

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIENCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Júlia de Camargo da Silva

**CARBOIDRASES EM DIETAS DE LEITÕES NA CRECHE: REVISÃO
SISTEMÁTICA E META-ANÁLISE**

Santa Maria, RS
2022

Júlia de Camargo da Silva

**CARBOIDRASES EM DIETAS DE LEITÕES NA CRECHE: REVISÃO
SISTEMÁTICA E META-ANÁLISE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Produção Animal**

Orientador: Prof. Dr. Vladimir de Oliveira

Santa Maria, RS

2022

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

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

da Silva, Júlia de Camargo
Carboidrases em dietas de leitões na creche: Revisão sistemática e meta-análise / Júlia de Camargo da Silva.- 2022.
44 p.; 30 cm

Orientador: Vladimir de Oliveira
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Zootecnia, RS, 2022

1. Carboidrase 2. Digestibilidade 3. Desempenho 4. Leitões I. de Oliveira, Vladimir II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

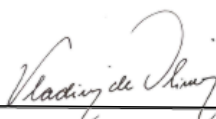
Declaro, JÚLIA DE CAMARGO DA SILVA, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Júlia de Camargo da Silva

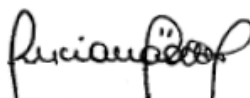
**CARBOIDRASES EM DIETAS DE LEITÕES NA CRECHE: REVISÃO
SISTEMÁTICA E META-ANÁLISE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Produção Animal**

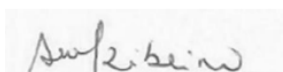
Aprovado em 25 de fevereiro de 2022:



Vladimir de Oliveira, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Luciana Pötter, Dra. (UFSM)
(videoconferência)



Andréa Machado Leal Ribeiro, Dra. (UFRGS)
(videoconferência)

Santa Maria, RS
2022

AGRADECIMENTOS

O meu agradecimento vai aos que me deram força e participaram de alguma forma no processo de execução desta dissertação.

Primeiro agradeço à Deus, pela oportunidade de adquirir mais conhecimento com o mestrado e evoluir como pessoa e profissional. Depois agradeço à minha família (mãe Cassia, vó Glecy, irmãos Valdir Junior e Fabiana) e amigos, meus alicerces e pilares que deram apoio em todos os momentos fazendo com que eu sempre me mantivesse empenhada e motivada em oferecer o melhor de mim.

Agradeço também à equipe do Laboratório de suinocultura da UFSM pelas orientações e aprendizados. À banca avaliadora pelos aconselhamentos e orientações finais que contribuíram para o aperfeiçoamento desta dissertação.

E por último, mas não menos importante, agradeço a instituição de ensino, pela qual recebi o título de mestre incluindo todos os servidores pertencentes a coordenações e secretárias que também fizeram parte deste momento.

“Todos esses que aí estão
atravancando meu caminho,

Eles passarão...

Eu passarinho!”

(MARIO QUINTANA)

RESUMO

CARBOIDRASES EM DIETAS DE LEITÕES NA CRECHE: REVISÃO SISTEMÁTICA E META-ANÁLISE

AUTORA: Júlia De Camargo Da Silva
ORIENTADOR: Vladimir De Oliveira

O objetivo deste meta-análise foi avaliar os efeitos de multi-carboidrases, tendo como substrato os polissacarídeos não amiláceos (PNA), na digestibilidade total de dietas e desempenho de leitões, em fase de creche. Inicialmente foi realizada uma busca em plataformas de pesquisa (PubMed, Science Direct, Scielo e Web of Science) utilizando as palavras-chave: “carboidrase”, “leitões”, “desempenho” e “digestibilidade”. Foram encontrados 254 artigos, dos quais 26 atenderam os critérios de elegibilidade e resultaram em 56 estudos considerados. As variáveis de digestibilidade foram matéria seca (MS), energia bruta (EB), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). Na avaliação do desempenho considerou-se o consumo de ração diário (CRD), ganho de peso diário (GPD) e conversão alimentar (CA). Os dados foram analisados para efeito da adição de carboidrases sobre as variáveis de interesse, através do método do tamanho de efeito (TE), com intervalo de confiança de 95%. Também foram realizadas análises de meta-regressão para investigar o efeito das covariáveis polissacarídeos não amiláceos totais (PNA_{TT}), polissacarídeos não amiláceos solúveis (PNA_{sol}) e polissacarídeos não amiláceos insolúveis (PNA_{ins}) sobre o efeito das carboidrases nas variáveis analisadas. Os resultados de desempenho foram analisados por períodos, de acordo com a duração experimental dos estudos: 1 a 7 dias (P1), 8 a 14 dias (P2), 15 a 21 dias (P3); 22 a 28 dias (P4), 29 a 42 dias (P5) e período total (PTOTAL – 1 a 42 dias). A análise dos dados indicou que a utilização de multi-carboidrases aumenta a digestibilidade da MS, EB e PB. Constatou-se maior GPD ($P < 0,05$) dos leitões que receberam suplementação enzimática, exceto no P5 e P6. As multi-carboidrases influenciaram a CA de leitões no P2 (TE = 0,131 (0,018,0,245); $P = 0,023$). As análises de meta-regressão indicaram que o consumo de PNA_{TT} , PNA_{INS} e PNA_{SOL} influenciam a ação enzimática no CR durante o P1, P3 e no PTOTAL (PNA_{TT} , TE= 1,05-3,75x, $P=0,023$; PNA_{INS} , TE= 0,99-4,24x, $P=0,038$; PNA_{SOL} , TE= 1,14-22,68x, $P=0,004$). No GPD houve efeito no P3 e P5 (PNA_{TT} , TE = 0.22+1.17x, $P = 0,007$; PNA_{INS} , TE = 0.21+1.40x, $P = 0,005$; PNA_{SOL} , TE = 0.24+6.49x, $P = 0,036$). Com isso, conclui-se que as carboidrases exercem efeito no ganho de peso e conversão alimentar de leitões em fase de creche, em razão do aumento na digestibilidade total da matéria seca, proteína bruta e energia bruta.

Palavras-chave: Carboidrase. Digestibilidade. Desempenho. Leitões.

ABSTRACT

CARBOHYDRASE IN DIETS FOR PIGLETS IN NURSERY PHASE – SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS

AUTHOR: Júlia De Camargo Da Silva

ADVISOR: Vladimir De Oliveira

The objective of this meta-analysis was to evaluate the effects of multi-carbohydrases, having non-starch polysaccharides (NSP) as substrate, on the total tract digestibility of diets and performance of piglets, in the nursery phase. Initially, a search was carried out on research platforms (PubMed, Science Direct, Scielo and Web of Science) using the keywords: “carbohydrase”, “piglets”, “performance” and “digestibility”. A total of 254 articles were found, of which 26 met the eligibility criteria and resulted in 56 studies considered. The digestibility variables were dry matter (DM), gross energy (GE), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF). In the performance evaluation, the average daily feed intake (ADFI), average daily gain (ADG) and feed conversion (FC) were considered. The data were analyzed for the effect of the addition of carbohydrases on the variables of interest, using the effect size (ES) method, with a confidence interval of 95%. Meta-regression analyzes were also performed to investigate the effect of the covariates total non-starch polysaccharides (NSP_{TT}), soluble non-starch polysaccharides (NSP_{SOL}) and insoluble non-starch polysaccharides (NSP_{INS}) on the effect of carbohydrates on the variables analyzed. The performance results were analyzed by periods, according to the experimental duration of the studies: 1 to 7 days (P1), 8 to 14 days (P2), 15 to 21 days (P3); 22 to 28 days (P4), 29 to 42 days (P5) and total period (PTOTAL – 1 to 42 days). Data analysis indicated that the use of multi-carbohydrases increases the digestibility of DM, DM and CP. Higher ADG ($P < 0.05$) was observed in piglets that received enzyme supplementation, except in P5 and P6. The multi-carbohydrases influenced the FC of piglets at P2 (ES = 0.131 (0.018-0.245); $P = 0.023$). Meta-regression analyzes indicated that the consumption of NSP_{TT}, NSP_{INS} and NSP_{SOL} influence the enzymatic action in the CR during P1, P3 and PTOTAL (NSP_{TT}, ES = 1.05-3.75x, $P = 0.023$; NSP_{INS}, ES = 0.99-4.24x, $P = 0.038$; NSP_{SOL}, ES = 1.14-22.68x, $P = 0.004$). In the ADG, there was an effect on P3 and P5 (NSP_{TT}, ES = 0.22+1.17x, $P = 0.007$; NSP_{INS}, ES = 0.21+1.40x, $P = 0.005$; NSP_{SOL}, ES = 0.24+6.49x, $P = 0.036$). Therefore, it is concluded that carbohydrases influence the weight gain and feed conversion of piglets in the nursery phase, due to the increase in the total digestibility of dry matter, crude protein, and crude energy.

keywords: carbohydrase. Digestibility. Performance. Piglets.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma da pesquisa de literatura e triagem.	21
Figura 2 - Esquema do número de artigos encontrados de cada enzima.	23
Figura 3- Forest Plot da digestibilidade da matéria seca.....	28
Figura 4 - Forest Plot da digestibilidade da energia bruta.	29
Figura 5 - Forest Plot da digestibilidade da proteína bruta.....	30
Figura 6 - Forest Plot do ganho de peso no período total.	32
Figura 7 - Forest Plot da conversão alimentar no período 2.....	33
Figura 8 - Buble Plot da digestibilidade da energia bruta.	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Exemplos de carboidratos mais utilizadas na nutrição de leitões.....	18
Quadro 2 - Principais benefícios esperados das carboidratos.....	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais ingredientes das dietas utilizadas nos estudos.....	24
Tabela 2 - Composição nutricional das dietas utilizadas nos estudos.....	24
Tabela 3 - Frações de carboidratos calculada a partir das dietas dos estudos.	25
Tabela 4 - Efeitos de multi-carboidrase sobre o consumo de ração.....	31
Tabela 5 - Efeito de multi-carboidrase sobre o ganho de peso.	32
Tabela 6 - Efeito de multi-carboidrase sobre a conversão alimentar de leitões.	33
Tabela 7 - Meta-regressão da digestibilidade total.....	34
Tabela 8 - Meta-regressão do consumo de ração.....	35
Tabela 9 - Meta-regressão do ganho de peso.....	36
Tabela 10 - Meta-regressão da conversão alimentar.	36

