração de imunoglobulina G para os animais com maior redução de EM DC100, porém os valores estão próximos aos descritos por Almeida et al. (2007) e contrastando com os relatados por Kaneko et al. (2008). Dietas com EM reduzida podem alterar o metabolismo (KIM et al., 2017) e, consequentemente, modular o sistema imunológico, que necessita de energia e outros nutrientes para a formação dos mecanismos de defesa (CARDOSO; TESSARI, 2015). As características das dietas podem modular a resposta imune (CARDOSO; TESSARI, 2015) e esse efeito modulador pode ser benéfico, desde que dentro dos parâmetros de normalidade. De acordo com Li et al. (2018), que avaliaram um complexo enzimático com carboidrases (xilanase, celulase e β- glucanase) em dietas de leitões, um aumento dos níveis séricos de IgA e IgG indica melhora na resistência a doença.

Dietas com EM reduzida podem alterar o metabolismo dos suínos, pois a mobilização de reservas corporais e a consequente geração de energia pelo processo de oxidação de nutrientes pode gerar radicais livres (CELI; GABAI, 2015; BELHADJ et al., 2016; GENOVA et al., 2023).

3.5 Conclusão

A suplementação de β-mananase em dietas contendo xilanase permite reduzir 85 kcal de EM/kg, pois melhorou a condição corporal da fêmea diminuindo a perda de peso corporal e a digestibilidade de proteína, matéria orgânica e energia digestível sem prejuízos para os parâmetros bioquímicos e hematológicos, composição de leite e desempenho de leitão.

Disponibilidade de dados

O conjunto de dados utilizados e/ou analisados durante o estudo estão disponíveis ao autor correspondente mediante solicitação razoável.

3.6 Referências

ADAMS, R.M., & JOHNSON, L.F. Effects of pH variation on enzyme activity in swine diets. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v, 102, n. 4, p. 845-854. 2018. doi:10.1111/jpn.12503

ADEOLA, O.; COWIESON, A.J. Board-invited review: opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 10, p. 3189–3218, 2011.

ALMEIDA, R.F.; LOPES, E.L.; NUNES, R.C.; MATOS, M.P.C.; FIORAVANTI, M.C.S.; SOBESTIANSKY, J.; BRITO, L.A.B.; RUFINO, L.M. Ferro e imunidade humoral em suínos alimentados com fitase e níveis reduzidos de fósforo. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 4, p. 767-776, 2007.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 18. ed. Gaithersburg: AOAC International, 2006.

ARANDA-AGUIRRE, E.; ROBLES-JIMENEZ, L.E.; OSORIO-AVALOS, J.; VARGASBELLO-PÉREZ, E.; GONZALEZ-RONQUILLO, M. A systematic-review on the role of exogenous enzymes on the productive performance at weaning, growing and finishing in pigs. **Veterinary and Animal Science**, v. 14, p. 100195, 2021.

BACH KNUDSEN, K.E.; JØRGENSEN, H. Degradação intestinal de carboidratos dietéticos - do nascimento à maturidade. Em **fisiologia digestiva de porcos**; Lindberg, J., Ogle, B., Eds.; Publicação CABI: Uppsala, Suécia, 2001, p. 109-120.

BELHADJ, S.I.; NAJAR, T.; GHRAM, A.; ABDRRABBA, M. Heat stress effects on livestock: molecular, cellular and metabolic aspects, a review. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 100, n. 3, p.401-412, 2016.

BORTOLUZZI, M.M.; SCHMITT, V.; MAZUR, C.E. Efeito fitoterápico de plantas medicinais sobre a ansiedade: uma breve revisão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 1, p. 1-13, 2020.

BRUDER, W.K.; LINNEEN, S.K.; GOURLEY, G.G.; PAYNE. R.L. Influence of β-mannanase in the lactation diet on sow and litter performance and subsequent wean-to-service interval. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 2, p. 106, 2019

CARDOSO, A.L.S.P.; TESSARI, E.N.C. Interação entre imunidade e nutrição das aves: revisão de literatura. **Revista Científica de Medicina Veterinária**, v. 24, p. 1-20, 2015.

CELI, P.; GABAI, G. Oxidant antioxidant balance in animal nutrition and health: the role of protein oxidation. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 2, 2015.

CHISORO, P. et al. Characteristics of sows' milk and piglet nutrient utilization during a 28-d lactation period. **Journal of Animal Science**, v. 101, p. skad261, 2023.

CHO, J.H.; KIM, E.I.H. Effects of beta mannanase and xylanase supplementation in low energy density diets on performances, nutrient digestibility, blood profiles and meat quality in finishing pigs. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 8, n. 4, p. 622-630,

2013.

COZANNET, P.; LAWLOR, P.G.; LETERME, P.; DEVILLARD, E.; GERAERT, P.A.; ROUFFINEAU, F.; PREYNAT, A. Reducing BW loss during lactation in sows: a meta-analysis on the use of a nonstarch polysaccharide-hydrolyzing enzyme supplement. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 7, p. 2777-2788, 2018.

EISSEN, J.J.; APELDOORN, E.J.; KANIS, E.; VERSTEGEN, M.W.A.; GREEF, K.H. The importance of a high feed intake during lactation of primiparous sows nursing large litters. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 3, p. 594-603, 2003.

FRANCESCH, M.; GERAERT, P.A. Enzyme complex containing carbohydrases and phytase improves growth performance and bone mineralization of broilers fed reduced nutrient corn-soybean-based diets. **Poultry Science**, v. 88, n. 9, p. 1915-1924, 2009.

FRIENDSHIP, R.B.; HENRY, S.C. Cardiovascular system, hematology and clinical chemistry. *In*: LEMAN, A.D.; STRAW, B.E.; D'ALLAIRE, S.; MENGELING, W.L.; TAYLOR, D.J. (eds.) **Diseases of swine**. Ames, Iowa: Iowa State University Press, p. 1-20, 1992.

GENOVA, J.L.; AZEVEDO, L.B.D.; RUPOLO, P.E.; CORDEIRO, F.B.C.; VILELA, H.L.O.; CARELI, P.S.; TOLEDO, D.C.F.; CARVALHO, S.T.; KIPPER, M.; RENNÓ, L.N.; FAVERI, J.C.; CARVALHO, P.L.O. β-mannanase supplemented in diets saved 85 to 100 kcal of metabolizable energy/kg, supporting growth performance and improving nutrient digestibility in grower pigs. **Scientific Reports**, v. 13, n.12546, 2023.

HAUPLTI, L., & LOVATTO, P.A. Alimentação de porcas gestantes e lactantes com dietas contendo saponinas. Ciência Rural, v. 36, n. 2, p. 610–616. 2006. https://doi.org/10.1590/s0103-84782006000200039

HOJGAARD, C.K.; BRUUN, T.S., & THEIL, P.K. Impact of milk and nutrient intake of piglets and sow milk composition on piglet growth and body composition at weaning. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 3. 2020. https://doi.org/10.1093/jas/skaa060

HTOO, J.M., & LEE, D.M.A.D.G. Impact of production phase on enzyme effectiveness in swine nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, v. 263, n. 114452. 2020. doi:10.1016/j.anifeedsci.2020.114452

HUANG, C.; ZHANG, Y.; LI, X. Effect of dietary enzyme supplements on sow lactation performance and milk composition. **Journal of Swine Health and Production**, v. 29, n. 4, p. 456-463, 2021. DOI: 10.1186/s42450-021-00078-9.

HURLEY, W.L. Composition of sow colostrum and milk. In: FARMER, C. (Ed.) **The gestating and lactating sow**. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, p. 115-127, 2015.

JENSEN, M.B., & ANDERSON, K.L. Coenzymes and their effect on enzyme efficacy in swine diets. **Animal Nutrition**, v. 3, n. 4, p. 273-278. 2017. doi:10.1016/j.aninu.2017.06.004

JOHNSON, K.W., & STEIN, A. R. Effects of age and dietary enzyme supplementation on performance and digestibility in pigs. Journal of Animal Science, v. 4, n. 3, p. 968-977. 2016. doi:10.2527/jas.2015-9343

JOHNSON, L., et al. Impact of Enzyme Supplementation on Hematological Parameters and Performance in Breeding Sows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 286, p. 115-125. 2022. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2022.115125.

KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 6. ed. San Diego: Academic Press, 2008.

KAVANAGH, S.; LYNCH, P.B.; O'MARA, F.; CAFFREY, P.J.A comparison of total collection and marker technique for the measurement of apparent digestibility of diets for growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 89, p. 49-58, 2001.

