

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

ZOOTECNIA

**ARABINASES E XILANASES E GRÃOS SECOS DESTILADOS COM SOLÚVEIS  
PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO: DIGESTIBILIDADE E METABOLISMO**

STEPHANE ALVERINA BRIGUENTE DA MOTTA



**Stephane Alverina Brigunte Da Motta**

**ARABINASES E XILANASES E GRÃOS SECOS DESTILADOS COM SOLÚVEIS  
PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO: DIGESTIBILIDADE E METABOLISMO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
à Universidade Federal de Minas Gerais,  
Instituto de Ciências Agrárias, Campus  
Regional de Montes Claros, como requisito  
parcial, para obtenção do título de  
Bacharelado em Zootecnia.

Orientadora: Prof. Dr. Bruno Alexander  
Nunes Silva

Montes Claros  
Instituto de Ciências Agrárias  
2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
SECRETARIA DO COLEGIADO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

### ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA / TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)

Aos 19 dias do mês de agosto de 2021, às 11 h 30 min, o/a estudante Stephane Alverina Briguenta da Motta, matrícula 2017093860, defendeu o Trabalho intitulado “**Arabinase e xilanase e grãos secos destilados com solúveis para suínos em crescimento: digestibilidade e metabolismo**” tendo obtido a média (90) noventa.

Participaram da banca examinadora os abaixo indicados, que, por nada mais terem a declarar; assinam eletronicamente a presente ata.

**Nota:** 93 (noventa e três)

**Orientador(a):** Bruno Alexander Nunes Silva

**Nota:** 88 (oitenta e oito)

**Examinador(a):** Wagner Azis Garcia Araujo

**Nota:** 90 (noventa)

**Examinador(a):** Cristina Maria Lima Sá Fortes



Documento assinado eletronicamente por **Wagner Azis Garcia de Araújo, Usuário Externo**, em 08/09/2021, às 14:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Bruno Alexander Nunes Silva, Professor do Magistério Superior**, em 08/09/2021, às 17:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cristina Maria Lima Sa Fortes, Professora do Magistério Superior**, em 08/09/2021, às 17:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0950268** e o código CRC **2486AC7B**.

---

**Este documento deve ser editado apenas pelo Orientador e deve ser assinado eletronicamente por todos os membros da banca.**

---

Referência: Processo nº 23072.235848/2021-42

SEI nº 0950268

## RESUMO

Com o rápido crescimento da população mundial e, conseqüentemente, maior pressão sobre o mercado de grãos na última década, a alimentação animal de maneira econômica tornou-se uma dificuldade, além de representar aproximadamente 80% do custo total de produção desses animais. Desta forma, a utilização de coprodutos pode ser interessante, diminuindo o custo da alimentação de suínos, preservando o desempenho produtivo e garantindo maior lucratividade ao produtor. Neste sentido objetivou-se avaliar a utilização de Rovabio® Advance em dietas a base de milho ou milho e grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS). O experimento foi conduzido no laboratório de metabolismo e digestibilidade de suínos do setor de Suinocultura (NEPSUI – Núcleo de Estudos em Produção de Suínos) no Instituto de Ciências Agrárias da UFMG. Foram utilizados 8 suínos machos castrados, geneticamente homogêneos de diferentes leitegadas, e de mesma origem genética comercial (TN70 \* Talent®), com peso vivo médio inicial de 30 kg. Os animais foram distribuídos em um esquema fatorial 2 x 2 (cereais e enzimas) e um delineamento experimental de quadrado latino. Quatro dietas experimentais foram testadas, sendo uma dieta controle a base de Milho e Soja; outra dieta com (Rovabio® 500 gr./ton) Milho/Soja; outra dieta a base de Milho + DDGS/Soja; e dieta com (Rovabio® 500 gr./ton) Milho + DDGS/Soja. As rações foram fornecidas de acordo com o peso metabólico ( $PV^{0,60}$ ) determinado pela pesagem do animal no dia do início de cada período. A quantidade de ração será calculada pela energia de manutenção x peso metabólico ( $kg^{0,60}$ ) x fator de produção. Não foram observadas diferenças para o ConsMS entre os tratamentos. O volume de fezes produzidos foram influenciados ( $P<0.001$ ) pela dieta, onde os animais recebendo DDGS produziram mais fezes. Houve efeito da dieta ( $P<0.005$ ) para EDa, onde as dietas a base de milho e soja apresentaram valor superior. Já o uso da enzima tendeu a melhorar a EDa nas dietas a base de milho e soja e com a inclusão de DDGS ( $P=0.065$ ). Houve efeito da dieta ( $P<0.0002$ ) para EMA, onde as dietas a base de milho e soja foram superiores. Para o valor de PDa, houve efeito ( $P=0.005$ ) de interação entre dieta e enzima, onde o uso do DDGS associado com a enzima apresentou uma melhora significativa. Conclui-se que o uso de DDGS na alimentação de suínos pode ser uma alternativa viável quando associado à enzima, tendo uma melhora significativa na digestibilidade. Portanto a utilização do Rovabio® Advance apresentou melhor digestibilidade e reduziu a excreção fecal de Ca para ambas as formulações.

**Palavras-chaves:** Coproduto. Enzimas. Digestibilidade. Suinocultura.

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Composição nutricional do milho, do trigo e dos seus grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS; NRC, 2012) .....	12
Tabela 2 - Composição das dietas experimentais .....	16
Tabela 3 - Análise da composição proximal das dietas experimentais .....	18
Tabela 4 - Consumo de matéria natural e seca (CMN e CMS), volume de fezes produzidos (VFezes), análise proximal das fezes, Energia digestível aparente (EDa), Energia metabolizável aparente (EMa), Proteína digestível aparente (PDa), Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDaMS), Coeficiente de digestibilidade da energia bruta (CDaE), Coeficiente digestibilidade proteína bruta (CDPB), Coeficiente metabolizabilidade da energia (CME) (LSmeans).....	19

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAd	Aminoácidos Digestíveis
CDaEB	Coefficiente de digestibilidade Aparente da Energia Bruta
CDaMS	Coefficiente de Digestibilidade Aparente da Matéria Seca
CDaPB	Coefficiente de Digestibilidade Aparente da Proteína Bruta
CME	Coefficiente de Metabolização da Energia
DDGS	Grãos secos de destilaria com solúveis
EB	Energia Bruta
EDa	Energias Digestíveis Aparente
EE	Extrato Etéreo
EMa	Energia Metabolizável Aparente
FDA	Fibra em Detergente Ácido
FDN	Fibra em Detergente Neutro
MM	Matéria Mineral
MS	Matéria Seca
PB	Proteína Bruta
PDa	Proteína Digestível Aparente
PNA	Polissacarídeos Não Amiláceos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2 REFERENCIA TEÓRICO.....</b>	<b>11</b>
1.1 Exigências Nutricionais Para Suínos em Crescimento.....	11
1.2 Uso de Alimentos Alternativos Para Suínos.....	11
1.2.1 Uso de DDGS na Suinocultura.....	12
1.3 Uso de Enzimas na Nutrição de Suínos.....	13
1.3.1 Uso de Enzimas Xilanases e Arabinases.....	14
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
1.1 Procedimento Experimental e Animais.....	15
1.2 Ensaio de Metabolizabilidade e Digestibilidade.....	16
1.3 Análises Laboratoriais.....	18
1.4 Análises Estatísticas.....	18
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>19</b>
<b>5 DISCUSSÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	