LISTA DE ABREVIATURAS

Ca	Cálcio
DP	Desvio padrão
EB	Energia bruta
ED	Energia digestível
EL	Energia Líquida
EM	Energia Metabolizável
FB	Fibra Bruta
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
LDA	Lignina em detergente ácido
MS	Matéria seca
MET+CIS	Metionina + cistina
PB	Proteína Bruta
P DIS	Fósforo disponível
PNA	Polissacarídeo não amiláceo
P1	Período 1
P2	Período 2
P3	Período 3
P4	Período 4
P5	Período 5
PTOTAL	Período total

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 CARBOIDRATOS E POLISSACARÍDEOS NÃO AMILACEOS	15
2.2 CARBOIDRASES	17
2.3 USO DE CARBOIDRASES EM DIETAS DE LEITÕES	18
2.4 META-ANÁLISE	20
3 MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1 REVISÃO SISTEMÁTICA	21
3.2 ANIMAIS E ENZIMAS	22
3.3 DIETAS	23
3.4 VARIÁVEIS	25
3.5 ESTATÍSTICA	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 EFEITO DE MULTI-CARBOIDRASE SOBRE A DIGESTIBILIDADE TOTAL	27
4.2 EFEITO DE MULTI-CARBOIDRASE SOBRE DESEMPENHO	30
4.2.1 Consumo de ração	30
4.2.2 Ganho de peso	31
4.2.3 Conversão alimentar	32
4.3 META-REGRESSÃO DA DIGESTIBILIDADE E DESEMPENHO	34
5 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	37
ANEXO A – ARTIGOS UTILIZADOS NA META-ANÁLISE	43
ANEXO AA – CARACTERIZAÇÃO DAS ENZIMAS E DIETAS DOS ARTIGOS	44

1 INTRODUÇÃO

No imediato período pós-desmama, os leitões são fortemente desafiados devido a alterações no ambiente, composição nutricional e forma física do alimento, estabelecimento de hierarquia no novo grupo, afastamento do contato com a mãe, entre outros. Esses fatores causam desordens fisiológicas nos animais e podem comprometer o desempenho dos leitões na creche (LEHNEN, 2020).

As principais estratégias utilizadas pela indústria para reduzir o impacto do desmame são, desmamar animais com boa condição imunológica, alojá-los em ambiente adequado e fornecer dietas constituídas de alimentos altamente digestíveis e suplementadas com aditivos (JI et al., 2021). Para isso as enzimas exógenas, como as carboidrases vêm sendo amplamente utilizadas com a finalidade de auxiliar na digestão de componentes das dietas de suínos (ORTIZ et al., 2020).

Carboidrases são enzimas que atuam na hidrólise da fração dos carboidratos, como por exemplo, o amido e polissacarídeos não amiláceos (PNA). A possibilidade de melhorar o aproveitamento das dietas, reduzir eventuais efeitos antinutricionais de determinados PNA e acelerar a adaptação dos animais a dietas ricas em vegetais, cria uma oportunidade única para as carboidrases (LALLÈS E MONTOYA, 2021).

Nos últimos anos foram publicados em média 25 artigos com a finalidade de avaliar o efeito de carboidrases sobre o desempenho e a digestibilidade de componentes de dietas fornecidas à leitões. Avaliando-se os resultados conjuntamente, verifica-se que há discrepâncias em relação a eficácia desse aditivo. Parte dessas divergências pode ter origem nas diferenças metodológicas entre diferentes estudos.

Para uniformizar e clarear os resultados destes estudos faz-se uso da meta-análise, uma técnica estatística que possibilita a combinação estatística de resultados de dois ou mais estudos separados (DEEKS et al., 2021). Esta técnica é um procedimento estatístico já aceito pela comunidade científica (CARNEIRO; CAMPOS; COGO, 2020).

Com isso, o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo meta-analítico, a fim de avaliar o uso de carboidrases no ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e a digestibilidade da matéria seca, energia, proteína e fibra em leitões na fase de creche

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARBOIDRATOS E POLISSACARÍDEOS NÃO AMILÁCEOS

Os carboidratos são compostos orgânicos presentes, predominantemente, em ingredientes de origem vegetal. Constituem-se, na maior parte, por carbono, hidrogênio e oxigênio na proporção de 2:1:1, respectivamente e representam a principal fonte de energia alimentar em dietas de suínos, compreendendo entre 60 e 70% da ingestão energética total (KNUDSEN et al., 2012).

Nutricionalmente, os carboidratos podem ser classificados como digestíveis e não digestíveis, os primeiros são susceptíveis à hidrólise de enzimas endógenas dos suínos. Os principais representantes dessa categoria são os monossacarídeos, dissacarídeos e a maioria dos amidos (DERECK, 2020).

Os carboidratos não digestíveis, por sua vez, não sofrem degradação de enzimas endógenas, mas podem ser digeridos por fermentação microbiana, apesar de a fermentabilidade variar com a composição química (FERNÁNDEZ; MORENO; CORZO, 2021). Uma parcela significativa dos carboidratos, da fração não digestível constitui a parede celular dos vegetais, como é o caso da maioria dos oligossacarídeos não digestíveis e os polissacarídeos não amiláceos (PNA) (LIMA, 2020).

Quimicamente, o grupo dos polissacarídeos não-amiláceos, podem ser fracionados em uma porção solúvel e outra insolúvel (CHOCT, 2015). Em termos gerais, a fração solúvel dos PNA é mais susceptível à fermentação microbiana que a fração insolúvel, este grau de solubilidade, por sua vez, irá provocar efeitos distintos na fisiologia intestinal dos suínos (LI et al., 2021).

Os PNA solúveis, quando comparados aos insolúveis, se caracterizam por possuírem grande capacidade de retenção de água. Quanto maior a capacidade de retenção de água, maior é a capacidade do PNA em aumentar a viscosidade intestinal e dificultar a digestão e absorção dos nutrientes no intestino delgado (TEJEDA E KIM, 2021).

Também é aceito que os PNA solúveis estimulam as perdas endógenas de nitrogênio e aminoácidos, inclusive aumentando as exigências de treonina, em razão do incremento da síntese de mucina (CHEN et al., 2020). Suínos ingerindo fontes de PNA solúvel apresentam maior peso e tamanho dos órgãos digestivos, elevando as

perdas de calor e reduzindo a eficiência de utilização da energia ingerida (LI et al., 2021).

Por outro lado, estudos recentes reforçam o conceito que a ingestão de pequenas doses de certas fontes de PNA solúveis pode ter um impacto positivo na manutenção da saúde intestinal (AGYEKUM E NYACHOTI, 2017). A rápida degradação do PNA solúvel pelas bactérias intestinais, estimula a produção de ácidos graxos de cadeia curta e reduz o pH do meio (CHEN et al, 2020).

A adição de PNA insolúveis na dieta de suínos aumenta a velocidade do trânsito intestinal, o que pode reduzir a digestibilidade dos outros componentes da dieta, devido ao menor tempo de exposição à ação das enzimas digestivas secretas pelos suínos (KNUDSEN et al., 2017; METZLER-ZEBELI et al.,2010). Os PNA insolúveis resultam em maior conteúdo fecal, assim como elevam a concentração de nutrientes nos dejetos (MAHAN et al., 2012; OELKE et al.,2020).

A quantia de PNA na dieta de leitões varia conforme o tipo e o nível dos ingredientes que compõe a dieta e, também, com a fase de produção. O programa alimentar utilizado na creche é constituído de 3 a 4 dietas, cada qual fornecida por um período que varia de 1 a 2 semanas. Em programas de 3 dietas, por exemplo, o nível aproximado de carboidratos digestíveis inicia com 30% (pré-inicial 1) e termina com a 40-45% (inicial). Enquanto isso, o teor de carboidratos não digestíveis sobe de 12% (pré-inicial 1) para 15% (inicial).

Como se percebe, a quantia de carboidratos não susceptíveis a ação de enzimas endógenas é relativamente significativa, mesmo nas dietas contendo maior proporção de ingredientes altamente digestíveis, como é o caso da pré-inicial 1. Que apesar de exercerem uma ação positiva em diferentes aspectos digestivos, inclusive melhorando a saúde intestinal, níveis elevados e acima da capacidade digestiva do animal diminuem o valor nutricional da dieta e a palatabilidade.

Assim, a associação entre a capacidade digestiva limitada dos leitões e características negativas relacionadas a composição dos carboidratos presentes nos alimentos de origem vegetal pode gerar efeitos indesejáveis que, em última análise, interferirão no desempenho dos animais. Desta forma, surge a necessidade de geração de tecnologias capazes de mitigar tais problemas. Dentre as estratégias possíveis, está a utilização de enzimas exógenas, especialmente as carboidrases.

2.2 CARBOIDRASES

Enzimas são aditivos zootécnicos, utilizados na alimentação animal com objetivo de aumentar o valor nutritivo dos ingredientes incluídos na dieta, ao hidrolisar ligações químicas. Atuam fragmentando determinados componentes presentes nos alimentos, elevando a disponibilidade de proteínas, minerais e amido, beneficiando os processos de digestão e absorção (OWUSU-ASIEDU et al., 2010).

Entre as diversas enzimas disponíveis para uso na nutrição de suínos estão as carboidrases (termo usado nessa revisão para designar enzimas que atuam nos PNA), catalizadores que podem trazer benefícios para aos leitões (ANDRADE, 2020; THORPE, 2001). As xilanases, beta glucases, celulasas, -galactosidases são exemplos de carboidrases que podem trazer resultados positivos para a suinocultura

Diversos aspectos podem afetar a eficiência das carboidrases , como por exemplo, o tipo de dieta, a forma de suplementação, a concentração da enzima (VELÁZQUEZ -DE LUCIO, 2021), a temperatura de processamento, pH do meio, umidade, presença de coenzimas (ANDRADE, 2020). Concomitantemente, a fonte da enzima (fúngica ou bacteriana), quantidade de enzimas (isolada ou múltiplas) características do animal (saúde, idade, genética, peso), ambiente e manejo, também afetam ação das enzimas (SAKOMURA et al., 2014). Outro fator importante é a presença de substrato (Quadro 1) para o qual a enzima apresente especificidade.

Devido a esta complexidade de fatores que influenciam a ação das carboidrases, há diversas pesquisas com resultados inconclusivos. Isto evidencia a necessidade de estudos que padronizem estes resultados, como é o caso de estudos meta-analíticos, facilitando a compreensão do uso correto destas enzimas e seus possíveis efeitos (Quadro 2).

Quadro 1 - Exemplos de carboidrases mais utilizadas na nutrição de leitões.

Enzima	Origem	Substrato	Alimentos*
Alfa Galactosidase	-Saccharomyces cerevisiae -Penicillium echinulatum	Oligossacarídeos	Farelo de soja
Beta-Glucanase	- <i>Trichoderma reesei</i>	Beta-glucanos	Arroz, aveia, cevada
Celulase	-Trichoderma reese -Aspergillus oryzae -Aspergillus niger	Celulose	Farelo de trigo, cevada
Xilanase	- <i>Trichoderma reese</i> - <i>Aspergillus niger</i> - <i>Bacillus subtilis</i>	Arabinoxilanas	Arroz, aveia, cevada, milho, trigo

* Exemplos de alimentos que contém substratos para ação da enzima.