KIARIE, E.; ROMERO, L.F.; NYACHOTI, C.M. The role of added feed enzymes in promoting gut health in swine and poultry. **Nutrition Research Reviews**, v. 26, n. 1, p. 71-88, 2013.

KIM, B. R.; SHIN, J.; GUEVARRA, R.B.; LEE, J.H.; KIM, D.W.; SEOL, K.-H.; LEE, J.-H.; KIM, H.B.; ISAACSON. R.E. Deciphering Diversity Indices for a Better Understanding of Microbial Communities. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 27, n. 12, p. 2089-2093, 2017.

KIPPER, M.; ANDRETTA, I.; QUADROS, V.R.D.; SCHROEDER, B.; PIRES, P.G.D.S.; FRANCESCHINA, C.S.; FRANÇA, I. Performance responses of broilers and pigs fed diets with β-mannanase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, n. 1, p. 1-11, 2020.

KPOGO, A.L.; JOSE, L.; PANISSORI, J.C.; AGYEKUM, A.K.; PREDICALA, B.Z.; ALVARADO, A.C.; AGNEW, J.M.; SPRENGER, C.J.; BEAULIEU, A.D. Greenhouse gases and performance of growing pigs fed wheat-based diets containing wheat millrun and a multi-carbohydrase enzyme. **Journal of Animal Science**, v. 99, n. 10, p. 1-9, 2021.

LI, Q.; GABLER, N.K.; LOVING, C.L.; GOULD, S.A.; PATIENCE, J.F. A dietary carbohydrase blend improved intestinal barrier function and growth rate in weaned pigs fed higher fiber diets. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 12, p. 5233-5243, 2018.

LIU, J. et al. Effects of Enzyme Supplementation in the Diet of Lactating Sows on Sow Performance and Piglet Growth. **Journal of Animal Science**, v. 100, n. 2, p. 1234-1245. 2022. DOI: 10.1093/jas/skab123.

LIU, S.; MA, C.; LIU, L.; NING, D.; LIU, Y.; DONG, B. β-Xylosidase and β-mannosidase in combination improved growth performance and altered microbial profiles in weanling pigs fed a corn-soybean meal-based diet. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 32, n. 11, p. 1734-1744, 2019.

LIU, Y. et al. Nutritional composition of sow milk and its influence on piglet performance. **Animal Nutrition**, v. 7, n. 1, p. 1-8, 2021. DOI: 10.1016/j.aninu.2020.06.005

LV, J.N.; CHEN, Y.Q.; GUO, X.J.; PIAO, X.S.; CAO, Y.H.; DONG, B. Effects of supplementation of β-mannanase in corn-soybean meal diets on performance and nutrient digestibility in growing pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 26, n. 4, p. 579-587, 2013**.**

MUHAMMAD, S. et al. Efeito da β-*mananase* sobre o desempenho de frangos de corte. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 7, p. 237-246, 2015.

NOBLET, J.; ETIENNE, M. Estimation of sow milk nutrient output. **Journal of Animal Science**, v. 67, p. 3352-3359, 1989.

OLIVEIRA, G.M.M., GENOVA, J.L., BARBOSA, K.A., RUPOLO, P.E., AZEVEDO, L.B.D., BARALDI-ARTONI, S.M., ... & CARVALHO, P.L.D.O. Addition of calcitic seaweed in the diet of sows positively affects the number of live-born piglets and milk parameters. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 51, 2022. e20210222.

PADILHA, J.B.; FALBO, M.K.; TEIXEIRA, H.S.; SANTOS, S.K.; MAREZE, M.; COSTA, L.M.D.; GROFF, P.M.; SANDINI, I. E. Perfil bioquímico sérico em porcas no terço final de gestação. **Revista Electrónica de Veterinária**, v. 18, n. 9, p. 1-13, 2017.

PEDERSEN, T.F.; CHING Y.C.; TROTTIER, N.L.; BRUUN, T.S.; THEIL, P.K. Effect of dietary protein intake on energy utilization and feed efficiency of lactating sows. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 2, p. 779-793, 2019.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; PERAZZO, F.G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.L.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, 2017.

SAEED, M.; AYAŞAN, T.; ALAGAWANY, M.; EL-HACK, M.E.A.; ABDEL-LATIF, M.A. The Role of ß-Mannanase (Hemicell) in improving poultry productivity, health and environment. **Revista Brasileira de Ciências Avícola**, v. 21, n. 3, p. 1-8, 2019.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2016.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de Alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: Ed. UFV, 2002.

SMITH, J. et al. Effects of Enzyme Supplementation on Nutrient Digestibility and Blood Profile in Lactating Sows. **Journal of Animal Science**, v. 101, n. 4, p. 1543-1556. 2023. DOI: 10.2527/jas2023.1011543.

TROTTIER, N.L.; JOHNSTON, L.J. Feeding gilts during development and sows during gestation and lactation. In: LEWIS, A.J.; DOUTHEM, L.L. **Swine nutrition**. 2. ed. Ney York: CRC, p. 726-760, 2001.

VANGROENWEGHE, F.; POULSEN, K.; THAS, O. Supplementation of a β-mannanase enzyme reduces post-weaning diarrhea and antibiotic use in piglets on an alternative diet with additional soybean meal. **Porcine Health Management**, v. 7, n. 1, p. 8-11, 2021.

VERHEYEN, A.J.M.; MAES, D.G.D.; MATEUSEN, B.; DEPREZ, P.; JANSSENS, G.P.J.; LANGE, L.; COUNOTTE, G. Serum biochemical reference values for gestating and lactating sows. **The Veterinary Journal**, v. 174, n. 1, p. 92-98, 2007.

WELDON, W.C.; LEWIS, A.J.; LOUIS, G.F.; KOVAR, J.L.; MILLER, P.S. Postpartum hypophagia in primiparous sows: II. Effects of feeding level during gestation and exogenous insulin on lactation feed intake, glucose tolerance, and epinephrine-stimulated release of nonesterified fatty acids and glucose. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 395-403, 1994.

WILLIAMS, I. Nutritional effects during lactation and during the interval from weaning to oestrus. In: VERSTEGEN, M.W.A.; MOUGHAN, P.J.; SCHRAMA, J.W. **The lactating sow**. Nottingham: University Press, p.159-181. 1998.

WILLIAMS, R. et al. Safety and Efficiency of Enzyme Supplementation in Sow Diets: Effects on Blood Chemistry and Health. **Livestock Science**, v. 250, p. 104-114. 2024. DOI: 10.1016/j.livsci.2024.104114.

YANG, Y.Y.; FAN, Y.F.; CAO, Y.H.; GUO, P.P.; DONG, B.; MA, Y.X. Efeitos da fitase e xilanase exógenas, individualmente ou em combinação, e peletização na digestibilidade dos nutrientes, conteúdo de energia disponível do trigo e desempenho de suínos em crescimento alimentados com dietas à base de trigo. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 30, p. 57-63, 2017.

ZHANG, G.G. et al. Efeitos da suplementação dietética de multienzima no desempenho de crescimento, digestibilidade de nutrientes, atividades de enzimas digestivas do intestino delgado e microbiota selecionada do intestino grosso em leitões desmamados. **Revista de ciência animal**, v. 92, n. 5, p. 2063-2069, 2014.

ZHE, L. et al. The impact of enhancing diet quality or dietary supplementation of flavor and multi-enzymes on primiparous lactating sows. **Animals: an open access journal from MDPI**, v. 12, n. 12, p. 1493, 2022.

ZHOU, P.; NUNTAPAITOON, M.; PEDERSEN, T.F.; BRUUN, T.S.; FISKER, B.; THEIL, P.K. Efeitos da suplementação de xilanase monocomponente na digestibilidade dos nutrientes e no desempenho de porcas em lactação alimentadas com uma dieta moída grosseiramente. **Jornal de Ciência Animal**, v. 96, p. 181–193. 2018.