## 1. INTRODUÇÃO

Os progressos em genética, nutrição, manejo e sanidade verificados nas últimas décadas transformaram a suinocultura em um verdadeiro complexo econômico, traduzido por uma grande indústria de produção de proteína de origem animal. Dentre as áreas responsáveis por tamanha produção, destaca-se a nutrição. Ao longo dos anos ocorreu um avanço para atender às exigências nutricionais de cada fase de vida dos animais e diminuir a excreção de nutrientes no ambiente. Porém, os custos com alimentação representam aproximadamente 80% dos custos totais de produção (GUIMARÃES, 2020) sendo importante o correto manejo para evitar quedas no desempenho e aumento de gastos durante a produção.

No Brasil, devido à significativa produção de milho, existe uma tendência de se produzir etanol também a partir do milho. Nesse caso, durante o processamento dos grãos de cereais para a produção de etanol, são gerados os grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS), sendo este, um coproduto de grande valor nutricional, podendo ser incluído em dietas para a alimentação animal. Ou seja, a utilização de DDGS pode diminuir o custo da alimentação dos suínos, preservando o desempenho produtivo e garantindo maior lucratividade ao produtor. No entanto, durante o processo de destilação do etanol, a maior parte do amido do grão é convertida em etanol enquanto a fibra não é utilizada. Como resultado, o DDGS apresentam menor quantidade de amido e maior percentual de fibra na sua composição em relação à sua matéria prima original. Como o trato digestivo dos suínos não secreta enzimas para a degradação de fibras, torna-se necessário realizar a suplementação exógena para que ocorra melhor aproveitamento dos nutrientes desses alimentos, mantendo o desempenho animal.

Segundo Amorim et al. (2011) a utilização de enzimas assimiladas a dietas a base de milho, farelo de soja e alimentos alternativos, podem melhorar a digestibilidade da dieta, pois sua utilização permite um maior aproveitamento dos substratos. Contudo, aumentando o desempenho dos animais e possibilitando a redução dos custos da dieta. Além disso, a utilização de enzimas pode ser dividida em dois grupos: endógenas, sendo sintetizadas pelo próprio animal, e as exógenas, que especificamente os monogástricos não são capazes de produzir, o mesmo não possui características genéticas para essa síntese (SOTOSOLANOVA, 1996) sendo produzidas por fungos, bactérias e lactobacilos. Nestas podem ser citadas: celulase, hemicelulase, pentosanase, glucanase, xilanase, galactosidase, fitase e pectinase. Embora ambas sejam responsáveis pela quebra de nutrientes, as enzimas exógenas podem ser fornecidas para suplementarem aquelas já existentes no organismo animal, ou seja, otimizar a atividade enzimática endógena, principalmente, em animais jovens que possuem o sistema enzimático imaturo, ou para degradarem componentes que não são degradáveis por ação de enzimas produzidas pelo organismo, como os polissacarídeos não amiláceos (PNA) dos ingredientes (PENZ, 1998), gorduras e proteínas protegidas da atividade digestiva pelos polissacarídeos da parede celular, além de

minimizarem os efeitos negativos provocados pelos fatores antinutricionais presentes nos diversos ingredientes (CAMPESTRINI et al., 2005).

Testes com várias dietas tem demonstrado que Rovabio® Advance (xilanase + arabinase) proporciona um aumento da ordem de 3% na digestibilidade global de matéria orgânica vegetal, obtida por meio de maior retenção digestiva do animal para o amido, proteína e gordura. Graças à degradação da parede celular da matéria prima vegetal, aumenta-se a acessibilidade dos nutrientes às enzimas endógenas, qualquer que seja o tipo de dieta (à base de trigo ou milho) ou nível de energia, haverá um aumento consistente de EMA (energia metabolizável aparente), de aminoácidos digestíveis (AAd) e da disponibilidade de P e Ca. Neste contexto, o uso de Rovabio® Advance com o intuito de melhorar a eficiência de digestão e absorção, pode representar uma ferramenta de fundamental importância para o desenvolvimento e retorno econômico do setor suinícola.

## **2. REFERENCIA TEORICA**

### **1.1 USO DE ALIMENTOS ALTERNATIVOS PARA SUÍNOS**

Na produção de suínos os ingredientes que fornecem energia são as de maior custo na ração, com isso à maior necessidade de utilizar com precisão esses ingredientes energéticos, em prol da redução do custo de produção (Noblet et al., 1994a). Além disso, é importante ressaltar que as concentrações de energia na dieta tem relação direta com a ingestão voluntária desses animais, ou seja ao adicionar quantidades maiores do que a necessária esses animais cessam o consumo, suínos são animais que tendem a consumir ração até atingirem suas necessidades energéticas (Nyachoti et al., 2004).

No Brasil, a dieta dos suínos é principalmente baseada em milho e farelo de soja, os quais, tem grande variabilidade de preço no decorrer do ano, que tornam, muitas vezes, a produção economicamente inviável (FIALHO et al., 2004). Outro ponto, é que os suínos em crescimento e terminação são responsáveis por aproximadamente 80% do consumo total de ração dos sistemas de ciclo completo (BELLAYER; LUDKE, 2004), e conseqüentemente tem grande participação no custo de produção desses animais. Sendo assim, é a categoria mais indicada para receber os alimentos alternativos a fim de diminuir custos de produção. Entretanto, fatores como a disponibilidade comercial, a quantidade de nutrientes e energia, as características físicas e a qualidade dos nutrientes são indispensáveis para análise antes de incluir um alimento à dieta dos animais (BELLAYER; LUDKE, 2004).