Fonte: Adaptado de Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento (2020); Thorpe (2001) e Sakomura et al (2014).

Quadro 2 - Principais benefícios esperados das carboidrases.

Carboidrase	Benefícios esperados
Beta-glucanases	Redução da viscosidade e melhoria a utilização de nutrientes
Celulases	Aumento da disponibilidade de energia
Galactosidases	Melhora a disponibilidade de energia e redução da viscosidade
Xilanases	Melhora a utilização de nutrientes e redução da excreção de água

Fonte: Sakomura et al (2014).

2.3 USO DE CARBOIDRASES EM DIETAS DE LEITÕES

Nos últimos anos tem-se realizado diversas pesquisas para estudar os efeitos da adição de enzimas exógenas na dieta de suínos. A fase de creche, que abrange animais com média entre os 21 e 63 dias de idade, tem recebido bastante atenção

dos pesquisadores, uma vez que os animais enfrentam uma série de desafios no período e o desempenho tem influência direta nas etapas subsequentes da produção.

Foram detectados efeitos da inclusão de xilanase no desempenho, digestibilidade de componentes da dieta e na saúde intestinal de leitões. Um exemplo disso foi o aumento no ganho de peso de 276 para 331 g/dia e a diminuição da viscosidade da digesta em 4,72% encontrado no estudo de He et al. (2020) que fizeram uso da xilanase.

E ao utilizar uma combinação de enzimas nas dietas de leitões, Long et al. (2020) encontraram incremento na digestibilidade de nutrientes, desempenho, capacidade antioxidante, nível de imunoglobulinas, morfologia intestinal e na microbiota intestinal. A dieta com enzima propiciou aumento do ganho de peso diário, que passou de 461 (tratamento controle) para 529 g/dia (enzimas).

Neto et al. (2020) também relataram aumento na digestibilidade de componentes da dieta quando uma combinação de enzimas foi adicionada à dieta. Os autores constataram que a digestibilidade da energia foi 0,77% e 1,42% superior quando a dieta controle, foi comparada com dietas contendo o milho ou sorgo, respectivamente.

A digestibilidade da energia passou de 79,64 % para 81,53%, quando houve suplementação de carboidrases a dietas dos leitões (Ao et al.,2019) . Este estudo demonstra que a utilização de enzimas exógenas nas dietas de leitões pode aumentara digestibilidade de componentes da dieta.

Constatou-se também aumento na altura das vilosidades intestinais do jejuno de leitões alimentos com dietas contendo complexo enzimático, no estudo de Luise (2020), onde o comprimento passou de 385,35 μm para 441,26 μm .

Como demonstrado nos estudos anteriores, é esperado que dietas contendo carboidrases modifiquem diversas variáveis que impactam no desempenho de leitões. Entretanto, alguns autores não encontraram resultados significativos quando utilizaram enzimas. Este é o caso de Duarte et al (2019), que não verificaram efeito da adição de enzimas no ganho de peso diário, consumo de ração diário e conversão alimentar.

O mesmo ocorreu em outros estudos, nos quais não foram observados efeitos das enzimas na digestibilidade da matéria seca e energia (Dadalt et al., 2017) ou no desempenho (Dong et al.,2018).Isto demonstra a variação nos resultados das pesquisas desenvolvidas, provavelmente devido as diferenças nas metodologias

adotadas, nível e tipo de enzima, diferenças nas dietas, formas da obtenção de dados, entre outros. Com isso, se torna relevante um estudo que possa reunir estes resultados, unindo-os de forma padronizada, para que então sejam observados os principais efeitos do uso de enzimas. Para tal, existe o método meta-analítico, no qual este trabalho foi baseado.

2.4 META-ANÁLISE

A meta-análise é uma investigação secundária que envolve um método sistemático e rigoroso, passível de replicação por outros investigadores, e que permite combinar resultados provenientes de diferentes estudos (SANTOS E CUNHA, 2013). Esta técnica é utilizada devido ao grande volume de informações disponíveis que podem dificultar a interpretação dos resultados (TAFFAREL et al., 2009).

A realização de uma análise sistemática para integrar o resultado das publicações já existentes nesta área, serve como uma ferramenta que possibilita otimizar e extrair informações adicionais dos dados já disponíveis na literatura (LOVATTO et al., 2007). Esta abordagem permite encontrar respostas para questões específicas, otimizando o uso de recursos financeiros e contornando as dificuldades práticas e as implicações éticas dos experimentos que utilizam animais (CAMARGO, 2021).

Além disso, uma meta-análise permite extrair informações destes dados existentes com maior precisão analítica nas estimativas de efeito, principalmente pelo aumento no número de observações, o que permite um melhor ajuste dos dados experimentais (SAUVANT et al., 2008). No domínio agrícola, em especial na área animal, o número de meta-análise publicadas tem aumentado nos últimos anos, sinalizando que esse procedimento possa se tornar rotina nesse campo da ciência (CAMARGO, 2021).

No Brasil, a meta-análise ganhou ainda mais destaque, na área, quando foi tema da 44ª REUNIÃO ANUAL DA SBZ, em 2007. Os trabalhos publicados pela equipe do professor Paulo Alberto Lovatto, tiveram papel fundamental para o uso da técnica de meta-análise no Brasil (LOVATTO et al., 2007; ANDRETTA et al., 2011).

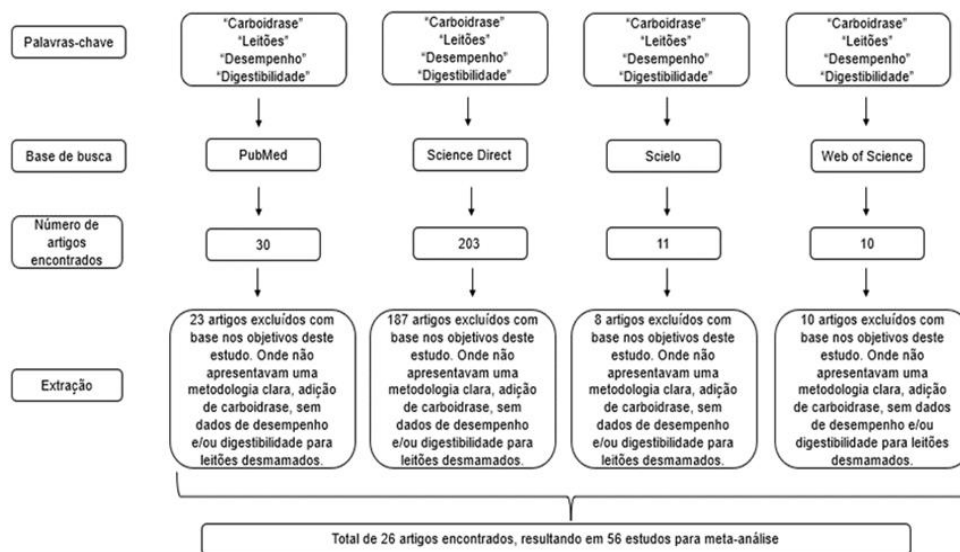
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 REVISÃO SISTEMÁTICA

O estudo envolveu artigos dos últimos 10 anos, entre 2010 e 2021, publicados em bases de busca, da Science direct, Scielo, Web of Science e PubMed (Figura 1). A pesquisa para formação da base de dados foi realizada entre outubro de 2020 e março de 2021. Utilizando as palavras-chave em inglês, “Pig ou Piglets”; “Carbohidrase”, Growth performance and “Digestibility”.

A seleção dos artigos passou pela revisão de duas pessoas e seguiu os seguintes critérios: a) possuir carbohidrase nas dietas, tendo pelo menos um tratamento controle (sem adição de enzimas) e um tratamento com acréscimo enzimático; b) utilizar leitões em fase de creche; c) apresentar resultados de desempenho e/ou digestibilidade; d) especificar valores de desvio padrão e/ou erro padrão da média. Artigos repetidos, de anos anteriores a 2010 ou que não se encaixassem nos critérios de seleção foram excluídos da base de dados.

Figura 1 - Fluxograma da pesquisa de literatura e triagem.



Fonte: Elaborado pela autora.

De acordo com estes critérios foi possível elaborar uma base de dados armazenados em uma planilha eletrônica contendo informações retiradas da metodologia e dos resultados de cada artigo selecionado. Esta base continha, dados do autor e publicação, tais como nome dos autores, local da pesquisa e revista onde o artigo foi publicado, assim como o ano de publicação e o título do artigo.

Logo em seguida eram extraídas informações sobre a dieta, como os principais ingredientes e a tabela nutricional em que foram baseadas as exigências dos animais. Após isto, foram adicionadas a base, dados sobre a idade, o peso, a linhagem dos animais, duração do experimento, métodos para coleta dos dados, as especificações das enzimas utilizadas, e os resultados das variáveis analisadas em cada estudo.

Com isso formou-se uma base com 26 artigos divididos em estudos isolados dependendo de seus tratamentos, totalizando 56 estudos para meta-análise. Os estudos foram divididos e analisados por período (P1 – período de 1 a 7 dias; P2 – período de 8 a 14 dias; P3- período de 15 a 21 dias; P4- período de 22 a 28 dias; P5 – período de 29 a 42 dias) e período total (PTOTAL – período de 1 a 42 dias).

3.2 ANIMAIS E ENZIMAS

No total dos artigos selecionados, somaram-se 2613 leitões, machos castrados e fêmeas, de linhagem comercial, com uma média de 100 (± 96) animais por estudo, uma média de 7,19 (± 3) repetições. A média do número de animais por baia ficou com uma média de 3,69 (± 3) leitões/baia.

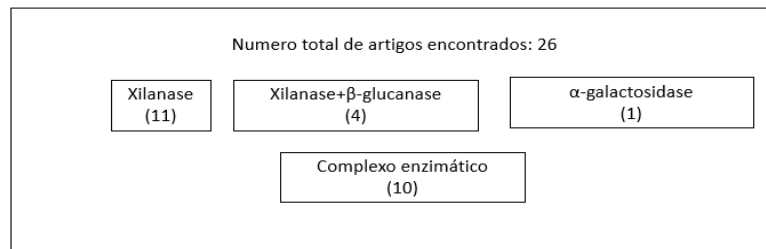
O estudo da meta-análise contou ainda com um total de 104 tratamentos, com uma média de 4 tratamentos por experimento, que com a seleção e refinamento das análises totalizaram 56 estudos de 26 artigos.