4 SUPLEMENTAÇÃO DE XILANASE EM DIETAS FORMULADAS COM GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS PARA FÊMEAS SUÍNAS EM LACTAÇÃO

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da xilanase em dietas contendo 20% de grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sobre o desempenho zootécnico e produtivo, digestibilidade dos nutrientes, perfil bioquímico e hematológico e imunológico das matrizes, composição físico-química do leite para fêmeas suínas lactantes e de suas leitegadas. Um total de 60 porcas (Agroceres PIC) foram selecionadas aleatoriamente e alocadas dentro de dois tratamentos dietéticos compostos por uma dieta controle com DDGS (DC, sem enzima xilanase) e uma DC com suplementação de xilanase (100 g/t de ração). A média de ordem de parto para o tratamento DC foi de 2,01 e para o tratamento DC + xilanase foi de 2,10, com peso médio inicial das matrizes de 236,55 kg e peso médio final de 209,27 kg. O lote ao longo do tempo (rodada) foi considerado como fator de blocagem e a porca em cada baia foi considerada como uma unidade experimental. As matrizes suínas foram classificadas por ordem de parto em três grupos: 24 primíparas, 26 matrizes de dois e três partos e 10 matrizes de quatro e cinco partos, com desmame aos 21 dias de lactação. Todas as dietas foram fornecidas na forma farelada. Os animais do grupo alimentado com xilanase apresentaram maior concentração de albumina (P = 0,009) que os animais do grupo DC. Não houve efeito de tratamento para os demais parâmetros do perfil bioquímico. Os animais alimentados com DC apresentaram maior amplitude de distribuição dos glóbulos vermelhos (P=0,016), não houve efeito de tratamento para demais variáveis dos parâmetros hematológicos. A suplementação de xilanase proporcionou maior coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (P = 0,012) e valor de proteína digestível (P = 0,001). Houve aumento para o percentual de gordura (P=0,031) do leite proveniente de matrizes que receberam dietas contendo a enzima xilanase em comparação as que receberam a dieta controle. A suplementação de xilanase em dietas contendo 20% de DDGS melhorou a digestibilidade da fração proteica e o percentual de gordura do leite, sem alterar o desempenho zootécnico das matrizes e suas leitegadas. Não houve alteração dos parâmetros bioquímicos, hematológicos e imunológicos sanguíneos das matrizes em lactação.

Palavras-chave: Carboidrase, (DDGS), composição de leite, perfil imunológico.

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the effect of the xylanase supplementation in diets containing 20% of dried distillers grains with solubles (DDGS) on performance of sows and

their litters, biochemical and hematological profile of the dams, physical-chemical composition of milk and apparent digestibility of nutrients, for lactating sows. In total, 60 sows from birth orders one to five were used. The sows were distributed in a randomized block experimental design (RBD) with 2 treatments, 30 replications and three blocks repeated over time, with the female and her litter being the experimental unit. The blocks were constituted by the combination of five parity order classes (1, 2 and 3, 4 and 5) of the matrices. The treatments consisted in a control diet with DDGS without xylanase and a CD with the supplementation of xylanase. The animals in the xylanase-fed group had a higher albumin concentration (P = 0.009) than the animals in the DC group. There was no treatment effect for the other parameters of the biochemical profile. Animals fed with CD showed greater distribution amplitude of red blood cells (P=0.016), there was no treatment effect for other variables of hematological parameters. Xylanase supplementation provided a higher crude protein apparent digestibility coefficient (P = 0.012) and digestible protein value (P = 0.001). There was an increase in the percentage of fat (P=0.031) in milk from sows that received diets containing the xylanase enzyme compared to those that received the control diet. Xylanase supplementation in diets containing 20% DDGS improved the digestibility of the protein fraction and the percentage of milk fat without altering the zootechnical performance of the sows and their litters. There was no change in the biochemical, hematological and immunological blood parameters of the lactating sows.

Keywords: Carbohydrase, (DDGS), milk composition, immunological profile.

4.1 Introdução

O milho é a fonte energética comumente utilizada em dietas para suínos. No entanto, com a implantação de várias usinas produtoras de etanol a partir de cereais no Brasil, os grãos secos de destilaria de milho com solúveis (DDGS), coproduto desse processo, tem despertado o interesse dos pesquisadores. Esse ingrediente apresenta potencial para ser incluído em dietas animais devido a sua disponibilidade e valor nutricional, apresentando níveis desejáveis de proteína (26%-33,3% em base seca), lipídeos (9,1%-14,1%), amido (5,2%) e vitaminas (WANG et al., 2009; IRAM et al., 2020).

Entretanto, seu uso em dietas de animais não ruminantes pode ser limitado devido a seu alto teor (25-30%) de polissacarídeos não amiláceos (PNAs), possuindo o arabinoxilano e a celulose como principais constituintes (PEDERSEN et al., 2014). As fibras insolúveis são os principais PNAs presentes no DDGS, que interferem na taxa de passagem do alimento pelo

trato gastrointestinal, reduzindo a digestibilidade e a disponibilidade dos nutrientes. Além disso, parte da proteína presente no DDGS está associada à fibra, o que prejudica sua digestibilidade em animais não ruminantes visto não sintetizarem enzimas que degradam a fração fibrosa (CHRENKOVÁ et al., 2012; JAKOBSEN et al. 2015; SILVA; NETTO; SCUSSEL, 2016). Como estratégia, a enzima xilanase tem sido adicionada em dietas, contendo coprodutos com alto conteúdo de fibra, possibilitando o aproveitamento do nutriente e maior inclusão de coprodutos (KERR; SHURSON, 2012; JAKOBSEN et al., 2015). A utilização de enzimas exógenas na alimentação animal pode influenciar positivamente o aproveitamento do conteúdo nutricional, além de minimizar a excreção de nutrientes não digeridos (RUIZ et al., 2008).

A xilanase é uma enzima importante na degradação de PNAs sendo responsável por hidrolisar os arabinoxilanos da dieta (PETRY; PATIENCE, 2020). A enzima atua sobre as ligações β-1,4-glicosídicas da fração xilana da hemicelulose, liberando uma mistura de polissacarídeos, oligossacarídeos e pentoses, além de disponibilizar acesso de enzimas endógenas aos nutrientes presentes no ingrediente (LI et al., 2017; ACOSTA et al., 2020).

Em um estudo conduzido recentemente, González-Ortiz et al. (2023) avaliaram a suplementação de xilanase em dietas para matrizes suínas em fase de gestação e lactação e observaram melhoria na digestibilidade de energia e nutrientes, além de efeitos positivos no desempenho da leitegada. Da mesma forma, Zhou et al. (2018) avaliaram a suplementação de xilanase em dietas de matrizes em lactação e observaram melhor consumo de ração e digestibilidade dos nutrientes, redução na perda de peso corporal das matrizes durante a lactação, enquanto a produção de leite e o desempenho dos leitões não foram afetados.

Ainda são limitadas as informações sobre a inclusão de DDGS em dietas para matrizes lactantes com a utilização de xilanase. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da xilanase em dietas contendo (DDGS) (20%) sobre o desempenho zootécnico e produtivo (leitegada), digestibilidade dos nutrientes, perfil bioquímico e hematológico das matrizes, composição físico-química do leite e avaliação imunológica das fêmeas suínas lactantes.

4.2 Material e Métodos

Todos os protocolos experimentais realizados foram submetidos e aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais de Produção da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste, Protocolo nº 021/2020).

4.2.1 Desenho experimental, instalações e dietas

Um total de 60 porcas (Agroceres PIC) foram distribuídas em um delineamento experimental em blocos casualizados com dois tratamentos. As três rodadas foram consideradas como bloco. As fêmeas em cada baia foram consideradas como unidade experimental e classificadas em três grupos: 24 primíparas, 26 matrizes de dois a três partos e 10 matrizes de quatro a cinco partos, com média de ordem de parto de 2,01 para o grupo que recebeu a dieta sem a enzima e de 2,10 para o grupo que recebeu a dieta com a suplementação de xilanase (100 g/t de ração). A média de peso inicial das matrizes foi de 236,55 kg e de 209,27 kg para peso final.

As instalações eram de alvenaria, dispondo de celas parideiras, compostas por uma gaiola metálica (3,84 m²) com piso metálico vazado, barras de proteção para os leitões (2,4 m de comprimento × 1,60 m de largura × 1,30 m de altura), comedouro frontal em inox, comedouro auxiliar para leitões em inox, bebedouros tipo chupeta fixos para as matrizes e para os leitões, e escamoteador (0,98 m de comprimento × 0,68 m de largura × 0,66 de altura) contendo piso aquecido a fim de manter o conforto térmico entre 28°C e 32°C para a leitegada. Os leitões eram direcionados para o escamoteador antes de cada refeição da matriz com o objetivo de evitar o esmagamento.

A temperatura do ambiente do galpão foi registrada usando um *datalloger* (Vketech, modelo *temperature instruments*) instalado no centro do galpão. O controle de temperatura e ventilação no interior da instalação foi realizado com auxílio de cortinas e sistema de ventilação forçada, sistema que consiste em placas evaporativas e ductos que reduzem a temperatura do ar através do processo evaporativo, incidindo sobre a cernelha das matrizes.