#### **1.2.1 USO DE DDGS NA SUINOCULTURA**

Com a crescente pressão sobre o mercado de grãos, há uma maior tendência na utilização de alimentos alternativos em dietas de suínos. Atualmente, a produção de milho no Brasil está estimada em 86,7 milhões de toneladas, sendo o terceiro maior produtor do mundo (CONAB, 2021) fazendo-se de grande importância para o setor econômico. Em vista disso, buscam as melhores formas de potencializar o aproveitamento dessa produção, dentre as alternativas, está a fabricação de etanol a partir do milho, que pode substituir parte da produção de biocombustíveis do etanol advindo da cana de açúcar, principalmente em períodos de baixa oferta (SILVA; NETTO; SCUSSEL, 2016). Durante o processo de produção do etanol a partir do milho, é formado alguns resíduos, estes por sua vez podem ser utilizados na alimentação animal (ex. DDGS). O DDGS do milho por

consequente, apresenta baixo valor econômico e boas condições nutricionais, o que favorece seu uso na alimentação animal.

Entretanto, o DDGS pode apresentar muitas variações em sua composição, devido as diferentes formas de processamento e qualidade do milho utilizado pelas indústrias de produção de etanol (BRITO et al,2008), fazendo-se necessário estudos prévios da composição bromatológica do DDGS de acordo com a indústria de etanol. Contudo, o DDGS apresenta alto valor de energia, proteína e de fósforo digestível, que caracterizam como um alimento alternativo de grande potencialidade para substituição parcial do milho na alimentação animal, além de destinar de forma sustentável os resíduos das indústrias de etanol (Wu, 2016).

**Tabela 1** – Composição nutricional do milho, do trigo e dos seus grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS; NRC, 2012).

<b>Composição, %</b>	<b>Milho</b>	<b>DDGS de milho</b>
Proteína bruta	8,24	28,89
Fibra bruta	1,98	9,48
Extrato etéreo	3,48	8,69
Amido	62,55	3,83
FND	9,11	41,86
FAD	2,88	15,55
Cálcio	0,02	0,08
Fósforo	0,26	0,56

Estudos também mostram que existe correlação entre a intensidade de cor do DDGS e a composição de alguns aminoácidos, como por exemplo a lisina, que no trabalho relatado por (Fastinger et al., 2006) em que os resultados mostraram redução na quantidade de lisina total para as amostras mais escuras, que pode ser explicada pelo superaquecimento do DDGS durante o processo de secagem. Somado a isso, os coprodutos do milho podem também ser utilizados como fonte de aminoácidos na dieta de suínos, desde que seja feita uma análise o coproduto e que a dieta seja balanceada de acordo com a exigência de cada aminoácido (Almeida et al., 2011). O DDGS ainda, apresenta altos teores de PB, quantidade aproximadamente três vezes maior do que o milho, porém, a digestibilidade ileal dos aminoácidos podem ser de até dez unidades percentuais menor, em pode ser devido a maior porção fibrosa presente no DDGS (STEIN; SHURSON, 2009).

## 1.2 USO DE ENZIMAS NA NUTRIÇÃO DE SUÍNOS

A utilização de enzimas complementares a nutrição animal tem sido bastante abordada por pesquisadores, as enzimas melhoram o aproveitamento da matéria prima, elas atuam como catalisadores biológicos aumentando a velocidade das reações químicas no organismo, contudo aumentando a digestibilidade dos nutrientes. Os suínos especificamente, não possui atividade enzimática para a quebra de PNA's (polissacarídeos não amiláceos) e oligossacarídeos, comumente encontrados em plantas. Por isso, a complementação com enzimas exógenas pode ser um potencializador na dieta animal, fazendo com que haja a quebra desses substratos que normalmente o animal não conseguiria ter um bom aproveitamento, aumentando a diversidade da dieta e consequentemente maior digestibilidade dos nutrientes (CAMPESTRINI et al., 2005). Além disso, as enzimas podem ser um ótimo aliado na fase inicial destes animais, pois nesta fase possuem sistema digestório imaturo, ou seja, produz quantidades insuficientes de enzimas para um bom aproveitamento da dieta. Em contraponto para animais mais velhos a utilização de enzima é menos eficaz (Thacker et al., 1988,1989,1992; Baas e Thancker, 1996; Nyachoti et al., 2006), isso acontece porque os animais mais velhos conseguem digerir alimentos fibrosos de forma mais eficiente que os animais jovens. Contudo, é importante estudar os níveis de inclusão de enzimas na dieta, pois uma vez feita de forma errada pode causar danos significativos no desenvolvimento do animal, quando isso acontece, a produção de enzimas pancreáticas do animal pode ser drasticamente reduzida, principalmente em animais jovens (PARTRIDGE, 2001).

Em estudo com suplementação de complexo enzimático contendo ( $\alpha$ -galactosidase, xilanase e protease) por (GDALA et al., 1997) foi observado uma melhora na digestibilidade da xilose, arabinose e também da matéria seca. Outro estudo também avaliou o mesmo complexo enzimático, observando que houve melhora significativa na redução de diarreias em leitões desmamados (CHESSON, 1993). Experimentos feitos com xilanase, amilase,  $\beta$ -glucanase e pectinase foram estudados por (RODRIGUES et al., 2002), este complexo enzimático foi adicionado a dietas a base de milho e sorgo. Neste estudo observaram melhor digestibilidade dos nutrientes, e para dietas com sorgo ainda teve efeito significativo nos valores energéticos das rações, e no balanço de nitrogênio. Os resultados de desempenho deste experimento ainda mostraram aumento do ganho de peso dos animais e maior conversão alimentar da dieta para a suplementação enzimática com dietas a base de milho, para a dieta com sorgo obtiveram apenas maior ganho de peso.

### 1.3.1 USO DE ENZIMAS XILANASES E ARABINASES

Atualmente há uma maior demanda do mercado pela criação de animais livres de promotores de crescimento de antibiótico, neste âmbito o uso de enzimas torna-se importantes na criação destes animais, para isso estudos fazem-se necessários. Em trabalho realizado por (AMORIM et al., 2008) foram avaliadas dietas utilizando polpa cítrica, com e sem adição de complexos enzimáticos em dietas de suínos em crescimento, a qual foi observado que para as dietas positivas para xilanase,  $\beta$ -glucanase, celulase, pectinase e protease, tiveram melhora significativa no desempenho e conversão alimentar dos animais. Podendo ser interessante a utilização de complexos enzimáticos em dietas de suínos em crescimento. Além disso os cereais são de grande importância em dietas de aves e suínos, são utilizados como a base energética da dieta. No entanto, esses cereais são ricos em fatores antinutricionais, como os PNA's, que dificultam a digestibilidade da fibra. Por isso, a adição de enzimas como a xilanase são importantes na digestibilidade da dieta, sendo essas utilizadas há muito tempo em dietas à base de trigo para aves (Bedford e Classen, 1992).