Os animais envolvidos nos estudos possuíam idades iniciais entre 21 e 28 dias ($23 \pm 0,4$) e finais de 28 a 70 dias ($45 \pm 13,6$). Com um peso inicial que variou entre 6,48 e 10,33 kg ($7,78 \pm 0,28$), e peso final entre 7,95 e 32,68 kg ($17,89 \pm 6,95$).

As enzimas utilizadas nos estudos foram adicionadas as dietas de formas isoladas ou dentro de um complexo enzimático. De forma isolada foram encontradas as seguintes enzimas: xilanase, β -glucanase e α -galactosidase e os complexos enzimáticos que continham xilanase, β -glucanase, α -galactosidase, celulase, pectinase, amilase, galactomannanase.

O número de artigos encontrados por cada enzima é demonstrada na figura 2. A dose adicionada das enzimas variou de 30 a 2000 ppm, com adição em média de 1388 ppm, com uma concentração entre 1,000 e 400,000 U/kg, com média de 204,586 U/kg dentre os estudos encontrados.

Figura 2 - Esquema do número de artigos encontrados de cada enzima.



Fonte: Elaborado pela autora.

Além disso, de forma igualitária, os estudos mantiveram seus animais em locais com controle de temperatura e ventilação, com livre acesso a água e ração, com galpões de alvenaria, que possuíam pisos ripados ou baias de piso de concreto. Os bebedouros e comedouros foram colocados em cada baia para controle de consumo, conforme o número de animais por baia, para evitar disputa entre os leitões e evitar lesões.

3.3 DIETAS

As dietas usadas nos estudos selecionados, foram formuladas usando recomendações nutricionais de Rostagno (2017) e NRC (1998; 2012). Em sua maioria possuíam ingredientes de origem vegetal como milho, soja, trigo e cevada, além de adição de óleo vegetal, aminoácidos (metionina, lisina, treonina, triptofano), fontes de cálcio e fósforo, soro de leite em pó, açúcar, sal, plasma sanguíneo, palatabilizante, premix vitamínico e micromineral e, em alguns casos, fitase.

Valores de energia digestível e metabolizável, níveis de proteína bruta, cálcio, fósforo não fítico e aminoácidos foram extraídos diretamente dos artigos (Tabela 2).

O fracionamento dos carboidratos (fibra bruta, fibra em detergente neutro e ácido, polissacarídeos não amiláceos solúveis, insolúveis e totais) foi realizado com auxílio do programa eletrônico nutricional EvaPig® e planilhas do Excel (Tabela 3).

Tabela 1 - Principais ingredientes das dietas utilizadas nos estudos.

Ingredientes	Nº de dietas	Média (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	Desvio padrão
Cevada	5	28,77	6,00	53,00	20,71
Trigo	9	23,51	4,00	64,90	18,55
Milho	20	44,91	10,45	63,00	15,30
Farelo de soja	21	17,90	3,00	45,74	10,21

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 2 - Composição nutricional das dietas utilizadas nos estudos.

Composição	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
ED (Kcal/Kg) ^a	3515	3290	3851	186
EM (Kcal/Kg) ^b	3331	3119	3530	91
EL(Kcal/Kg) ^c	2408	2263	2545	124
PB (%) ^d	19,91	9,01	26,10	3,92
Ca (%) ^e	0,77	0,57	0,97	0,09
P total (%) ^f	0,64	0,44	0,77	0,07
P disponível (%) ^g	0,40	0,29	0,56	0,06
Lisina (%)	1,28	1,04	1,65	0,16
Metionina (%)	0,42	0,30	0,64	0,13
Met +cis (%) ^h	0,77	0,68	0,88	0,07

^a Energia digestível; ^b Energia metabolizável; ^c Energia líquida; ^d Proteína bruta; ^e Cálcio; ^f Fósforo total; ^g Fósforo disponível; ^h Metionina + Cisteína.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 3 - Frações de carboidratos calculada a partir das dietas dos estudos.

Frações	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
FB (%) ^a	3,53	5,60	1,20	1,02
FDN (%) ^b	12,87	23,76	5,29	4,14
FDA (%) ^c	4,66	8,16	1,46	1,43
PNA total (%)	2,88	6,99	1,90	1,02
PNA insolúvel (%)	2,38	5,82	1,47	0,87
PNA solúvel (%)	0,51	1,17	0,25	0,17

^a Fibra bruta; ^b Fibra em detergente neutro; ^c Fibra em detergente ácido; PNA= Polissacarídeo não amiláceo

Fonte: Elaborado pela autora.

3.4 VARIÁVEIS

Neste estudo foram consideradas variáveis de digestibilidade e desempenho, ambas retiradas das seções de resultados dos artigos selecionados. O desempenho envolveu valores de ganho de peso diário (g/dia), consumo de ração diário (g/dia) e conversão alimentar (g/g). Foram considerados valores de digestibilidade total aparente da matéria seca (%), proteína bruta (%), energia bruta (%), , fibra em detergente ácido (%) e fibra em detergente neutro (%).

Os estudos de digestibilidade foram conduzidos com animais de idade inicial de 24 a 61 dias e idade final entre 27 e 63 dias. Divididos em um período de adaptação (3 a 7 dias) e outro de coleta (1 a 3 dias). O peso das amostras de fezes ficou entre 25 e 200 gramas (131,25 ± 85,09).

3.5 ESTATÍSTICA

O efeito da suplementação enzimática em dietas para leitões de creche foi avaliado através da meta-análise. Os dados extraídos foram analisados usando um modelo de efeito aleatório em OpenMetaAnalyst (2012) software, com um intervalo de confiança de 95%. As variáveis foram calculadas por meio de uma diferença média

padronizada, onde as diferenças entre o tratamento controle (sem o uso de enzimas) e o que usava suplementação enzimática foram padronizadas usando o desvio padrão médio (LEAN et al., 2009, 2014).

Os dados de desempenho foram analisados por período (P1= 1 a 7 dias; P2= 8 a 14 dias; P3 = 15 a 21 dias; P4 = 22 a 28 dias; P5 = 29 a 42 dias e P total = 1 a 42 dias experimentais). As análises de desempenho e de digestibilidade foram divididas em dois momentos, a primeira de maneira ampla considerando um tratamento com enzima e outro sem. E em um segundo momento ocorreu a separação em subgrupos, onde dividiu-se as enzimas em duas categorias, conforme a sua forma de suplementação, um subgrupo com adição de enzimas suplementadas isoladamente e outro com carboidrases dentro de um complexo enzimático.

O efeito das variáveis foi observado através de gráficos, chamados Forest Plots. Nestes gráficos, quando a linha pontilhada estava à esquerda da linha vertical significava que as médias do grupo com enzimas era menor que a do grupo controle. Os quadrados menores representavam no gráfico, o peso de cada estudo, os que apresentavam quadrados maiores tiveram maior peso para estimar a magnitude de diferença na meta-análise.

Após as análises eram observados os tamanhos de efeito que demonstravam a magnitude do resultado. Em estatística, o tamanho do efeito se refere a uma maneira de quantificar o tamanho da diferença entre dois grupos. Além disso foram analisadas a heterogeneidade, ou seja, a variação encontrada nas análises.

A heterogeneidade demonstrou a variabilidade nas respostas, em função de fatores que não envolviam os efeitos dos tratamentos, como genética, ambiente, manejo, entre outros. A mensuração da heterogeneidade foi realizada por meio do teste Qui-quadrado (Q) e da estatística I^2 (Higgins e Thompson, 2002). Os valores de I^2 variam de 0 a 100% e valores maiores que 50% indicam heterogeneidade significativa (HIGGINS et al., 2003). Quando isto ocorreu foram realizados estudos de meta-regressão.

A meta-regressão foi utilizada com o intuito de analisar o efeito das covariáveis, uma vez que elas podem exercer influência sobre as respostas dos tratamentos. As covariáveis analisadas que poderiam causar este efeito foram: o consumo de polissacarídeos não amiláceos solúveis, insolúveis e totais. Os métodos utilizados neste estudo, foram baseados em Lean et al (2009; 2014); Toledo et al. (2019) e Chen et al. (2011).

Na figura de meta-regressão o efeito do consumo de PNA sobre a ação enzimática, foi calculada na diferença média padronizada analisando leitões que receberam carboidrases em suas dietas em comparação com tratamento controle. A regressão é ponderada pelo tamanho do efeito dos estudos, que são indicados pelo tamanho do marcador redondo; quanto maior o marcador, maior o efeito tamanho do estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EFEITO DE MULTI-CARBOIDRASE SOBRE A DIGESTIBILIDADE TOTAL