O fornecimento das dietas experimentais, uma vez ao dia (2 kg de ração/matriz), foi iniciado no período pré-parto (cinco dias antes do parto) com as fêmeas alojadas na maternidade. No dia previsto do parto as matrizes não foram arraçoadas mantendo somente água *ad libitum*, a fim de reduzir os problemas durante a parição (AMARAL et al., 2006). Após o parto, as matrizes receberam ração *ad libitum*, visando manter um suprimento constante de ração para os animais.

As dietas foram formuladas à base de milho e farelo de soja, suplementadas com aminoácidos industriais de acordo com as exigências nutricionais propostas por Rostagno et al. (2017) (Tabela 1). Os tratamentos dietéticos consistiram em uma dieta controle (com DDGS sem a suplementação da enzima xilanase) e uma dieta DC com suplementação de xilanase (100 g/t de ração). Todas as dietas continham a enzima fitase. A enzima utilizada de nome comercial

RONOZYME® WX 2.000 (CT) é uma preparação granulada de endo-1,4-β-xilanase, estável ao calor (IUB No.2.1.8), de *Thermomyces lanuginosus*, produzida por fermentação submersa de um microrganismo *Spergillus oryzae*, geneticamente modificado. O tamanho médio das partículas é de aproximadamente 600 μm, com aparência granulada revestido e não empoeirado, de cor castanho claro. A enzima possui uma atividade de 2.000 unidades de xilanase fúngica (FXU) (W) por grama. Para utilização na alimentação de suínos de engorda, a quantidade recomendada pelo fabricando é (dose diária >250g) de 40-60 g por tonelada de ração.

Tabela 5. Composição centesimal das dietas experimentais para matrizes suínas em lactação alimentadas com dietas formuladas com grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sem ou com xilanase

Ingredientes (%)	Dieta controle	Dieta contendo xilanase
Milho Grão 7,86%	50,626	50,626
Farelo de Soja 45,4%	20,260	20,260
DDGS	20,000	20,000
Óleo de soja	2,820	2,820
Açúcar comum	2,000	2,000
Fosfato Bicálcico	1,317	1,317
Calcário	1,018	1,018
NaCl	0,488	0,488
Suplemento Mineral e Vitamínico[1]	0,500	0,500
Inerte[2]	0,010	-
Adsorvente[3]	0,150	0,150
L-Lisina Hcl, 98%	0,471	0,471
L-Valina 95,5%	0,114	0,114
L- Treonina 96,8%	0,106	0,106
L-Triptofano 99%	0,054	0,054
DL-Metionina 99,5%	0,049	0,049
Fitase	0,006	0,006
Xilanase	-	0,010
Total	100,00	100,00
Composição Calculada		
Energia Metabolizável, kcal kg^{-1}	3.400	3.400
Proteína Bruta, %	20,59	20,59
Cálcio, %	0,790	0,790
P disponível, %	0,428	0,428
Na, %	0,203	0,203
Lisina digestível, %	1,048	1,048
Metionina+Cistina digestível, %	0,324	0,324
Treonina digestível, %	0,679	0,679
Isoleucina digestível, %	0,675	0,675

Leucina digestível, %	1,600	1,600
Arginina digestível, %	0,968	0,968
Triptofano digestível, %	0,230	0,230
Valina digestível, %	0,867	0,867
Fibra bruta, %	2,046	2,046
FDN, %	16,480	16,480

[1]Quantidade por kg de dieta: Vitamina A (min) 1.040.000UI kg^{-1}; Vitamina D3(min) 156.000UI kg^{-1}; Vitamina E (min)8.850UI kg^{-1}; Vitamina K3 (min) 260mg kg^{-1}; Vitamina B1(min) 130mg kg^{-1}; Vitamina B2 (min) 520mg kg^{-1}; Vitamina B6 (min) 195mg kg^{-1}; Vitamina B12 (min) 2.600mg kg^{-1}; Niacina (min) 3.250mg kg^{-1}; Ácido pantotênico (min) 2.080mg kg^{-1}; Ácido fólico (min) 130mg kg^{-1}; Biotina (min) 32,5mg kg^{-1}; Cloreto de colina (min) 78g kg^{-1}; Zinco (min) 11.97g kg^{-1}; Manganês (min)4.410mg kg^{-1}; Ferro (min) 8.83g kg^{-1}; Cobre (min) 1.320mg kg^{-1}; Iodo (min) 108.9mg kg^{-1}; Selênio (min) 39.70mg kg^{-1}.
[2]Inerte usado para o preenchimento das fórmulas (caulim) e a inclusão da enzima xilanase foi realizada em substituição ao inerte.
[3]Promove a retenção de micotoxinas (Mycofix®).

4.2.2 Alojamento e Manejos

Aos 110 dias de gestação, as matrizes foram pesadas (balança Lider modelo ATS2016-PRO) e alojadas na maternidade. A transferência, quinzenalmente, foi realizada no período da manhã, utilizando tábua de manejo, prezando as técnicas de bem-estar para evitar estresse. As matrizes foram alojadas em gaiolas parideiras individuais permanecendo por um período de 26 dias (cinco dias aclimatação e 21 dias de lactação).

A espessura de toucinho e a profundidade de lombo foram determinados no momento da transferência e ao final da fase lactacional. As mensurações foram realizadas com aparelho ultrassom Aloka (Echo Camera, SSD-500, Tókio, Japão), aplicando-se a sonda no ponto P2, localizado a 65 mm da linha média dorsal, ao nível da última costela, aplicando-se transdutor linear de 15 cm e operação em frequência de 3,5 MHz. O óleo vegetal (≅ 45 mL) foi utilizado como meio condutor para a ligação entre a pele e o transdutor.

No dia do parto, logo após o nascimento, os leitões foram secos com pó secante (Sanex, Curitiba, Paraná, Brasil), de princípio ativo terra de diatomácea. O pó (20-50 g) foi aplicado manualmente sobre os leitões recém-nascidos e, em seguida, realizou-se o curativo do umbigo com solução hidroalcóolica glicerinada contendo 2,5 g de iodo/100 mL. Após os primeiros cuidados com os leitões, foi realizada a pesagem individual e de toda a leitegada (Digi-Tron, modelo ULB-3000, Curitiba, Paraná, Brasil) e a ingestão de colostro.

Após três dias de vida dos leitões foi aplicado ferro dextrano (1 mL/leitão) e realizado o corte da cauda. *Cross-fostering* foi realizado até o 3º dia de vida para garantir funcionalidade dos tetos das matrizes. Essa equalização foi realizada dentro do mesmo tratamento, respeitando o número de tetos das matrizes. O fornecimento de ração comercial para leitões ocorreu a partir do 5º dia de vida até o desmame.

4.2.3 Desempenho zootécnico e produtivo

O fornecimento de ração foi contabilizado no início e no final do experimento. As sobras e os desperdícios no piso e no comedouro de cada unidade experimental foram coletados diariamente e contabilizados ao final. O desempenho zootécnico e produtivo dos animais foi monitorado pelo consumo de ração diário médio (CRD), peso corporal inicial (PCI), peso corporal final (PCF), perda de peso corporal (PPC), espessura de toucinho inicial (ETI), espessura de toucinho final (ETF), profundidade de lombo inicial (PLI) e profundidade de lombo final (PLF). O desempenho zootécnico dos leitões foi monitorado pelo número de leitões nascidos vivos (NLNV), número de leitões desmamados (NLD), peso médio inicial de cada leitão (PMI), peso médio final de cada leitão (PMF), peso médio inicial da leitegada (PMIL) e ganho de peso diário (GPD).

4.2.4 Digestibilidade aparente do trato total dos nutrientes e energia

O indicador cinza insolúvel em ácido (CIA, celite®) foi adicionado às dietas (10 g kg^{-1}) aos 16 dias de lactação, para a determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes e energia. As dietas foram fornecidas durante três dias e no 4º dia foi realizada a coleta parcial de fezes, por horas ininterruptas, conforme a metodologia adaptada de Kavanagh et al. (2001).

Em seguida, as amostras foram encaminhadas ao Laboratorio de Nutrição Animal da Unioeste. Estas foram homogeneizadas e uma amostra, em duplicata, foi pesada (110g) (Bel engineering, modelo M4102, Monza, Itália) e seca em estufa de ventilação forçada a 55°C (Tecnal, modelo 394/2, Piracicaba, São Paulo, Brasil), por 72 horas (SILVA; QUEIROZ, 2002). Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho tipo micropulverizador (Tecnal Equipamento Científico, R-TE-350, Piracicaba, SP, Brasil) e armazenadas em potes plásticos de polietileno até as análises laboratoriais.