Saleh et al. (2019) avaliou o efeito da utilização de Rovabio® Advance (xilanase + arabinase) na alimentação de frangos de corte. As aves assim como os suínos não têm um bom aproveitamento dos PNA's, desta forma a complementação de enzimas exógenas pode melhorar o aproveitamento de dietas a base de cereais. Os resultados deste experimento para a adição de Rovabio® Advance foi positivo, tendo melhoras no desempenho de crescimento e digestibilidade dos nutrientes. Outro estudo com a utilização de um complexo multi-carboydrase em dietas de frangos de corte foi realizado por (Cozannet et al., 2017) e o mesmo mostrou que a suplementação com a enzima teve melhoria média de 3,9 % na digestibilidade dos nutrientes.

## 3. MATERIAL E METODOS

Todos os métodos envolvendo o manejo de animais foram realizados de acordo com as regulamentações aprovadas pela comissão de ética no uso de animais da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG - CEUA) Brasil sob o Protocolo CEUA: 254/2020.

### 1.1 Procedimento experimental e animais

O experimento foi conduzido no período de setembro a dezembro de 2020 no laboratório de metabolismo e digestibilidade de suínos do setor de Suinocultura (NEPSUI – Núcleo de Estudos em Produção de Suínos) no Instituto de Ciências Agrárias da UFMG.

Serão utilizados 8 suínos machos castrados, geneticamente homogêneos de diferentes leitegadas, e de mesma origem genética comercial (TN70 \* Talent®), com peso vivo médio inicial de 30 kg (aprox. 70 d de idade). Os animais foram distribuídos em um esquema de quadrado latino com 04 tratamentos x 2 animais x 4 períodos. Os animais foram alojados individualmente em baias de piso ripado (1 m x 1 m durante 05 dias em cada período) e gaiolas metabólicas (12 dias em cada período), ajustadas para o tamanho dos animais, mantidas em ambiente controlado em temperatura média de 25°C. No interior da instalação, foi utilizado um data-logger, à meia altura dos animais, para monitorar as temperaturas e umidades durante o todo período experimental.

Cada suíno será considerado uma unidade experimental. O experimento teve uma duração total de 71 dias (aprox. 85 kg de peso vivo ou 141 d de idade).

Os tratamentos foram assim constituídos:

Dieta controle (- Rovabio®) Milho/Soja;

Dieta com enzima (+ Rovabio® 500 gr./ton) Milho/Soja;

Dieta com DDGS (- Rovabio®) Milho + DDGS/Soja;

Dieta com enzima e DDGS (+ Rovabio® 500 gr./ton) Milho + DDGS/Soja.

## 1.2 Ensaio de metabolizabilidade e digestibilidade

O ensaio de metabolizabilidade e digestibilidade foi realizado por 04 períodos de coleta e cada tratamento terá 08 repetições, sendo o animal considerado a unidade experimental. Cada período teve uma duração de 17 dias, onde os animais foram submetidos a um período de adaptação as dietas de 10 dias (05 dias em baias individuais e 05 dias na gaiola metabólica) e 07 de dias de coleta total de fezes e urina (gaiola metabólica). Após o termino de um período de coleta os animais foram submetidos a jejum de 24 horas e foram novamente redistribuídos entre os tratamentos, onde o mesmo animal não recebeu a mesma ração do período anterior. Após esta distribuição os animais receberam a ração por 10 dias para adaptação e novamente passaram por 7 dias de coleta. As rações foram fornecidas de acordo com o peso metabólico (PV<sub>0,60</sub>) determinado pela pesagem do animal no dia do início de cada período.

A quantidade de ração foi calculada pela energia de manutenção x peso metabólico (kg<sub>0,60</sub>) x fator de produção (3 x manutenção; Stein, et al., 2006) / densidade da dieta:

$$\text{CMD kg/d} = 179 \text{ kcal EL} \times \text{PVkg}^{0,60} \times 3,0 \text{ (FP)} / 2320 \text{ kcal EL/kg}$$

O valor de 179 kcal é a energia de manutenção para suínos em fase crescimento de acordo com Noblet, et al (1999), e Barea, et al (2010). Já o valor de 2320 kcal EL/kg foi o valor de energia líquida médio das dietas experimentais.

**Tabela 2** – Composição das dietas experimentais

<b>Ingredientes</b>	<b>Controle</b>	<b>Enzima</b>	<b>DDGS</b>	<b>Enzima DDGS</b>
Milho (7,8%)	63,69	63,69	48,78	48,78
Soja Farelo (46%)	33,18	33,18	28,16	28,16
<b>DDGS milho (42%)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>20,00</b>	<b>20,00</b>
Calcário	1,187	1,187	1,201	1,201
Fosfato bicalcico	0,920	0,920	0,980	0,980
Cloreto de sódio	0,365	0,365	0,365	0,365
L-Lisina HCL	0,178	0,178	0,203	0,203
L-Treonina	0,072	0,072	0,00	0,00
DL-Metionina	0,084	0,084	0,00	0,00
L-Triptofano	0,024	0,024	0,00	0,00
Celite 1%	0,100	0,100	0,100	0,100
Amido	0,050	0,000	0,050	0,000
<b>Rovabio® Advance</b>	<b>0,000</b>	<b>0,050</b>	<b>0,00</b>	<b>0,050</b>
Premix Mineral Salus <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix Vitaminico OVN <sup>2</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Composição calculada				
PB (%)	19,84	19,84	24,79	24,79
FB (%)	3,40	3,40	3,88	3,88
EE (%)	2,92	2,92	4,47	4,47
FDN (%)	10,73	10,73	15,06	15,06
FDA (%)	4,12	4,12	5,66	5,66
Cálcio total (%)	0,815	0,815	0,815	0,815
Fósforo dig. (%)	0,215	0,215	0,215	0,215

SID Lisina (%)	1,060	1,060	1,060	1,060
SID Met. (%)	0,370	0,370	0,400	0,400
SID Met. + Cyst. (%)	0,660	0,660	0,760	0,760
SID Treonina (%)	0,710	0,710	0,750	0,750
SID Triptofano (%)	0,210	0,210	0,210	0,210
SID Arginina (%)	1,210	1,210	1,320	1,320
SID Valina (%)	0,820	0,820	1,010	1,010
Sódio (%)	0,350	0,350	0,350	0,350

<sup>1</sup> Copper sulphate (Copper 13.00 g/kg), Iron sulphate (Iron 100.00 g/kg), Manganese monoxide (Manganese 50.00 g/kg), Sodium Selenium (Selenium 184.00 mg/kg), Zinc sulphate (Zinc 95.00 g/kg), Calcium Iodine (Iodine 1000 mg/kg). <sup>2</sup>Vitamin A (225,00000 UI/kg), Vitamin D3 (380,0000 UI/kg), Vitamin E (200,000 UI/kg), Vitamin K (10,000 mg/kg), Biotin (1,000 mg/kg), Folic acid (9,000 mg/kg), Niacin (120,000 mg/kg), Pantothenic acid (60,000 mg/kg), Vitamin B2 (20,000 mg/kg), Vitamin B1 (8,000 mg/kg), Vitamin B6 (12,000 mg/kg), and Vitamin B12 (100,000 mcg/kg). <sup>3</sup> Phytase inclusion equivalent to 1000 FYT and 0.120% available phosphorus.