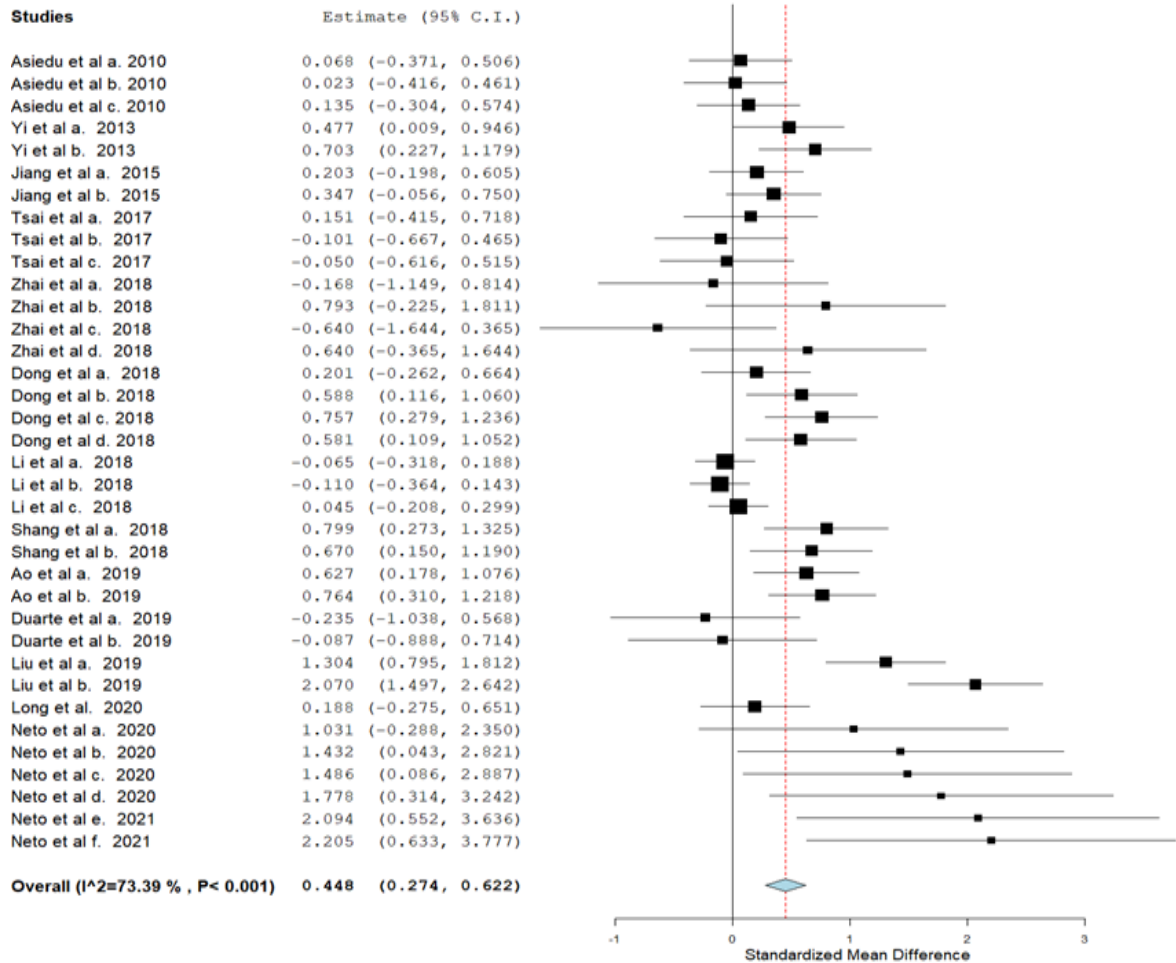
A inclusão de multi-carboidrase (xilanase, β - glucanase, α -galactosidase, celulase, pectinase, amilase e galactomannanase) na dieta de leitões de creche, influenciou ($P < 0,001$) a digestibilidade da MS (TE = 0,448 (0,274,0,622), $I^2 = 73,39\%$), PB (TE = 0,391 (0,182,0,599) e EB (TE = 0,239 (0,098,0,381), $I^2 = 55,97$), $I^2 = 79,91$), como demonstrado nos Forest plots das figuras 3, 4 e 5, respectivamente. Estes resultados confirmam que as carboidrases auxiliam na digestão de componentes das dietas e contribuem para a liberação de nutrientes (GOMES; COMY E STELLA, 2019).

Por outro lado, não foi possível detectar influência de carboidrases sobre a digestibilidade da FDN (TE=0,211 (-0,076,0,499); $P=0,154$) e FDA (TE = 0,089(-0,235,0,412); $P=0,592$). A ausência de efeito das carboidrases na digestibilidade da FDN e FDA, frações que expressam a fibra dietética, pode estar associado aos seguintes fatores que, de maneira isolada ou em combinação, talvez expliquem os resultados verificados; 1) ausência ou baixa efetividade de enzimas exógenas específicas para digestão, mesmo que parcial, de celulose e hemiceluloses, principais polissacarídeos discriminados pelas análises de FDN e FDA (Navarro et al., 2019); 2) maior velocidade de passagem do alimento no trato gastrintestinal e menor tamanho relativo do intestino grosso de animais jovens, quando comparados a adultos (KIM et al., 2007).

O intestino grosso é o sítio intestinal onde ocorre a maior parte da fermentação (NAVARRO et al., 2019); e, 3) variabilidade analítica na detecção das frações da FDN e FDA (SPANGHERO et al., 2010) e erros associados a metodologia de coleta total

de excreta devido à baixa quantidade dessas frações nas dietas experimentais (ADEOLA, 2001).

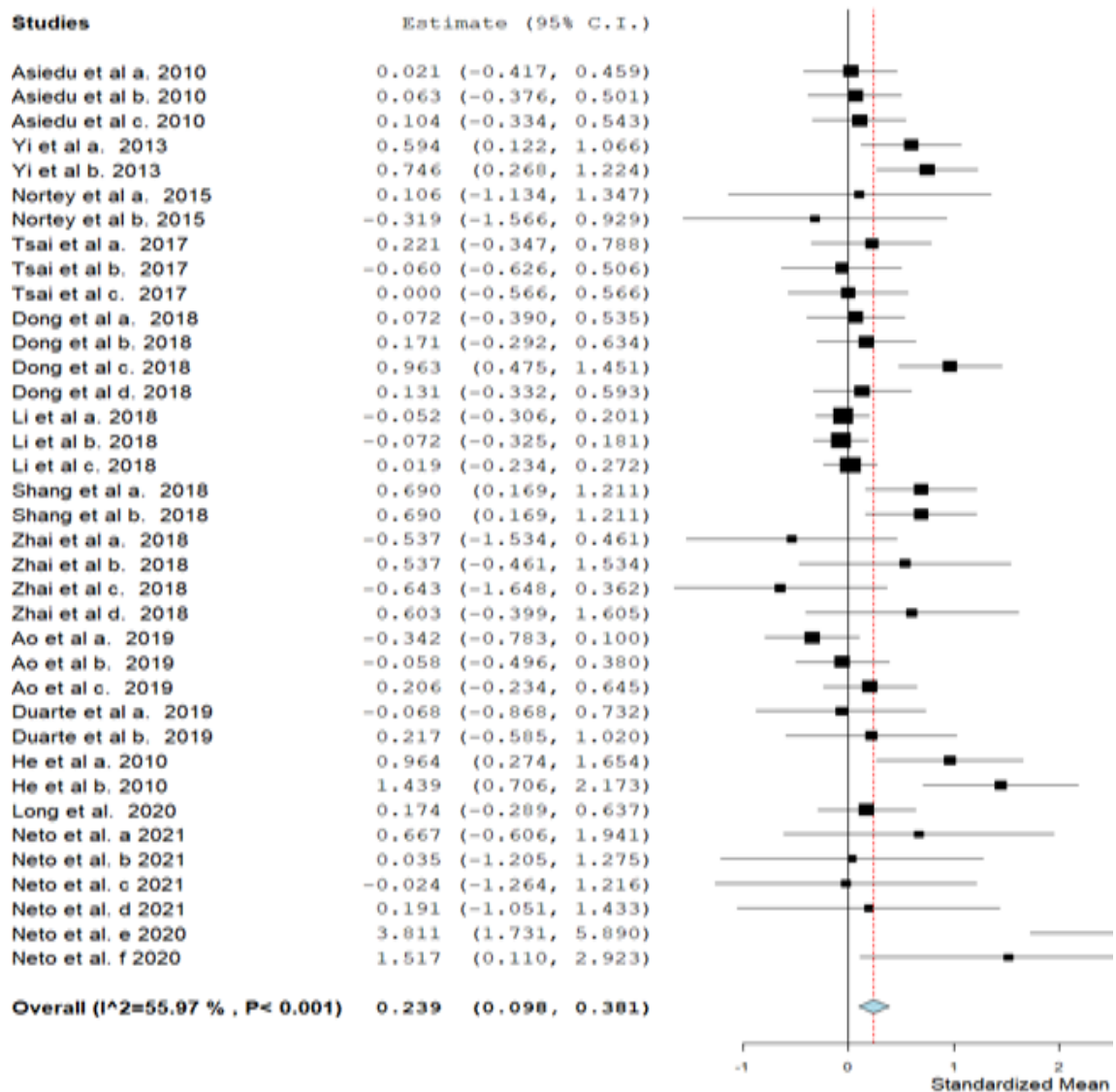
Figura 3- Forest Plot da digestibilidade da matéria seca.



*Quando a linha pontilhada está à direita da linha vertical significava que as médias do grupo com enzimas é maior que a do grupo controle. Os quadrados representavam no gráfico o peso de cada estudo.

Fonte: Elaborado pela autora.

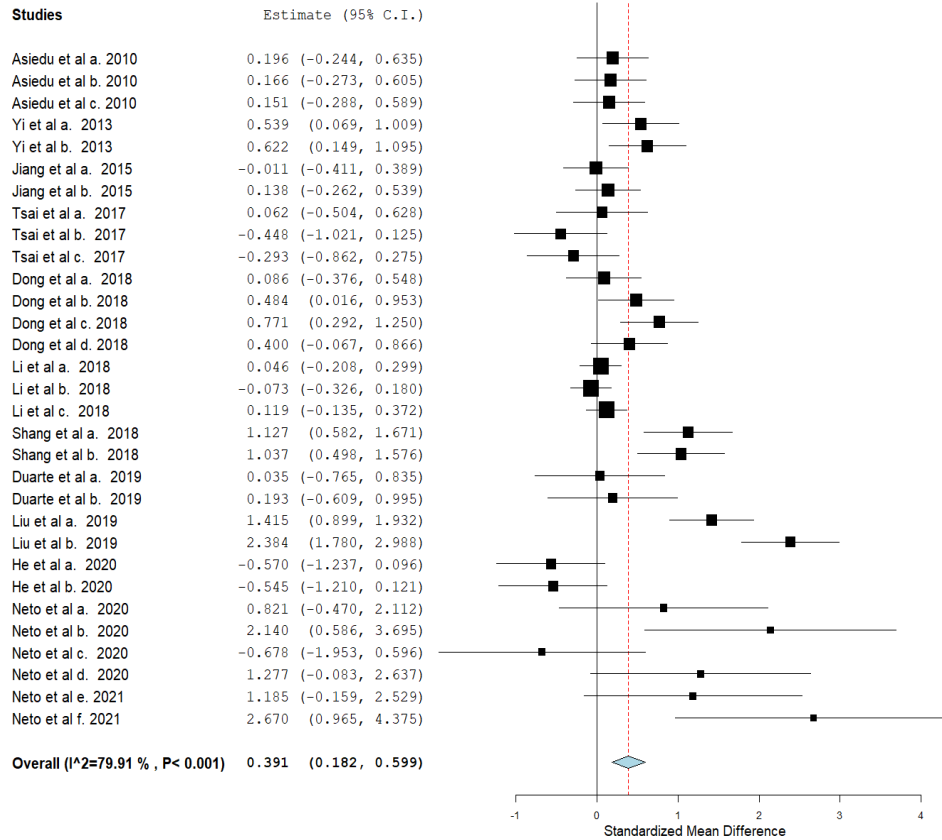
Figura 4 - Forest Plot da digestibilidade da energia bruta.



*Quando a linha pontilhada está à direita da linha vertical significava que as médias do grupo com enzimas é maior que a do grupo controle. Os quadrados representavam no gráfico o peso de cada estudo.

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 5 - Forest Plot da digestibilidade da proteína bruta.



*Quando a linha pontilhada está à direita da linha vertical significava que as médias do grupo com enzimas é maior que a do grupo controle. Os quadrados representavam no gráfico o peso de cada estudo.