A composição bromatológica das dietas e fezes coletadas foi determinada quanto à matéria seca (método 930.15) (AOAC, 2006), matéria mineral (método 942.05) (AOAC, 2006), proteína bruta (método 984.13) (AOAC, 2006) e extrato etéreo (método 920.85) (AOAC, 1990). As análises de energia bruta das dietas e fezes foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC – Chapecó, SC, Brasil) utilizando bomba calorimétrica (IKA®, modelo C200, Wilmington, Carolina do Norte, USA).

A análise de CIA foi realizada por digestão com ácido clorídrico (1:1 água destilada:HCl), seguindo os procedimentos adaptados de Kavanagh et al. (2001).

Com base nos valores das análises, foram calculados os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), da matéria orgânica (CDAMO), da proteína bruta (CDAPB) e da energia bruta (CDAEB). De posse dos valores dos coeficientes de digestibilidade, os valores digestíveis de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína digestível (PD) e energia digestível (ED) foram calculados de acordo com Sakomura e Rostagno (2016).

4.2.5 Coleta e avaliação da composição físico-química do leite

Aos 14 dias de lactação, pico de lactação, segundo Hurley (2015), após a aplicação de 5 mL de ocitocina (Ocitovet, Ceva®, Paulínia, São Paulo, Brasil) via intramuscular, aproximadamente 40 mL de leite foi coletado. As amostras oriundas da ordenha manual do *pool* de tetas funcionais de cada fêmea foram homogeneizadas e armazenadas em recipientes estéreis (duplicatas técnicas). As análises do conteúdo do leite foram realizadas no Laboratório de Nutrição da Unioeste com o auxílio do aparelho analisador de leite (Tex Tech, modelo Milkoscope Expert Automatic, Cataguases, MG, Brasil) para determinação da gordura (%), densidade (kg/m³), lactose (%), extrato seco desengordurado (%), proteína (%), ponto de congelamento (ºC) e sólidos totais (%). A produção de leite, foi calculada com base na taxa de crescimento da leitegada e no número de leitões desmamados durante a lactação, conforme equação descrita por Noblet e Etienne (1989).

$$\text{Produção de leite} = (0{,}718 \times \text{GPDL} \times 100) - (4{,}9) \times (\text{NLD}) \div (0{,}19) \div 1000$$

(GPDL:ganho de peso diário de toda leitegada; NLD: número de leitão desmamado)

4.2.6 Amostragem e análise de variáveis sanguíneas

A colheita de sangue, via punção da veia cava cranial anterior (10 mL), foi realizada no período da manhã (9 h), sem realização de jejum, em todas as matrizes aos 16 dias de lactação utilizando agulha 12x40 e seringa de 40 mL. Após a colheita, o sangue foi transferido imediatamente para tubos de vidros estéreis a vácuo com ativador de coágulo ou contendo anticoagulante fluoreto de sódio para análise de glicose, heparina para ureia, sendo o soro usado para análise de albumina, proteínas totais e triacilglicerol. As amostras foram centrifugadas

(centrífuga Centrilab, modelo 80- 2B) a 3.000 rpm por 10 min em temperatura ambiente. Em seguida, aproximadamente 1,5 mL de plasma e soro de cada tubo foram transferidos para tubos de polietileno tipo eppendorf, em duplicatas técnicas e transportadas em caixa térmica contendo gelo (4°C) até o Laboratório de Análises de Sangue da Unioeste para processamento. Os tubos foram previamente identificados e congelados a -20°C para posteriores análises de albumina (método colorimétrico), glicose (método enzimático-colorimétrico), proteínas totais (método enzimático-biureto), ureia (método enzimático-colorimétrico) e triglicerídeo, (método enzimático-colorimétrico). A globulina foi calculada como a diferença entre a proteína total e a albumina plasmática. As análises foram realizadas em aparelho de espectrofotometria de absorção atômica (Biospectro, modelo SP-22, São Paulo, SP, Brasil) e kits específicos Gold Analisa Diagnóstica® (Belo Horizonte, MG, Brasil).

Para a avaliação do hemograma completo, o sangue foi transferido para tubos a vácuo contendo o anticoagulante ácido etilenodiamino tetra-acético e as amostras foram enviadas em caixa térmica (4°C) ao Laboratório Lotus (Cascavel /PR)Brasil). A avaliação foi realizada em um analisador hematológico automático (Mindray, modelo bs 120, Shenzen, China) para a quantificação de hemácias, hemoglobinas, hematócrito, volume corpuscular médio (VGM), amplitude da distribuição dos glóbulos vermelhos (RDW), concentração da hemoglobina corpuscular média (CHGM), proteína plasmática (PPT), plaquetas, leucócitos, bastonetes, segmentados, eosinófilos, monócitos e linfócitos.

Para a determinação da insulina endógena, imunoglobulina G (IgG) e imunoglobulina M (IgM), o sangue coletado foi transferido para tubos à vácuo contendo ativador de coágulo (injex acuo, FLS-3355, Osasco, SP, Brasil). Após centrifugar seguindo a metodologia já citada anteriomente, os sobrenadantes coletados foram armazenados em ultra freezer a -80°C sendo, posteriormente, transportados em gelo seco para o Laboratório Imunova (Curitiba, PR, Brasil). As amostras de insulina foram submetidas a quimioluminescência utilizando um analisador automático (Siemens, modelo Immulite 1000, China), seguindo o método BNT1265, (SHEN et al., 2019). Para avaliação das concentrações de IgG as amostras no soro foram determinadas pelo método de imunoturbidimetria, ABNT 1288, utilizando anticorpo marcado com fluorocromo, realizado em analisador bioquímico automatizado (Myndray, modelo BS480, China) (DENHAM et al., 2007). Para as variáveis de IgM também avaliadas no soro, com o auxílio do mesmo equipamento analisador bioquímico automatizado, seguindo o método BNT 1289 (DENHAM et al., 2007).

4.2.7 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o SAS (*Statistical Analysis System, University Edition*). O erro residual foi avaliado para *outliers* através do teste de Student. Caso os resíduos ultrapassassem 3, a amostra era retirada da análise estatística. Os dados foram analisados quanto à normalidade dos resíduos através do teste de Shapiro-Wilk. Para os dados de lactação, o modelo estatístico incluiu o efeito fixo do tratamento e o efeito aleatório do bloqueio. A paridade da porca, peso corporal inicial e a sala de parto foram utilizados como covariáveis. Para os demais resultados, utilizou-se o modelo citado sem incluir as covariáveis. Os efeitos do tratamento foram verificados via ANOVA ou ANCOVA utilizando o teste F. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Yijk = ÿ + Ti + bj + ÿijk,$$

em que *Yijk* = observação média da variável dependente em cada parcela, medida na i-ésima classe de tratamento, no j- ésimo bloco e na k-ésima replicação; *ÿ* = efeito da média geral; *Ti* = efeito fixo das classes de tratamento, para *i* = 1 e 2; *bj*= efeito de bloco, para *j* = 1 e 2; e *ÿijk* = erro aleatório do gráfico associado ao i-ésimo nível, j-ésimo bloco e k-ésima replicação.

4.3 Resultados

Desempenho zootécnico das matrizes

Não houve efeito (P> 0,05) da suplementação da enzima xilanase sobre os parâmetros de desempenho zootécnico das matrizes (Tabela 2).

Tabela 6. Efeito da suplementação de xilanase em dietas contendo grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sobre os parâmetros de desempenho de matrizes suínas em actação

Variáveis[1]	Tratamentos[2]		EPM[3]	P-valor[4]
	Controle	Xilanase		
PCI, kg	233,99	239,12	3,410	-
PCF, kg	210,93	207,62	3,680	0,410
PPC, kg	23,06	31,50	2,330	0,050
CRD, kg	4,52	4,62	0,110	0,470
ETI	1,73	1,76	0,038	-
ETF	1,37	1,44	0,035	0,410
Dif. ET	0,36	0,32	0,030	0,630
PLI	6,20	6,53	0,070	-
PLF	6,080	6,180	-0,080	0,560
Dif. PL	0,120	0,350	0,010	0,080

[1] PCI: peso corporal inicial; PCF: peso corporal final; PPC: Perda de peso corporal; CRD: consumo de ração diário; ETI: espessura de toucinho inicial; ETF: espessura de toucinho final; Dif. ET: diferenca espessura de toucinho da entrada e saída dos animais; PLI: profundidade de lombo inicial; PLF: profundidade de lombo final; Dif. PL: diferença da profunddidade de lombo de entrada e saída da maternidade.
[2] Dietas experimentais – dieta controle com grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sem adição da xilanase; xilanase: dieta com grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) + enzima xilanase.
[3] Erro Padrão da Média.
[4] Nível de significância.