### 1.3 Análises laboratoriais

As dietas experimentais e as fezes foram moídas e analisadas quanto (MS, FDN, FDA, Ca, P, Matéria mineral, cinza insolúvel em ácido, Extrato Etéreo, PB, EB, N) e das urinas (EB) foram realizadas no Laboratório CBO (Valinhos, SP).

Foram avaliados o consumo de matéria seca (CMS), coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDaMS), coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta (CDaEB), coeficiente de metabolização da energia (CME), proteína digestível aparente (PDa), Coeficiente de digestibilidade aparente da PB (CDaPB), energias digestíveis (EDa) e metabolizável (EMa) aparentes. Os valores de CDaMS, CDaEB, CME, PDa, CDaPB, EDa e EMa foi determinado de acordo com a metodologia proposta por Matterson et al. (1965).

### 1.4 Análises estatísticas

Os dados foram analisados estatisticamente usando um procedimento Proc GLM do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). O animal foi considerado a unidade experimental. Os 04 tratamentos foram comparados utilizando o peso inicial como uma covariável, foi feita uma análise de covariância com a fonte de cereal, inclusão de enzima, o animal, e o período como efeitos principais. As medias foram então comparadas pelo teste de Student

Newman-keuls e um valor alfa de 0,05 foi considerado para determinar o nível de significância entre medias.

#### 4. RESULTADOS

As temperaturas e a umidade relativas médias, mínimas e máximas medidas durante o período experimental foram de  $23,6 \pm 2,47$  e  $29,1 \pm 1,06$  °C e  $74 \pm 18$  e  $97 \pm 5$  %, respectivamente. Os dados de 4 animais foram excluídos das análises: 02 (T4) por terem apresentando um consumo voluntário baixo (<50% do oferecido) durante o período 01 e 02 (T2) por terem apresentado diarreia durante a semana de coleta durante o período 3. Os resultados das análises proximais das dietas experimentais estão apresentados na tabela 2. Os resultados das análises proximais, metabolizabilidade e digestibilidade das fezes e da urina estão apresentados na tabela 3.

**Tabela 3** – Análise da composição proximal das dietas experimentais.

	MATÉRIA SECA								
	PB%	EE%	FDA%	FDN%	EB cal/g	MM%	Ca%	P%	Resd. Ins.HCL %
Controle	25,07	4,13	5,14	11,85	4352,97	6,11	0,88	0,69	0,22
Enzima	24,04	3,74	4,88	11,50	4287,47	5,81	0,83	0,64	0,29
DDGS	30,05	6,51	7,13	17,69	4584,03	5,42	0,79	0,66	0,31
Enzima+DDGS	29,89	6,43	7,51	17,62	4554,20	5,39	0,77	0,66	0,32

**Tabela 4** – Consumo de matéria natural e seca (CMN e CMS), volume de fezes produzidos (VFezes), análise proximal das fezes, Energia digestível aparente (EDa), Energia metabolizável aparente (EMa), Proteína digestível aparente (PDa), Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDaMS), Coeficiente de digestibilidade da energia bruta (CDaEB), Coeficiente digestibilidade proteína bruta (CDPB), Coeficiente metabolizabilidade da energia (CME) (LSmeans).

Variável	Milho		DDGS				P-valor <sup>2</sup>				
	SRov <sup>1</sup>	CRov	Média	SRov	CRov	Média	CV	Dieta	Enzima	Período	CxE
ConsMN, g	7996	8860	8428	7640	8177	7908	6.10	0.075	0.467	<.0001	0.354
ConsMS, g	7168	7946	7557	7897	7393	7645	6.85	0.173	0.435	<.0001	0.332
Análise proximal das fezes (base da MS)											
VFezes, g	5152	5181	5166	6267	6225	6246	10.61	<.0001	0.778	<.0001	0.633
MS, %	32.08	32.68	32.38	31.81	33.02	32.41	2.71	0.153	0.005	<.0001	0.066
PB, %	23.04	23.46	23.25	27.33	26.91	27.12	4.71	<.0001	0.823	<.0001	0.957
N, %	3.69	3.75	3.72	4.37	4.31	4.34	4.73	<.0001	0.836	<.0001	0.968
EE, %	11.55	12.49	12.02	16.59	15.29	15.94	11.51	<.0001	0.454	0.895	0.015
FDA, %	15.15	13.74	14.44	12.01	12.24	12.12	6.96	<.0001	0.003	<.0001	0.002
FDN, %	32.16	30.48	31.32	26.96	27.90	27.43	5.18	<.0001	0.368	<.0001	0.024
EB, cal/g	4243	4296	4269	4756	4739	4747	5.00	<.0001	0.697	0.005	0.585

MM, %	17.09	17.24	17.16	14.61	13.94	14.27	6.95	<.0001	0.292	<.0001	0.417
Ca, %	3.66	3.54	3.60	2.95	2.48	2.72	11.95	<.0001	0.008	<.0001	0.113
P, %	2.69	2.64	2.67	2.24	2.19	2.22	6.34	<.0001	0.133	<.0001	0.698
Análise de energia da urina											
EB, cal/g	11.40	12.05	11.72	11.06	19.30	15.18	45.21	0.033	0.010	0.003	0.019
Coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade											
EDa, cal/g	3428	3502	3465	3276	3339	3307	3.56	0.005	0.005	0.002	0.079
EMa, cal/g	3310	3409	3359	3145	3196	3170	3.86	0.0002	0.051	0.001	0.153
PDa, %	19.36	19.90	19.63	21.91	21.87	21.89	3.51	<.0001	0.460	0.0002	0.165
CDaMS, %	78.86	81.05	79.95	73.10	76.34	74.72	3.43	<.0001	0.002	0.0003	0.366
CDPB, %	78.07	79.99	79.04	73.36	74.48	73.93	2.55	<.0001	<.0001	<.0001	0.493
CDaEB, %	79.34	81.05	80.19	71.71	73.07	72.39	1.57	0.0001	0.003	<.0001	0.412
CME, %	76.63	78.91	77.77	68.83	69.94	69.38	1.87	0.0001	0.002	<.0001	0.815

<sup>1</sup> SRov (sem Rovabio®); CRov (com Rovabio®). <sup>2</sup> Valores inferiores a 0.05 considerados significativos e valores entre 0.10 e 0.05 tendência para análises considerando os efeitos de Dieta (dieta a base de milho e soja ou dieta a base de milho, DDGS e Soja), enzima (Com ou sem) e (CxE) efeito de interação entre cereal e enzima.