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2 EFEITO DE MULTI-CARBOIDRASE SOBRE DESEMPENHO

4.2.1 Consumo de ração

A suplementação de carboidrases na dieta de leitões não provocou alterações no consumo alimentar (Tabela 4), embora nos períodos 1 e 4 foram verificadas tendências de redução na ingestão de dietas contendo carboidrases. A falta de efeito consistente da suplementação enzimática no consumo pode estar relacionada a fatores como tipo de enzima utilizada e magnitude do efeito esperado. Estes resultados estão de acordo com o obtidos por outros autores (Tsai et al., 2017; He et al., 2020 e Clarke et al., 2018), que também não observaram efeitos da suplementação enzimática no consumo.

Tabela 4 - Efeitos de multi-carboidrase sobre o consumo de ração.

Período	Tamanho do efeito	P	I² (%)
1 (1 a 7 dias)	-0.257 (-0.516, 0.003)	0.052	74.44
2 (8 a 14 dias)	0.112(-0.102,0.326)	0.304	64.08
3 (15 a 21 dias)	0.142(-0.133,0.417)	0.312	82.80
4 (22 a 28 dias)	0.412(-0.007,0.831)	0.054	93.79
5 (29 a 42 dias)	-0.153(-0.325,0.019)	0.082	40.18
Período total (1 a 42 dias)	0.199(-0.154,0.552)	0.269	89.92

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.2 Ganho de peso

A análise dos dados períodos indicou que a inclusão de enzimas aumenta o ganho de peso dos leitões nos 4 primeiros períodos (Tabela 5) e no período total avaliado (Figura 6). Contudo, no período 5 não houve efeito da suplementação enzimática (TE = 0,206 (-0,044,0,455); P = 0,106).

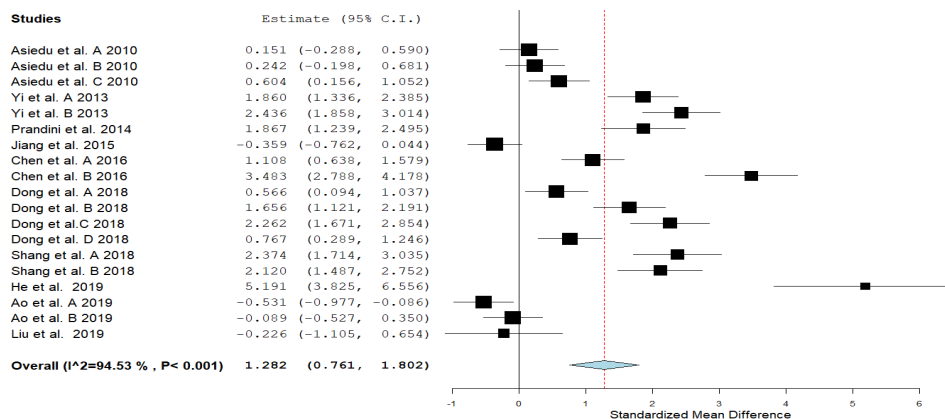
O aumento do ganho de peso em resposta a suplementação de carboidrases pode estar associado ao incremento na digestibilidade da ração, resultando em aumento no aporte nutricional aos leitões. O mesmo aconteceu no estudo de Ngoc et al., (2011), que também encontraram resultados positivos no ganho de peso quando usam um complexo enzimático (glucanase e celulase).

Tabela 5 - Efeito de multi-carboidrase sobre o ganho de peso.

Período	Tamanho do efeito	P	I ²
1 (1 a 7 dias)	0.303(0.063,0.542)	0.013	69.844
2 (8 a 14 dias)	0.367(0.170,0.564)	< 0.001	57.026
3 (15 a 21 dias)	0.189(0.045,0.332)	0.010	37.743
4 (22 a 28 dias)	0.706(0.402,1.011)	< 0.001	88.472
5 (29 a 42 dias)	0.206(-0.044,0.455)	0.106	71.231
Período total (1 a 42 dias)	1.282(0.761,1.802)	<0.001	94.52

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 6 - Forest Plot do ganho de peso no período total.



*Quando a linha pontilhada está à direita da linha vertical significava que as médias do grupo com enzimas é maior que a do grupo controle. Os quadrados representavam no gráfico o peso de cada estudo.

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.3 Conversão alimentar

A suplementação enzimática exerceu influência no período 2, com um aumento na conversão alimentar nos animais que receberam carboidrase em suas dietas (TE=

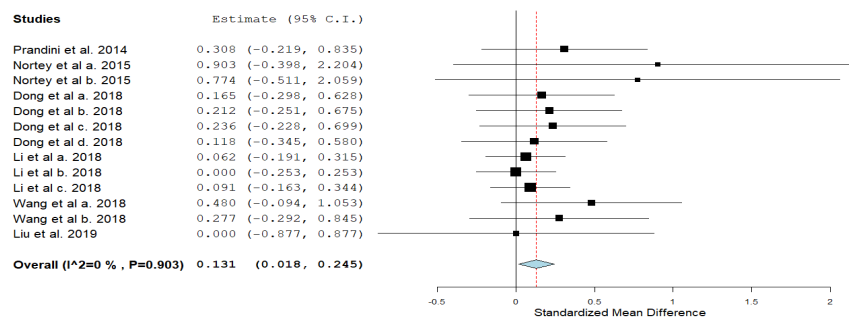
0,131 (0,018,0,245); $P=0,023$) como demonstrado no Forest Plot, apresentado na figura 7. No período 1, 3, 4, 5 e período total não houve efeito da adição de carboidratos sobre a conversão alimentar, com um tamanho de efeito que variou de -0,239 a 0,033; $P>0,05$ (Tabela 8).

Tabela 6 - Efeito de multi-carboidrase sobre a conversão alimentar de leitões.

Períodos	Tamanho do efeito (95%IC)	P	I ²
1 (1 a 7 dias)	0,033(-0,213,0,280)	0,791	72,13
2 (8 a 14 dias)	0,131(0,018,0,245)	0,023	0
3 (15 a 21 dias)	-0,083(-0,280,0,113)	0,406	65,91
4 (22 a 28 dias)	-0,131(-0,472,0,210)	0,452	90,99
5 (29 a 42 dias)	-0,239(-0,606,0,127)	0,201	86,39
Período total (1 a 42 dias)	-0,175(-0,730,0,380)	0,537	95,54

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 7 - Forest Plot da conversão alimentar no período 2.



* Quando a linha pontilhada está à direita da linha vertical significava que as médias do grupo com enzimas é maior que a do grupo controle. Os quadrados representavam no gráfico o peso de cada estudo.

Fonte: Elaborado pela autora.

A ausência de ação enzimática sobre a conversão alimentar encontrada neste estudo também foi verificada em experimentos *in vivo* (CHEN et al., 2016; DONG et al., 2018). A grande variabilidade nos resultados, talvez devido a fatores de variação não considerados nos diferentes estudos, pode explicar estes resultados.

4.3 META-REGRESSÃO DA DIGESTIBILIDADE E DESEMPENHO

A alta heterogeneidade indicou que há covariáveis interferindo no efeito das enzimas, sejam elas relacionadas a temperatura, pH em que a carboidrase é exposta, a idade e genética dos animais, níveis e modo de suplementação das enzimas nas dietas ou ainda, com os níveis de ingredientes de origem vegetal. A quantidade de polissacarídeos não amiláceos solúveis, insolúveis e totais consumidos pelos leitões também pode influenciar. Por esta razão, foram realizadas análises de meta-regressão, ou seja, a fim de verificar se havia algum outro fator que pudesse explicar os resultados.

Foi verificado que a ação das carboidrases na digestibilidade da MS é dependente da ingestão de PNAtt (TE= 0,79-1,81x, P=0,04) e PNASol (TE=0,88-12,56x, P=0,005). A digestibilidade da EB, por sua vez, é influenciada pela ingestão de PNAtt, PNASol e PNAins, como observado na figura 8. E o consumo de PNA não exerceu efeito (P>0,05) sobre a ação enzimática, na digestibilidade de PB, FDN e FDA (Tabela 7).

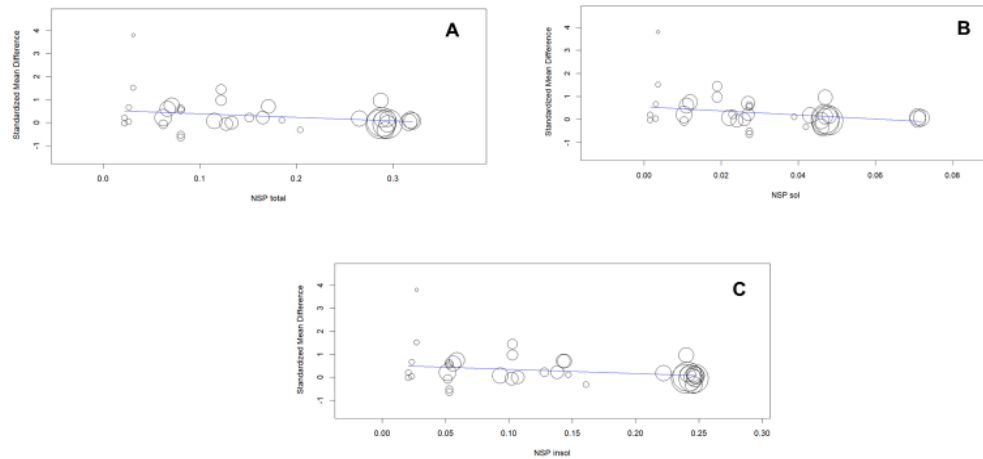
Tabela 7 - Meta-regressão da digestibilidade total.

Frações	PNA Total		PNA Insolúvel		PNA Solúvel	
	Equação	P	Equação	P	Equação	P
MS ^a	Y=0,7-1,8x	0,040	Y=0,7-1,9x	0,064	Y=0,8-12,5x	0,005
EB ^b	Y=0,5-1,5x	0,009	Y=0,5-1,8x	0,012	Y=0,5-8,9x	0,005
PB ^c	Y=0,7-1,7x	0,157	Y=0,7-2,0x	0,178	Y=0,7-9,9x	0,090
FDN ^d	Y=0,2-0,02x	0,99	Y=0,2+0,09x	0,972	Y=0,3-4,3x	0,768
FDA ^e	Y=-0,2+1,4x	0,488	Y=-0,2+1,7x	0,485	Y=-0,3+10,12x	0,491

^a Matéria seca; ^b Energia bruta; ^c Proteína bruta ; ^d Fibra em detergente neutro; ^e Fibra em detergente ácido

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 8 - Buble Plot da digestibilidade da energia bruta.