Não houve efeito (P> 0,05) da suplementação da enzima xilanase sobre os parâmetros de desempenho zootécnico dos leitões (Tabela 3).

Tabela 7. Efeito da suplementação de xilanase em dietas contendo grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sobre os parâmetros de índices zootécnicos de leitões em lactação

Variáveis[1]	Tratamentos[2]		EPM[3]	P-valor[4]
	Controle	Xilanase		
NLNV	14,76	14,69	0,348	0,847
NLD	13,90	13,92	0,099	0,911
PMI, kg	1,44	1,43	0,022	0,834
PMF	6,15	6,34	0,091	0,229
PMIL	21,27	21,32	0,556	0,947
GPD, kg/d	0,270	0,280	0,004	0,576

[1] número de leitões nascidos vivos (NLNV), número de leitões desmamados (NLD), peso médio inicial de cada leitão (PMI), peso médio final de cada leitão (PMF), peso médio inicial da leitegada (PMIL), ganho de peso diário (GPD).
[2] Dietas experimentais – dieta controle com grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sem adição da xilanase; xilanase: dieta com grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) + enzima xilanase.
[3] Erro Padrão da Média.
[4] Nível de significância.

Digestibilidade aparente dos nutrientes e energia

Houve efeito para o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (P = 0,012) e para o valor de proteína digestível (P = 0,001). Os animais que consumiram a dieta contendo a enzima xilanase apresentaram maior coeficiente de digestibilidade, bem como maior valor de proteína digestível, quando comparado aos que receberam a dieta controle. Para os demais parâmetros não foi obtido efeito da inclusão da enzima xilanase (Tabela 4).

Tabela 8. Efeito da suplementação de xilanase em dietas contendo grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sobre os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e os nutrientes digestíveis para matrizes suínas em lactação

Variáveis[1]	Tratamentos[2]		EPM[3]	P-valor[4]
	Controle	Xilanase		
CDAMS, %	83,72	84,82	0,448	0,298
CDAPB, %	82,51[b]	85,79[a]	0,627	0,012
CDAMO, %	86,30	87,83	0,387	0,062
CDAEB, %	82,82	82,19	0,707	0,543
MSD, g kg^{-1}	83,84	84,43	0,476	0,695
PD, g/kg^{-1}	17,94[b]	19,09[a]	0,150	0,001
MOD, g kg^{-1}	80,04	81,17	0,343	0,157
ED, kcal kg^{-1}	3,27	3,19	35,698	0,193

[a,b] Médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste F (P < 0.05)
[1] CDAMS: coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca; CDAPB: coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta; CDAMO: coeficiente de digestibilidade aparente da matéria orgânica; CDAEB: coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta; MSD: matéria seca digestível; PD: proteína digestível; MOD: matéria orgânica digestível; ED: energia digestível.
[2] Dietas experimentais – dieta controle com grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sem adição da xilanase; xilanase: dieta com grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) + enzima xilanase.
[3] Erro Padrão da Média.
[4] Nível de significância.

Composição físico-química do leite

Houve efeito para o percentual de gordura (P = 0,031) do leite proveniente de matrizes que receberam dietas contendo a enzima xilanase em comparação às que receberam a dieta controle. Para os parâmetros de produção de leite, densidade, percentuais de lactose, extrato seco, proteína e sólidos do leite, não houve diferença (P>0,05) entre os tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5. Efeito da suplementação de xilanase em dietas contendo grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sobre a composição química do leite de matrizes suína em lactação

Variáveis	Tratamentos[1]		EPM[2]	P-valor[3]
	Controle	Xilanase		
Produção de Leite	20,30	20,56	0,470	0,810
Gordura %	6,71b	7,49[a]	0,197	0,031
Densidade kg/m^2	32,95	32,32	0,195	0,092
Lactose %	5,58	5,55	0,027	0,714
Extrato seco desengordurado %	10,17	10,12	0,051	0,694
Proteína %	3,74	3,70	0,019	0,462
Sólidos %	0,83	0,83	0,004	0,828

[a,b] Médias na mesma linha com diferentes letras sobrescritas diferem pelo teste F ($p \leq 0,05$).
[1] Dietas experimentais – dieta controle com grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sem adição da xilanase; DDGS+xilanase: dieta com grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) + enzima xilanase.
[2] Erro Padrão da Média.
[3] Nível de significância.

Perfil bioquímico e hematológico de matrizes suínas

Os animais do grupo que receberam a dieta com xilanase apresentaram maior concentração (P = 0,009) de albumina em comparação aos animais do grupo controle. Para os parâmetros de glicose, ureia, triacilglicerol colesterol, proteínas totais e globulina não foi obtido diferença (P>0,05) (Tabela 6).

Tabela 6. Efeito da suplementação de xilanase em dietas contendo grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sobre o perfil bioquímico sanguíneo de matrizes suínas em lactação

Variáveis	Tratamentos[1]		EPM[2]	P-valor[3]
	Controle	Xilanase		
Glicose, mg dL^{-1}	69,978	79,137	4,123	0,226
Globulina, mg dL^{-1}	4,23	4,02	0,089	0,267
Ureia, mg dL^{-1}	40,198	40,743	0,681	0,757
Triacilglicerol, mg dL^{-1}	27,592	27,089	0,884	0,739
Colesterol, mg dL^{-1}	46,401	48,144	2,224	0,406
Albumina, mg dL^{-1}	3,015[b]	3,104[a]	0,068	0,009
Proteínas totais, mg dL^{-}	7,219	7,154	0,076	0,995

[a,b] Médias na mesma linha com diferentes letras sobrescritas diferem pelo teste F ($p \leq 0,05$).
[1] Dietas experimentais – dieta controle com grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sem adição da xilanase; DDGS+xilanase: dieta com grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) + enzima xilanase.
[2] Erro Padrão da Média.
[3] Nível de significância.

Houve efeito (P=0,016) para amplitude de distribuição dos eritrócitos (RDW) sendo valor maior para as matrizes alimentadas com dieta do grupo controle (Tabela 7). Para os demais parâmetros hematológicos avaliados não foi observado efeito (P> 0,05).

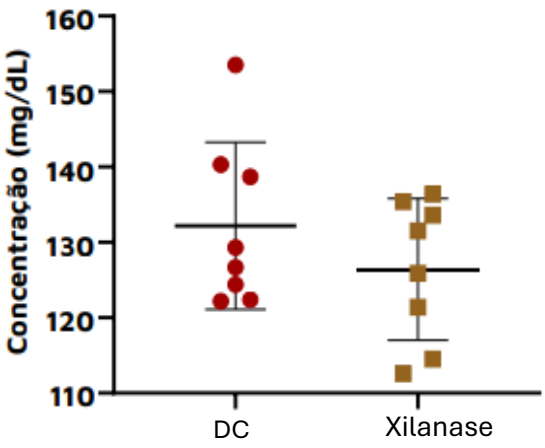
Tabela 7. Efeito da suplementação de xilanase em dietas contendo grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sobre o perfil hematológico de matrizes suínas em lactação

Variáveis[1]	Tratamentos[2]		EPM[3]	P-valor[4]
	Controle	Xilanase		
Hemácia, µL	5,84	5,95	0,076	0,364
Hemoglobina, g dL^{-1}	11,96	11,76	0,161	0,457
Hematócrito, %	35,07	35,61	0,585	0,645
Volume glomerular médio, f L	60,28	59,84	0,727	0,752
Concentração Hemoglobina, g dL^{-1}	33,27	33,12	0,048	0,096
RDW, g dL^{-1}	19,65[a]	18,43[b]	0,468	0,016
Proteína plasmática total, g dL^{-1}	7,43	7,643	0,980	0,164
Plaquetas, µl	248,85	266,39	9,809	0,363
Leucócitos, µL	18,42	18,31	0,605	0,989
Neutrófilos segmentados, %	53,93	54,17	1,394	0,788
Eosinófilos, %	4,91	4,00	0,395	0,339
Linfócitos, %	39,77	40,82	1,233	0,761
Monócitos, %	1,96	1,86	0,275	0,696

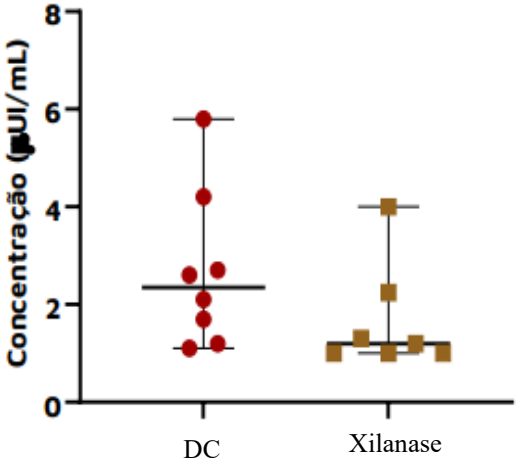
[a,b] Médias na mesma linha com diferentes letras sobrescritas diferem pelo teste F ($p \leq 0,05$).
[1] RDW: Amplitude de distribuição dos eritrócitos.
[2] Dietas experimentais – dieta controle com grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sem adição da xilanase; DDGS+xilanase: dieta com grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) + enzima xilanase.
[3] Erro Padrão da Média.
[4] Nível de significância.