## Efeito do cereal

O ConsMN tendeu a ser influenciado pela dieta ( $P=0.075$ ) onde a inclusão de DDGS apresentou menores consumos. O ConsMS não foi influenciado pelos tratamentos. O volume de fezes produzidos também foram influenciados ( $P<0.001$ ) pela dieta, onde os animais recebendo DDGS produziram mais fezes (6246 vs. 5166 g). Houve efeito da dieta ( $P<0.005$ ) para EDa, onde as dietas a base de milho e soja apresentaram valor superior (3465 vs. 3307 cal/g, respectivamente para milho e DDGS). Também houve efeito da dieta ( $P<0.0002$ ) para EMa, onde as dietas a base de milho e soja apresentaram valores superiores (3359 vs. 3170 cal/g; respectivamente para milho e DDGS). Para o valor de PDa, verificou-se efeito ( $P<0.0001$ ) da dieta, onde o uso do DDGS apresentou um valor mais alto (21.89 vs. 19.63 %, respectivamente DDGS e Milho).

Para as análises proximais das fezes, os resultados mostraram que a inclusão de DDGS influenciou ( $P=0.0001$ ) a PB (+3.94%), N (+0.63%), EB (+11%), MM (-16%), Ca (-24%) e P (-16%) em comparação com a dietas a base de milho. Os resultados também mostraram que o uso de DDGS reduziu ( $P<0.0001$ ) o CDaMS quando comparado com o milho (79.95 vs. 74.72%, respectivamente para milho e DDGS). Além disso o CDPB reduziu com o uso do DDGS (79.04 vs. 73.93%, respectivamente para milho e DDGS;  $P<0.0001$ ). Assim como o CDaEB foi influenciado pela dieta, que quando houve inclusão de DDGS apresentou menores valores quando comparados com a dieta a base de milho (80.19 vs. 72.39%, respectivamente para milho e DDGS;  $P=0.0005$ ). Os valores de CME seguiram os mesmos padrões, valores mais altos ( $P=0.0001$ ) para dieta a base de milho (77.77 vs. 69.38%, respectivamente para milho e DDGS).

## Efeito da enzima

Já o uso de enzima, mostrou que a EDa melhorou nas dietas a base de milho e soja e com a inclusão de DDGS ( $P=0.005$ ). Resultados semelhantes foram encontrados para EMa, em que a enzima tendeu a melhorar a EMa nas dietas a base de milho e soja e com a inclusão de DDGS ( $P=0.051$ ). Já os resultados da análise proximal das fezes mostrou que houve interação ( $P<0.05$ ) para os valores de EE, FDA e FDN entre dieta e enzima. Para os valores de EB da urina houve interação entre dieta e enzima, aumentando o valor da energia da urina nas dietas a base de DDGS. Ademais, o uso da enzima influenciou ( $P=0.002$ ) os valores de CDaMS, onde o uso da enzima aumentou os coeficientes em

ambas as composições de dietas. Resultados semelhantes foram encontrados para CDPB, que aumentou com o uso da enzima em ambas as formulações de uso de cereais ( $P < 0.0001$ ). O uso da enzima também aumentou ( $P = 0.003$ ) os valores de CDaEB em ambas dietas. Também houve efeito da enzima com aumento de ( $P = 0.002$ ) para CME das dietas.

## 5. DISCUSSÃO

O presente estudo mostrou que as dietas com inclusão de DDGS tiveram influência no volume de fezes produzidos, em consequência da menor digestibilidade dessa dieta, que está relacionado a maior porção fibrosa do DDGS. Estudos mostram que a digestibilidade da fibra é menor que 20% no intestino delgado de suínos e menor que 50% em todo o trato gastrointestinal (JHA; BERROCOSO, 2015), isso porque os suínos não conseguem digerir PNA's, por não possuírem as enzimas digestivas adequadas (GUTIERREZ; KERR; PATIENCE, 2013). Portanto, a baixa digestibilidade da fibra bruta do DDGS resulta no aumento da quantidade de matéria orgânica excretada por esses animais.

As dietas com inclusão de DDSG apresentou efeito significativo para PDa, com resultado superior as dietas a base de milho e soja. Resultado explicado devido características de composição bromatológica do DDGS, que apresenta alto teor de proteína bruta quando comparado as dietas a base de milho e soja. Podendo ser uma explicação para o aumento dos níveis de PDa para as dietas com DDGS. No entanto, é importante ressaltar que a composição do DDGS pode ser bastante variável, devido as diferentes formas de processamento e qualidade do milho utilizados pelas indústrias de produção de etanol (BRITO et al., 2008).

Para os resultados de EDa, as dietas a base de milho e soja tiveram valores superiores em relação a dietas com DDGS. Isso ocorre pois o milho é um alimento altamente digerível e tem baixo conteúdo fibroso, apresentando maior energia digestível dessa dieta. Resultados semelhantes foram encontrados para EMa, em que as dietas a base de milho e soja também apresentou valores superiores em relação as dietas com milho e DDGS. Ou seja, os animais que receberam dietas a base de milho e soja tiveram menor perda de energia excretada, devido à alta digestibilidade do milho e, conseqüentemente teve maior EMa. Em relação as dietas com inclusão de DDGS, o presente estudo mostrou uma redução para EDa e EMa, resultado que pode ser explicado pela relação de EM/ED relatadas por NOBLET e PEREZ (1993), que mostra que os valores de PB podem reduzir

essa relação em 2% a cada 1% de aumento na PB da dieta, e, o DDGS apresenta altos níveis de PB em sua composição, resultando em uma maior perda de energia para essas formulações.

O uso de DDGS também influenciou no CDaMS, que mostrou menor digestibilidade em relação ao milho. Assim como foi encontrado por McDonnell et al. (2011) quando avaliaram dietas com DDGS para suínos em terminação, em que os resultados mostraram redução linear na digestibilidade aparente da matéria seca com níveis decrescentes de DDGS (de 0 a 30%). Ou seja, a utilização de níveis elevados de DDGS na dieta de suínos pode influenciar de maneira negativa na digestibilidade desses animais.