A = Polissacarídeos não amiláceos totais; B= Polissacarídeos não amiláceos solúveis; C= Polissacarídeos não amiláceos insolúveis.

Fonte: Elaborado pela autora.

As covariáveis (PNA) influenciam também a ação das carboidrases no consumo de ração nos períodos 1, 3 e 5 (tabela 8) e período total. Assim como exercem influência sobre o ganho de peso nos períodos 3 e 5 (tabela 9). A conversão alimentar variou somente nos períodos 1, 2, 5 e no período total (tabela 10).

Tabela 8 - Meta-regressão do consumo de ração.

Período*	PNA Total		PNA Insolúvel		PNA Solúvel	
	Equação	P	Equação	P	Equação	P
1	$Y=62,55-884,90x$	0,005	$Y=60,44-1,03x$	0,008	$Y=61,13-5,22x$	0,001
2	$Y=0,06+2,11x$	0,786	$Y=-0,24+5,47x$	0,621	$Y=0,22-8,32x$	0,729
3	$Y=0,92-3,95x$	0,008	$Y=0,92-4,76x$	0,007	$Y=0,87-21,66x$	0,015
4	$Y=0,02+1,73x$	0,409	$Y=0,005+2,15x$	0,386	$Y=0,13+7,25x$	0,577
5	$Y=0,09-0,69x$	0,024	$Y=0,08-0,80x$	0,027	$Y=0,19-4,95x$	0,015
PTOTAL	$Y=1,05-3,75x$	0,023	$Y=0,99-4,24x$	0,038	$Y=1,14-22,68x$	0,004

*Período 1 (1 a 7 dias); Período 2 (8 a 14 dias); Período 3 (15 a 21 dias); Período 4 (22 a 28 dias); Período 5 (29 a 42 dias) e PTOTAL (1 a 42 dias).

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 9 - Meta-regressão do ganho de peso.

Período*	PNA Total		PNA Insolúvel		PNA Solúvel	
	Equação	P	Equação	P	Equação	P
1	$Y=0,02+3,2x$	0,624	$Y=-0,04+4,7x$	0,546	$Y=0,2+4,8x$	0,888
2	$Y=-0,7+14x$	0,032	$Y=-1,0+22,1x$	0,017	$Y=-0,1+32,4x$	0,128
3	$Y=-0,2+1,7x$	0,038	$Y=-0,1+2,0x$	0,042	$Y=-0,2+10,5x$	0,027
4	$Y=-0,2+4,2x$	0,024	$Y=-0,2+5,1x$	0,019	$Y=-0,1+21,2x$	0,078
5	$Y=-0,2+1,1x$	0,007	$Y=-0,2+1,4x$	0,005	$Y=-0,2+6,5x$	0,036
PTOTAL	$Y=1,7-2,1x$	0,495	$Y=1,-1,94x$	0,599	$Y=2,1-19,0x$	0,201

*Período 1 (1 a 7 dias); Período 2 (8 a 14 dias); Período 3 (15 a 21 dias); Período 4 (22 a 28 dias); Período 5 (29 a 42 dias) e PTOTAL (1 a 42 dias).

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 10 - Meta-regressão da conversão alimentar.

Período*	PNA Total		PNA Insolúvel		PNA Solúvel	
	Equação	P	Equação	P	Equação	P
1	$Y=1,5-18,9x$	<0,001	$Y=1,6-23,9x$	<0,001	$Y=0,9-72,9x$	0,015
2	$Y=-0,7+11,4x$	0,030	$Y=-0,9+16,9x$	0,028	$Y=-0,3+31,3x$	0,049
3	$Y=0,4-2,3x$	0,079	$Y=0,4-2,7x$	0,088	$Y=0,4-14,9x$	0,046
4	$Y=0,9-4,6x$	0,040	$Y=0,9-5,6x$	0,033	$Y=0,7-22,8x$	0,109
5	$Y=0,6-2,4x$	<0,001	$Y=0,5-2,8x$	<0,001	$Y=0,8-16,1x$	<0,001
PTOTAL	$Y=1,2-5,9x$	0,040	$Y=1,1-7,0x$	0,044	$Y=1,0-29,0x$	0,047

*Período 1 (1 a 7 dias); Período 2 (8 a 14 dias); Período 3 (15 a 21 dias); Período 4 (22 a 28 dias); Período 5 (29 a 42 dias) e PTOTAL (1 a 42 dias).

Fonte: Elaborado pela autora.

5 CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos nesta meta-análise foi possível concluir que a adição de carboidratos na dieta exerce efeito no ganho de peso de leitões em fase de creche. Estes resultados foram mediados pelo aumento na digestibilidade total da matéria seca, proteína bruta e energia bruta.

REFERÊNCIAS

ADEOLA, O. Digestion and Balance Techniques in Pigs. **Swine Nutrition**. 2. Ed. Boca Raton: CRC Press, 2000.

AGYEKUMA A.K; NYACHOTI, C.M. Nutritional and Metabolic Consequences of Feeding High-Fiber Diets to Swine: A Review. **Engineering**. 2017. DOI: 10.1016/J.ENG.2017.03.010.

ANDRADE, T. V. **Adição de enzimas em dietas de frangos de corte a Base de milho de diferentes qualidades**. 2020. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

ANDRETTA, I. et al. Relação da Ractopamina com componentes nutricionais e desempenho em suínos: Um estudo meta-analítico. **Ciencia Rural**. 2011

AO, X. et al. Effect of carbohydrases on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles and fecal microbiota in weanling pigs fed reduced energy diet. **Canadian Journal of Animal Science**. 2019.

CAMARGO, N.O.D. utilização de aditivos fitogênicos na alimentação de suínos: uma meta-análise sobre desempenho produtivo. 2021. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2021.

CARNEIRO, M.A.C; CAMPOS, K. A; COGO, F.D. Meta-análise.2020.

CHEN, B. et al. Effect of biotin on milk performance of dairy cattle: A meta-analysis. **Journal Dairy Science**. 2011. DOI: 10.3168/jds.2010-3764.

CHEN, T. et al. Enzymology properties of two different xylanases and their impacts on growth performance and intestinal microflora of weaned piglets. **Animal Nutrition**. 2016.

CHEN, T. et al. Effects of soluble and insoluble dietary fiber supplementation on growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbe, and barrier function in weaning piglet. **Animal Feed Science and Technology**. 2020. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2019.114335.

CHOCT, M. Feed non-starch polysaccharides for monogastric animals: classification and function. **Animal Production Science**. 2015.DOI: 10.1071/AN15276.

DADALT, J.C. et al. Ileal amino acid digestibility in micronized full fat soybean meal and textured soy flour fed to piglets with or without multicarbohydase and phytase supplementation. **Animal Feed Science and Technology**. 2017. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2017.05.006.

DEEKS, J.J. et al. Capítulo 10: Analisando dados e realizando meta-análise. **Cochrane Training**. 2021.

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.

DONG, B. et al. Effects of xylanase supplementation to wheat-based diets on growth performance, nutrient digestibility, and gut microbes in weanling pigs. **Asian-Australas Journal Animal Science**. 2018. DOI: 10.5713/ajas.17.0867.

DUARTE, M.E. et al. Dietary supplementation of xylanase and protease on growth performance, digesta viscosity, nutrient digestibility, immune and oxidative stress status, and gut health of newly weaned pigs. **Animal Nutrition**. 2019. DOI: 10.1016/j.aninu.2019.04.005.

EVAPIG software. Calculator of energy, amino acid and phosphorus values of ingredients and diets for growing and adult pigs. 2002-2004. Disponível em: < <https://en.evapig.com/>> Acesso em: novembro de 2020.

FERNÁNDEZ, P.D; MORENO, F.J.; CORZO, N. Metabolism of Non-Digestible Dietary Carbohydrates. **Reference Module in Food Science**. 2021. DOI: 10.1016/B978-0-12-819265-8.00090-5.

GOMES, B.K; CONY, B.S.L; STELLA, L. Enzimas exógenas na alimentação de suínos. **Nutri-time**. 2019. ISSN: 1983-9006.

HE, X. et al. Functional characterization of a recombinant xylanase from *Pichia pastoris* and effect of the enzyme on nutrient digestibility in weaned pigs. **British Journal of Nutrition**. 2010.

HE, X. et al. Effects of xylanase on growth performance, nutrients digestibility and intestinal health in weaned piglets. **Livestock Science**. 2020. DOI: 10.1016/j.livsci.2020.103940.

HIGGINS, J. P T et al. Measuring inconsistency in meta-analyses. **BMJ Journal**. 2003.

JI, W. et al. Effects of two different early socialization models on social behavior and physiology of suckling piglets. **Applied Animal Behavior Science**. 2021. DOI: 10.1016/j.applanim.2021.105436.

JIANG, X.R. et al. Effects of a blend of essential oils and an enzyme combination on nutrient digestibility, ileum histology and expression of inflammatory mediators in weaned piglets. **Animal**. 2015

KIM et al. The digestible energy and net energy content of two varieties of processed rice in pigs of different body weight. **Animal feed Science and technology**. 2007.

KNUDSEN, K.E.B. et al. The role of carbohydrates in intestinal health of pigs. **Animal Feed Science and Technology**. v. 173, p.41-53. 2012. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2011.12.020.

KNUDSEN, K.E.B. Dietary fibers, and associated phytochemicals in cereals. **Molecular Nutrition & Food Research**. 2017.

LALLÈS, J.P.; MONTOYA, C.A. Dietary alternatives to in-feed antibiotics, gut barrier function and inflammation in piglets post-weaning: Where are we now? **Animal Feed Science and Technology**. 2021. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2021.114836.

LEAN, I. J. et al. Invited review: Use of meta-analysis in animal health and reproduction: Methods and applications. **Journal of Dairy Science**. 2009. DOI: 10.3168/jds.2009-2140.

LEAN, I. J. et al. A Meta-Analysis of Zilpaterol and Ractopamine Effects on Feedlot Performance, Carcass Traits and Shear Strength of Meat in Cattle. **Plos One**. 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0115904.

LEHNEN, C. R. et al. Perspectivas da meta-análise no uso de aditivos em dietas para leitões no pós-desmame.2020

LI, H. et al. Physiological function and application of dietary fiber in pig nutrition: A review. **Animal Nutrition**. 2021. DOI: 10.1016/j.aninu.2020.11.011.

LI, Q. et al. A dietary carbohydrase blend improved intestinal barrier function and growth rate in weaned pigs fed higher fiber diets. **Journal Animal Science**. 2018.

LI, Q. et al. A soluble and highly fermentable dietary fiber with carbohydrases improved gut barrier integrity markers and growth performance in F18 ETEC challenged pigs. **Journal Animal Science**. 2019.