Imunoglobulina G (IgG), Insulina Endógena e Imunoglobulina M (IgM): Não houve diferença (P>0,05) entre os grupos para os parâmetros de IgG, insulina endógena e IgM (Figura 1).

a) Imunoglobulina G (IgG)



b) Insulina Endógena



c) Imunoglobulina M (IgM)

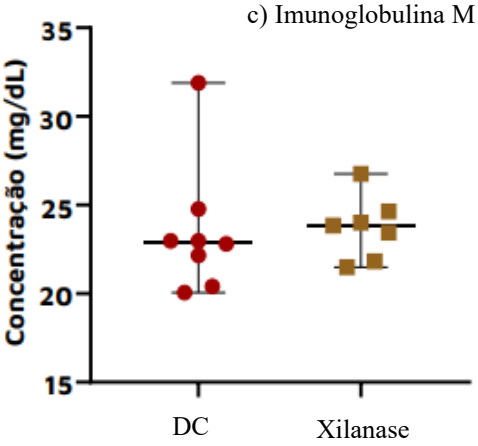


Figura 2 – Efeito da suplementação de xilanase em dietas contendo grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sobre a imunoglobulina G (IgG) (Figura 1A), insulina endógena (Figura 1B) e imunoglobulina M (IgM) (Figura 1C) de matrizes suína lactantes. Dietas experimentais: (DC) dieta controle com grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) sem adição da xilanase; (Xilanase): dieta com grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) + enzima xilanase.

4.4 Discussão

A melhora na digestibilidade da proteína observada para as matrizes alimentadas com dieta contendo xilanase pode ser atribuída ao efeito da enzima sobre a hidrólise dos arabinoxilanos, elevando a disponibilidade de nutrientes como as proteínas que podem estar encapsuladas na parede celular das plantas (VIEITES et al., 2020). Os arabinoxilanos, ao serem

fragmentados, transformam-se em moléculas com peso molecular mais baixo e podem ser mais facilmente absorvidos ou fermentadas no intestino (ADEOLA; COWIESON, 2011), promovendo melhorias na digestibilidade. Outro efeito atribuído à xilanase está relacionado à diminuição da viscosidade pela hidrólise dos arabinoxilanos solúveis (RAZA; BASHIR; TABASSUM, 2019).

Houve aumento do percentual de gordura do leite proveniente das matrizes que consumiram a dieta contendo a enzima xilanase. Hurley (2015) relata que a composição da dieta pode afetar os componentes do leite. De fato, a enzima xilanase hidrolisa a parede celular (CHO et al., 2016) liberando nutrientes como lipídios. De acordo com Campbell e Bedford (1992) e Nortey et al. (2007) as enzimas carboidrases liberam nutrientes inacessíveis na matriz celular como amido, proteína, lipídios e minerais. Uma degradação bem-sucedida dos polissacarídeos não amiláceos pode melhorar o uso de nutrientes e aumentar a eficiência energética (CHO; KIM et al., 2013) podendo ser destinados à produção e composição do leite das matrizes. Entretanto, Lopes et al. (2009) não observaram efeito na composição do leite ao adicionar um complexo enzimático contendo carboidrases na dieta de porcas lactantes.

O aumento da gordura no leite obtido não foi suficiente para interferir no desempenho da leitegada. Essa falta de interação pode estar associada ao aumento da prolificidade das fêmeas nas últimas décadas que, por sua vez, acarretou um menor peso do leitão ao nascer, maior competição no momento da mamada, falta de glicogênio de reserva e gordura corporal (BAXTER et al., 2013; MANZKE et al., 2016). Assim, o aumento da gordura no leite pode ter sido direcionado para a mantença do leitão, justificando a ausência de interação entre a composição do leite e o desempenho zootécnico do leitão.

Embora não tenha obtido efeito no desempenho dos leitões, os parâmetros de GPD e peso do leitão ao desmame podem ser considerados satisfatórios (0,280 kg GPD e 6,34 kg ao desmame, respectivamente) quando comparados com os resultados descritos por González (2023) que obteve 0,231 kg de GPD e 6,29 kg de peso ao desmame, ao avaliar o efeito da suplementação de xilanase (100 g/t) sobre a digestibilidade e desempenho zootécnico da leitegada de matrizes suínas gestantes e lactantes.

Os resultados encontrados para os níveis de ureia, glicose, proteínas totais, triglicerídeos, colesterol e albumina ficaram dentro dos padrões de referência sanguínea relatados na literatura (FRIENDSHIP; HENRY, 1992; VERHEYEN et al., 2007; KANEKO et al., 2008). Um maior nível de albumina foi obtido as matrizes alimentadas com dietas contendo a enzima xilanase. De acordo com Lehnen et al. (2011), o uso de fitase e xilanase nas dietas melhorou o aproveitamento de cálcio, fósforo e de alguns aminoácidos para suínos em fase de

crescimento. A melhora na digestibilidade da proteína também pode ter contribuído para esse resultado. Segundo Horwat et al. (2020), o nível de albumina e ureia podem ser um indicador de um nível adequado de proteína na dieta.

As fêmeas alimentadas com dieta contendo a enzima xilanase obtiveram maior amplitude de distribuição dos glóbulos vermelho (RDW), indicando variação de tamanho nas hemácias. Alterações morfológicas nos glóbulos vermelhos podem ser consideradas negativas pela literatura por serem indicadores de desafio sanitário (SCHEPETKIN; KUSHNARENKO; ÖZEK, 2016). No entanto, um resultado isolado sem que haja alteração em outros parâmetros pode não ter um significado clínico. Deve-se considerar, que os valores encontrados estão próximos aos referenciados por Kaneko et al. (2008). A fase lactacional pode levar ao catabolismo e, consequentemente, ao estresse oxidativo e à produção de radicais livres (ZHAO et al., 2020). Nesse contexto, uma interferência na eritropoiese sanguínea pode ter ocorrido devido à presença de radicais livres (POGGIALI et al., 2013).

4.5 Conclusão

A suplementação de xilanase em dietas contendo 20% de DDGS melhora a digestibilidade da fração proteica e o percentual de gordura do leite sem alterar o desempenho zootécnico das matrizes e suas leitegadas, sem alterar os parâmetros bioquímicos, hematológicos e imunológicos sanguíneos das matrizes em lactação.

Disponibilidade de dados

O conjunto de dados utilizados e/ou analisados durante o estudo estão disponíveis ao autor correspondente mediante solicitação razoável.

4.6 Referências

ACOSTA, J.A.; STEIN, H.H.; PATIENCE, J.F. Impact of increasing the levels of insoluble fiber and the method of diet formulation on measures of energy and nutrient digestibility in growing pigs. **Journal Animal Science***,* v. 98, p. 1-9, 2020.

ADEOLA, O.; COWIESON, A.J. Board-invited review: opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 10, p. 3189-3218, 2011.

AMARAL, A.L.; SILVEIRA, P.R.; LIMA, G.J.M.M.; KLEIN, C.S.; PAIVA, D.P.; MARTINS, F.; KICH, J.D.; ZANELLA. J.R.C.; FÁVERO. J.; LUDKE, J.V.; BORDIN, L.C.; MIELE, M.; HIGARASHI, M.M.; MORÉS, N.; COSTA, O.A.D.; OLIVEIRA, P.A.V.; BERTOL, T.M.; SILVA, V.S. **Boas Práticas de produção de suínos**. Concórdia, SC, 2006.