A inclusão de DDGS mostrou resultados significativos para os coeficientes de digestibilidade da PB e da EB da dieta, que reduziram com o uso do DDGS. Resultados semelhantes foram encontrados por (Juliana Regina da Silva, 2015), em dietas com inclusão de DDGS para animais de estimação. Os resultados mostraram efeito da dieta para PB e EB, que teve redução na digestibilidade quando receberam dietas a base de DDGS, resultado devido ao alto teor de fibra da dieta, que é esperado, visto que são animais com baixo potencial para degradação da fibra. Da mesma forma, houve uma redução do CME nas dietas que continha DDGS, refletido pela porção fibrosa desse alimento, que afeta negativamente a energia digestível e energia metabolizável do alimento, comprometendo a utilização de nutrientes por suínos (Noblet e Shi, 1994). Em contrapartida, as dietas a base de milho e soja apresentaram CME superior, resultado devido alta digestibilidade do milho, que possibilitando maior aproveitamento da energia desse tipo de dieta.

Contudo, resultados obtidos neste experimento mostram que a utilização de enzimas (arabinases + xilanases) podem ser uma estratégia na alimentação de suínos em crescimento e terminação, aumentando a digestibilidade das dietas formuladas. Os resultados também mostraram que a utilização de enzima reduziu o volume de fezes excretados pelos animais, em consequência do maior aproveitamento dos nutrientes por parte da utilização de enzimas. As principais enzimas utilizadas para degradação de PNA's são as xilanases, celulasas e as glucanases (CAMPESTRINI; SILVA; APPELT, 2005), quando adicionadas à dieta de suínos, favorecem a utilização de alimentos ricos em PNA's (LI et al., 2010) propiciando uma dieta economicamente viável, tendo em vista que são alimentos fibrosos e possuem menor valor econômico, assim como o DDGS.

De forma geral, o milho é um alimento altamente digerível, e com baixo conteúdo fibroso, por isso apresenta maior digestibilidade e conseqüentemente maior EDa das dietas. Assim como as enzimas mostram-se benéficas em dietas contendo DDGS (JONES et al., 2010) que melhorou significativamente a digestibilidade da dieta, ou seja, a associação da enzima pode melhorar a EDa de forma significativa nas dietas contendo DDGS. Além disso, foi observado uma tendência no aumento da EMA, para as formulações de dietas contendo enzima, devido ao maior aproveitamento da energia.

A associação de enzimas xilanase e arabinase aumentaram a EB da urina das dietas que receberam DDGS. Que pode ser explicado pela composição do DDGS, que apresenta alto teor de PB, e por isso eleva os níveis de N excretado na urina, dessa forma aumenta o valor da energia da urina nas dietas a base de DDGS. Resultados descritos por Noblet e Perez (1993), que avaliaram a EB da urina em 114 dietas diferentes para suínos, também mostraram que o aumento da PB dessas dietas tiveram influência no aumento de excreção de N, e conseqüentemente no aumento da EB da urina.

O uso da enzima também influenciou os valores de CDaMS, em que o uso de enzima aumentou a digestibilidade da MS em ambas dietas. Outros estudos mostram que a suplementação exógena de multi-carboidrases e proteases também podem melhorar a degradação do DDGS, (Jha et al., 2015; Pedersen et al., 2015), mostraram que a suplementação de enzimas exógenas favoreceram a liberação de nutrientes presentes nas dietas com DDGS. Assim como arabinase e xilanases podem ter influenciado na digestibilidade das dietas, tanto a base de milho e soja, quanto as dietas com milho e DDGS. Sendo uma associação interessante, principalmente em formulações de dietas contendo DDGS, que apresenta maior conteúdo fibroso. Além disso, a utilização de enzima melhorou a digestibilidade para as duas dietas, aumentando conseqüentemente os valores para CDPB, CDaEB e CME. Ou seja, mostra que as dietas com utilização de enzimas foram mais eficientes, propiciando melhor aproveitamento dos nutrientes disponibilizados nas dietas, principalmente para dietas com inclusão de DDGS, melhorando significativamente o aproveitamento da fibra.



## **6. CONCLUSÃO**

A utilização de DDGS para suínos é uma alternativa na redução do custo de produção, além de possuir alto valor nutricional. Somado a isso, as enzimas xilanases e arabinase podem melhorar a eficiência deste coproduto, conferindo maior digestibilidade e aproveitamento do DDGS.

## REFERÊNCIAS

- Almeida et al., 2011 F.N. Almeida, G.I. Petersen, H.H. Stein. Digestibility of amino acids in corn, corn coproducts, and bakery meal fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 89 (2011), pp. 4109-4115.
- AMORIM, A.B. et al. Polpa cítrica e complexo enzimático para suínos na fase de crescimento: desempenho, Curitiba, PR, 2008. In: *PORKEXPO & FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA*, 4., 2008. Curitiba, PR. Anais... Curitiba: PORKEXPO, 2008. CD-ROM.
- BARBOSA, H.P. et al. Triguilho na alimentação de suínos. Concórdia: EMBRAPA – CNPSA, 1990. p.1-3. (Comunicado técnico).
- Barea, et al. 2010 R Barea, S Dubois, H Gilbert, P Sellier, J van Milgen, J Noblet. Energy utilization in pigs selected for high and low residual feed intake. *Journal of Animal Science*, 88 (2010), pp. 2062-2072.
- Bedford M.R. et al., 1992. M.R. Bedford, H.L. Classen. Reduction of intestinal viscosity through manipulation of dietary rye and pentosanase concentrations is effected through changes in the carbohydrate composition of the intestinal aqueous phase and results in improved growth rate and food conversion efficiency of broiler chicks. *J. Nutr.*, 122 (1992), pp. 560-569.
- 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.
- BRITO, C. Uso do DDGS, um subproduto na produção do etanol, na alimentação de monogástricos. Artigo técnico Poli-Nutri alimentos. 2008.
- CAMPESTRINI, E.; SILVA, V. T. M. DA; APPELT, M. D. Utilização de enzimas na alimentação animal. *Revista Eletrônica Nutritime*, v. 2, n. 6, p. 259–272, 2005.
- CHESSON, A. Feed enzymes. *Animal Feed Science and Technology*, v.45, p.65– 79, 1993.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 10 décimo primeiro levantamento, agosto. 2021. p. 54-109.
- COZANNET, P., KIDD, M.T., NETO, R.M. and GERAERT, P.A. (2017) Next-generation non-starch polysaccharide-degrading, multi-carbohydrase complex rich in xylanase and arabinofuranosidase to enhance broiler feed digestibility. *Poultry Science* 96: 2743-2750.
- Fastinger ND, Latshaw JD, Mahan DC (2006) Amino acid availability and true metabolizable energy content of corn distillers dried grains with solubles in adult cecectomized roosters. *Poult Sci* 85: 1212–1216.