LIMA, J.D.A. **Efeito de manoligossacarideo, ácidos orgânicos e óleo essencial em substituição à colistina na dieta de leitões**.2020. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2020.

LIU, S. et al. 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-Australas Journal Animal Science**. 2019. DOI: 10.5713/ajas.18.0873.

LONG, S. et al. Effects of dietary supplementation of compound enzymes on performance, nutrient digestibility, serum antioxidant status, immunoglobulins,

intestinal morphology, and microbiota community in weaned pigs. **Archives of Animal Nutrition**. 2020. DOI: 10.1080/1745039X.2020.1852008.

LOVATTO P.A. Meta-análise em pesquisas científicas - enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia / Brazilian Journal of Animal**. 2007.

LUISE, D. et al. The supplementation of a corn/barley-based diet with bacterial xylanase did not prevent diarrhea of ETEC susceptible piglets but favored the persistence of *Lactobacillus reuteri* in the gut. **Livestock Science**. 2020. DOI: 10.1016/j.livsci.2020.104161.

MAHAN, K. L. et al. **Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia**. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

METZLER-ZEBELI, B. U. No starch polysaccharides modulate bacterial microbiota, pathways for butyrate production, and abundance of pathogenic *Escherichia coli* in the pig gastrointestinal tract. **Applied and Environmental Microbiology**. 2010.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução normativa nº110. Lista de matérias-primas aprovadas como ingredientes, aditivos e veículos para uso na alimentação animal. **Secretaria De Defesa Agropecuária**. 24 nov.2020.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Swine**. 11. Ed. National Academies Press, Washington, DC. 2012

NAVARRO, D. M. D.; ABELILLA, J. J.; STEIN, H. H. Structures and characteristics of carbohydrates in diets fed to pigs: a review. **Journal of Animal Science and Biotechnology**. 2019.

NETO, M.A.T; GALLARDO, C.; DADALT, J.C. Amino acid digestibility and energy use by weaned piglets fed yellow corn, sorghum, and an exogenous enzymes combination. **Livestock Science**. 2020. DOI: 10.1016/j.livsci.2020.104126.

NETO, M.A.T; DADALT, J.C.; GALLARDO, C. Nutrient and energy balance, and amino acid digestibility in weaned piglets fed wheat bran and an exogenous enzyme combination. **Animal**. 2020. DOI: 10.1017/S1751731119002052.

NETO, M.A.T; GALLARDO, C.; JUNIOR, F. P.; DADALT, J.C. Apparent total and ileal digestibility of rice bran with or without multicarbohydase and phytase in weaned piglets. **Livestock Science**. 2021.

NORTEY, T.N. et al. Effects of xylanase and phytase on digestion site of low-density diets fed to weaned pigs. **Livestock Research for Rural Development**. 2015.

OELKE, C.A. Fibra dietética: um novo enfoque na nutrição de suínos. **Zootecnia: Nutrição e Produção Animal**. 2020. DOI: 10.37885/200901306.

OPENMETA[ANALYST] SOFTWARE. Completely open-source, cross-platform software for advanced meta-analysis. Disponível em: <<http://www.cebm.brown.edu/openmeta/download.html>>. Acesso em: Jan a Set de 2021.

ORTIZ, G.G. et al. Dietary xylanase and live yeast supplementation influence intestinal bacterial populations and growth performance of piglets fed a sorghum-based diet. **Animal Nutrition**. 2020. DOI: 10.1016/j.aninu.2020.05.005.

OWUSU-ASIEDU, A. Effect of xylanase and β -glucanase on growth performance and nutrient digestibility in piglets fed wheat–barley-based diets. **Livestock Science**. 2010. DOI: 10.1016/j.livsci.2010.06.102.

PRANDINI, A. et al. Addition of non-starch polysaccharides degrading enzymes to two hullless barley varieties fed in diets for weaned pigs. **Journal of Animal Science**. 2014.

ROSTAGNO, H.S. **Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos**. 4. Ed. Viçosa: Departamento de Zootecnia, UFV, 2017.

SANTOS, E.J.F.; CUNHA, M. Interpretação crítica dos resultados estatísticos de uma meta-análise: estratégias metodológicas, 2013.

SAUVANT, D. et al. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. *Animal*, Cambridge, v. 2, p. 1203–1214, 2008.

SAKOMURA, N.K. Nutrição de não ruminantes. Jaboticabal, SP. Editora Funep, 2014.

SHANG, Q.H. et al. Effects of α -galactosidase supplementation on nutrient digestibility, growth performance, intestinal morphology, and digestive enzyme activities in weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**. 2018.

SPANGHERO, M. et al. Precision and accuracy of in vitro digestion of neutral detergent fiber and predicted net energy of lactation content of fibrous feeds. **Journal Dairy Science**. 2010. DOI: 10.3168/jds.2010-3098.

TAFFAREL et al. Relação entre contaminação das dietas com micotoxinas e desempenho de suínos: uma meta-análise, 2009.

TEJEDA, O.J.; KIM, W; K. Effects of fiber type, particle size, and inclusion level on the growth performance, digestive organ growth, intestinal morphology, intestinal viscosity, and gene expression of broilers. **Poultry Science**. Jul. 2021. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101397.

THORPE J, B.; BEDFORD M.R; PARTRIDGE, G. G. Vegetable protein meals and the effects of enzymes. **Enzymes in farm animal nutrition**. 2001

TOLEDO, T. S. et al. The effect of litter materials on broiler performance: A systematic review and meta-analysis. **British Poultry Science**. 2019. DOI: 10.1080/00071668.2019.1639143.

TSAI, T. et al. The effect of adding xylanase or β -glucanase to diets with corn distillers dried grains with soluble (CDDGS) on growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs. **Livestock Science**. 2017.

VELÁZQUEZ-DE LUCIO, B.S. Exogenous Enzymes as Zootechnical Additives in Animal Feed: A Review. **Catalysts**. 2021. DOI: 10.3390/catal11070851.

WANG, Y. Effect of diet complexity, multi-enzyme complexes, essential oils, and benzoic acid on weanling pigs. **Livestock Science**. 2018.

YI, J.Q. et al. The Effects of Enzyme Complex on Performance, Intestinal Health and Nutrient Digestibility of Weaned Pigs. **Asian Australas Journal Animal Science**. 2013.

ZHAI, H. Digestible energy of a corn-soybean meal-based diet supplemented with xylanase for nursery pigs in metabolism crates and floor pens. **Livestock Science**. 2018.

ANEXO A – ARTIGOS UTILIZADOS NA META-ANÁLISE

Autor	Ano	Peso inicial (kg)	Idade inicial (dias)	Variáveis
Asiedu et al.	2010	7,4	21	Desempenho e digestibilidade (MS,PB,EB)
He et al.	2010	10,2	28	Digestibilidade (EB,PB)
Yi et al.	2013	7,5	21	Desempenho e digestibilidade (MS,PB,EB)
Prandini et al.	2014	7,7	21	Desempenho
Jiang et al.	2015	8,1	24	Desempenho e digestibilidade (MS,PB)
Nortey et al.	2015	8,6	28	Desempenho e digestibilidade (EB)
Chen et al.	2016	10,3	28	Desempenho
Tsai et al.	2017	7,2	21	Desempenho e digestibilidade (MS,PB,EB)
Dong et al.	2018	8,47	28	Desempenho e digestibilidade (MS,PB,EB)
Li et al.	2018	6,5	21	Desempenho e digestibilidade (MS,PB,EB)
Shang et al.	2018	7,85	21	Desempenho e digestibilidade (MS,PB,EB)
Wang et al.	2018	7,96	21	Desempenho
Zhai et al. A.	2018	8,6	35	Digestibilidade (MS, EB)
Zhai et al. B.	2018	8,7	35	Digestibilidade (MS, EB)
Ao et al.	2019	7,2	21	Desempenho e digestibilidade (MS,PB,EB)
Duarte et al.	2019	7,2	21	Desempenho e digestibilidade (MS,PB,EB)
Liu et al.	2019	7,8	21	Desempenho e digestibilidade (MS,PB)
Li et al.	2019	7,8	23	Desempenho
He et al.	2019	7,7	21	Desempenho e digestibilidade (PB,EB)
Long et al.	2020	8,5	28	Desempenho e digestibilidade (MS,PB,EB)
Luise et al.	2020	5,4	25	Desempenho
Neto et al. A	2020	6,2	21	Digestibilidade (MS, EB)
Neto et al. B	2020	6,2	21	Digestibilidade (MS, EB)
Neto et al. C	2020	6,2	21	Digestibilidade (MS, EB)
Ortiz et al.	2020	6,84	23	Desempenho
Neto et al. D	2021	6,2	21	Digestibilidade (MS, EB)

ANEXO AA – CARACTERIZAÇÃO DAS ENZIMAS E DIETAS DOS ARTIGOS.

Autor	Enzima	Dieta
Asiedu et al.	Xilanase e β -glucanase	Cevada e trigo
He et al.	Xilanase	Trigo e milho
Yi et al.	Xilanase e amilase	Milho e soja
Prandini et al.	Xilanase e β -glucanase	Cevada e trigo
Jiang et al.	Xilanase e β -glucanase	Cevada e trigo
Nortey et al.	Xilanase	Trigo e soja
Chen et al.	Xilanase	Milho e soja
Tsai et al.	Xilanase, β -glucanase e celulase	Trigo e milho
Dong et al.	A-galactosidase	Trigo e milho
Li et al.	Xilanase, β -glucanase, celulase, pectinase e amilase	Milho e soja
Shang et al.	Xilanase	Milho e soja
Wang et al.	Xilanase	Milho e soja
Zhai et al. A.	α -galactosidase	Milho e soja
Zhai et al. B.	Xilanase	Milho e soja
Ao et al.	Xilanase, β -mananase, amilase	Milho e soja
Duarte et al.	Pectinase, xilanase, β -glucanase	Milho e soja
Liu et al.	Xilanase	Milho e soja
Li et al.	Amilase, xilanase, β -glucanase	Milho e soja
He et al.	Xilanase	Milho e soja
Long et al.	Amilase, xilanase, β -glucanase	Cevada e milho
Luise et al.	Xilanase	Cevada e milho
Neto et al. A	α -galactosidase, galactomananase, xilanase e β -glucanase	Milho e soja
Neto et al. B	α -galactosidase, galactomananase, xilanase e β -glucanase	Milho e sorgo
Neto et al. C	α -galactosidase, galactomananase, xilanase e β -glucanase	Trigo e milho
Ortiz et al.	Xilanase	Sorgo e soja
Neto et al. D	α -galactosidase, galactomananase, xilanase e β -glucanase	Milho e arroz