AOAC. Association Of Official Agricultural Chemists. **Official Methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 15. ed. 1990. v. 2.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 18. ed. Gaithersburg: AOAC International, 2006.

BAXTER, E.M.; RUTHERFORD, K.M.D.; D'EATH, R.B.; ARNOTT, G.; TURNER, S.P.; SANDØE, P.; MOUSTSEN, V.A.; THORUP, F.; EDWARDS, S.A.; LAWRENCE, A.B. The welfare implications of large litter size in the domestic pig II: management factors. **Animal Welfare,** n. 22, p. 219-238, 2013.

CAMPBELL, G.L.; BEDFORD, M.R. Enzyme applications for monogastric feeds: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 72, p. 449-466, 1992.

CHO, J.H.; KIM, E.I.H. Effects of beta mannanase and xylanase supplementation in low energy density diets on performances, nutrient digestibility, blood profiles and meat quality in finishing pigs. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 8, n. 4, p. 622-630, 2013.

CHO, J.H.; PARK, J.H.; LEE, D.H.; LEE, J.M.; SONG, T.H.; KIM, I.H.; Effects of xylanase supplementation on growth performance, digestibility, fecal gas emission and meat quality in growing and finishing pigs. **Journal Animal Science**, v. 89, n. 8, p. 97-95, 2016.

CHRENKOVÁ, M.; ČERESNKOVÁ, Z.; FORMELOVÁ, Z.; PPLÁCIKOVÁ, M.; MLYNEHOVÁ, Z.; FLAK, P. Chemical and nutritional characteristics of different types of DDGS for ruminants. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 21, p. 425-435, 2012.

DENHAM, E.; MOHN, BA; TUCKER, L.; LUN, A.; CLEAVE, P.; BOSWELL, D.R. Evaluation of immunoturbidimetric specific protein methods using the Architect ci8200: comparison with immunonephelometry. **Annals of Clinical Biochemistry,** v. 44, n.6, p. 529–536. 2007.

FRIENDSHIP, R.B.; HENRY, S.C. Cardiovascular system, hematology and clinical chemistry. In: LEMAN, A.D.; STRAW, B.E.; D'ALLAIRE, S.; MENGELING, W.L.; TAYLOR, D.J. (eds.) **Diseases of Swine**. Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1992. p. 1-20.

GONZÁLEZ-ORTIZ, G.; CORDERO, G.; HASAN, S.; LIZARDO, R.; BEDFORD, M.R. Xylanase supplementation in sows and its effects on digestibility and offspring, **Animal Science Proceedings**, v.14, n.7, p. 53-854, 2023.

HORWAT, D.; GARCIA, E.; POLTRONIERI, P.T.; BRUM, J.S. Avaliação hematológica e bioquímica de suínos da região metropolitana de Curitiba. **Archives of Veterinary Science**, v. 25, n. 5, p. 92-93, 2020.

HURLEY, W.L. Composition of sow colostrum and milk. In: FARMER, C. (Ed.) **The Gestating and Lactating Sow**. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2015. p. 115-127.

IRAM, A.; CEKMECELIOLU, D.; DEMIRCI, A. Distillers' dried grains with solubles (DDGS) and its potential as fermentation feedstock. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 104, n. 14, p. 6115-6128, 2020.

JAKOBSEN, G.V.; JENSEN, B.B.; BACH KNUDSEN, K.E.; CANIBE, N. 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.

KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 6. ed. San Diego: Academic Press, 2008.

KAVANAGH, S.; LYNCH, P.B.; O'MARA, F.; CAFFREY, P.J.A comparison of total collection and marker technique for the measurement of apparent digestibility of diets for growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 89, p. 49-58, 2001.

KERR, B.J.; SHURSON, G.C. Strategies to improve fiber utilization in swine. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 4, n. 1, p. 1-12, 2013.

LEHNEN, J. et al. Effects of phytase and xylanase supplementation on nutrient utilization in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 5, p. 1560-1567, 2011. DOI: 10.2527/jas.2010-3364

LI, Z.C.; LI, P.; LIU, D.W.; LI, D.F.; WANG, F.L.; SU, Y.B.; ZHU, Z.P.; PIAO, X.S. Determination of the energy value of corn distillers dried grains with solubles containing different oil levels when fed to growing pigs. **Journal of Animal Physiologic and Animal Nutrition**, v. 101, n. 2, p. 339-348, 2017.

LOPES, D.C.N.; LIMA, G.J.M.M.D.; XAVIER, E.G.; BARANCELLI, R.; LAUXEN, J.A.; BRUM JÚNIOR, B.D.S.; VALENTE, B.S. Enzimas carboidrases na dieta de porcas lactantes e suas leitegadas. **Ciência Rural**, v. 39, p. 2578-2583, 2009.

MANZKE, N.E.; GOMES, B.K.; LIMA, G.J.M.M.; XAVIER, E.G. Nutrição de leitões neonatos: importância da suplementação. **Archivos de Zootecnia**, v. 65, n. 252, p. 585-591, 2016.

NOBLET, J.; ETIENNE, M. Estimation of sow milk nutrient output. **Journal of Animal Science**, v. 67, p. 3352-3359, 1989.

NORTEY, T.N.; PATIENCE, J.F.; SIMMINS, P.H.; TROTTIER, N.L.; ZIJLSTRA, R.T. Effects of individual or combined xylanase and phytase supplementation on energy, amino acid, and phosphorus digestibility and growth performance of grower pigs fed wheat-based diets containing wheat millrun. **Journal Animal Science**, v. 85, n. 6, p. 1432-1443, 2007.

PEDERSEN, M.B.; DALSGAARD, S.; BACH KNUDSEN, K.E.; YU, S.; LÆRKE, H.N. Compositional profile and variation of distillers dried grains with solubles from various origins with focus on non-starch polysaccharides. **Animal Feed Science Technology**, v. 197, p. 130-141, 2014.

PETRY, A.L.; PATIENCE, J.F. Xylanase supplementation in corn-based swine diets: a review with emphasis on potential mechanisms of action. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 11, p. skaa318, 2020.

POGGIALI, F. et al. Oxidative stress and its impact on erythropoiesis in animals. **Veterinary Journal**, v. 197, n. 2, p. 222-230, 2013. DOI: 10.1016/j.tvjl.2012.09.012

RAZA, A.; BASHIR, S.; TABASSUM, R. An update on carbohydrases: growth performance and intestinal health of poultry. **Heliyon**, v. 5, n. 4, p. e01437, 2019.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; PERAZZO, F.G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.L.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, 2017.

RUIZ, U.D.S.; THOMAZ, M.C.; HANNAS, M.I.; FRAGA, A.L.; WATANABE, P.H.; SILVA, S.Z.D. Complexo enzimático para suínos: digestão, metabolismo, desempenho e impacto ambiental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 458-468, 2008.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2016.

SCHEPETKIN, I.A.; KUSHNARENKO, S.V.; ÖZEK, G. Modulation of human neutrophil responses by the essential oils from Ferula a kitschkensis and their constituents. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, n. 38, p. 7156-7170, 2016.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de Alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: Ed. UFV, 2002.

SILVA, J.R.; NETTO, D.P.; SCUSSEL, V.M. Grãos secos de destilaria com solúveis, aplicação em alimentos e segurança: Revisão. **PUBVET**, v. 10, n. 3, p. 257-270, 2016.

VERHEYEN, A.J.M.; MAES, D.G.D.; MATEUSEN, B.; DEPREZ, P.; JANSSENS, G.P.J.; LANGE, L.; COUNOTTE, G. Serum biochemical reference values for gestating and lactating sows. **The Veterinary Journal**, v. 174, n. 1, p. 92-98, 2007.

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

WANG, B.; EZEJI, T.; SHI, Z., FENG, H.; BLASCHEK, H.P. Pretreatment and conversion of distiller's dried grains with solubles for acetone-butanol-ethanol (ABE) production. **Transactions of the ASABE**, v. 52, n. 3, p. 885-892, 2009.

ZHAO, J.; ZHANG, G.; LIU, L.; WANG, L.; ZHANG, S. Effects of fibre-degrading enzymes in combination with different fibre sources on ileal and total tract nutrient digestibility and fermentation products in pigs. **Archives of Animal Nutrition**, v. 74, n. 4, p. 309-324, 2020.

ZHOU, P.; NUNTAPAITOON, M.; PEDERSEN, T.F.; BRUUN, T.S.; FISKER, B.; THEIL, P.K. Effects of mono-component xylanase supplementation on nutrient digestibility and performance of lactating sows fed a coarsely ground diet. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 1, p. 181- 193, 2018.