- FIALHO, E.T., GOMES, P.C., BELLAVER, C. et al. Utilização da cevada em rações isoenergéticas para suínos em crescimento e terminação. Concórdia: EMBRAPA - CNPSA, 1990. 2 p. (Comunicado Técnico).
- GDALA, J. et al. The digestibility of carbohydrates, protein and fat in the small and large intestine of piglets fed non-supplemented and enzyme supplemented diets. *Animal Feed Science and Technology*, 65, p.15-33, 1997.
- GUIMARÃES, L. Custos com alimentação de suínos subiram menos em maio, quando comparado a abril.
- GUTIERREZ, N. A.; KERR, B. J.; PATIENCE, J. F. Effect of insoluble-low fermentable fiber from corn-ethanol distillation origin on energy, fiber, and amino acid digestibility, hindgut degradability of fiber, and growth performance of pigs<sup>1</sup>. **Journal of Animal Science**, v. 91, n.11, p. 5314–5325, 1 nov. 2013.
- JHA, R. et al. Enzymes enhance degradation of the fiber–starch–protein matrix of distillers dried grains with solubles as revealed by a porcine in vitro fermentation model and microscopy. *Journal of Animal Science*, v. 93, p. 1039–1051, 2015.
- JHA, R.; BERROCOSO, J. D. Review: Dietary fiber utilization and its effects on physiological functions and gut health of swine. *Animal*, v. 9, n. 9, p. 1441–1452, 2015.
- JONES, C. K. et al. Efficacy of commercial enzymes in diets containing various concentrations and sources of dried distillers grains with solubles for nursery pigs. *Journal of Animal Science*, v. 88, n. 6, p. 2084–2091, 2010.
- LI, Y. et al. Effects of  $\beta$ -mannanase expressed by *Pichia pastoris* in corn-soybean meal diets on broiler performance, nutrient digestibility, energy utilization and immunoglobulin levels. *Animal Feed Science and Technology*, v. 159, n. 1–2, p. 59–67, 20 jul. 2010.
- Littell, R. C., Milliken, G. A., Stroup, W. W., Wolfinger, R. D. 1996. SAS system for mixed models. Cary, NC: SAS Institute, Inc.
- MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W. et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. University of Connecticut Storrs. *Agric. Exp Stat.*, Research Report 7, 1965.
- McDonnell, P., O’Shea, C.J., Callan, J.J., O’Doherty, J. V., 2011. The response of growth performance, nitrogen, and phosphorus excretion of growing-finishing pigs to diets containing incremental levels of maize dried distiller’s grains with solubles. *Anim. Feed Sci. Technol.* 169, 104–112.
- Noblet J, Fortune H, Shi XS, Dubois S. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. *J Anim Sci.* 1994a;72:344–353.
- Noblet, J., C. Karege, S. Dubois, and J. van Milgen. 1999. Metabolic utilization of energy and

- maintenance requirements in growing pigs: Effects of sex and genotype. *J. Anim. Sci.* 77:1208–1216.
- NOBLET, J., PEREZ, J.M. 1993. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. *J. Anim. Sci.*,71(12):3389-3398.
- Nyachoti CM, Zijlstra RT, de Lange CFM, Patience JF. Voluntary feed intake in growing-finishing pigs: A review of the main determining factors and potential approaches for accurate predictions. *Can J Anim Sci.* 2004;84:549–566.
- P. Cozannet, M.T. Kidd, R.M. Neto, P.A. Geraert. Next-generation non-starch polysaccharide-degrading, multi-carbohydrase complex rich in xylanase and arabinofuranosidase to enhance broiler feed digestibility. *Poult. Sci.*, 96 (2017), pp. 2743-2750.
- Partridge, G. G. 2001. The role and efficacy of carbohydrase enzymes in pig nutrition. Pages 161–190 in *Enzymes in Farm Animal Nutrition*. M. R. Bedford and G. G. Partridge, ed. CAB Publ., New York, NY.
- PEDERSEN, C.; BOERSMA, M. G.; STEIN, H. H. Digestibility of energy and phosphorus in ten samples of distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, v. 85, n. 5, p. 1168–1176, 2007.
- PENZ Jr., A.M. Enzimas em rações para aves e suínos, Botucatu, SP, 1998 In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: SBZ, 1998. p.165-178.
- RODRIGUES, P.B. et al. Digestibilidade dos nutrientes e desempenho de suínos em crescimento e terminação alimentados com rações à base de milho e sorgo suplementadas com enzimas. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.1, n.2, p.91-100, 2002.
- ROSTAGNO, H. S. et al. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais (488 p.). Departamento de Zootecnia-UFV, Viçosa, MG, BR, 2017.
- Saleh AA, AA Kirrella, SE Abdo, MM Mousa, NA Badwi, TA Ebeid, AL Nada, MM Mohamed (2019). Effects of dietary xylanase and arabinofuranosidase combination on the growth performance, lipid peroxidation, blood constituents, and immune response of broilers fed low-energy diets. *Animals* 9; Article 467.
- SILVA, J.; NETTO, D.; SCUSSEL, V. Grãos secos de destilaria com solúveis, aplicação em alimentos e segurança – uma revisão. *PubVet*, v. 10, n. 3, p. 257–270, 2016.
- SOTO-SALANOVA, M. The use of enzymes to improve the nutritional value of corn soy diets for poultry and swine, Campinas, SP. In: SIMPÓSIO LATINO - AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1996, Campinas, SP, Anais... Campinas: CBNA,

1996. p.1-13.

- Stein et al., 2006 H.H. Stein, M.L. Gibson, C. Pedersen, M.G. Boersma. Amino acid and energy digestibility in ten samples of distillers' dried grain with solubles fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 84 (2006), pp. 853-860.
- Stein, H. H., C. Pedersen, and M. G. Boersma. 2005. Energy and nutrient digestibility in dried distillers grain with solubles. *J. Anim. Sci.* 83(Suppl. 2):79. (Abstr.)
- Thacker, P. A., G. L. Campbell, and J. W. D. Groot-Wassink. 1992. The effect of organic acids and enzyme supplementation on the performance of pigs fed barley-based diets. *Can. J. Anim. Sci.* 72:395–402.
- Van Milgen et al., 2008 J. van Milgen, J. Noblet, A. Valancogne, S. Dubois, J.Y. Dourmad. InraPorc: a model and decision support tool for the nutrition of growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 143 (2008), pp. 387-405.
- VAREL, V. H.; YEN, J. T. Microbial Perspective on Fiber Utilization by Swine. *Journal of Animal Science*, v. 75, n. 10, p. 2715–2722, 1997.
- Wu F., Johnston L.J., Urriola P.E., Hilbrands A.M., Shurson G.C. Evaluation of NE predictions and the impact of feeding maize distillers dried grains with solubles (DDGS) with variable NE content on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 215 (2016), pp. 105-116.