



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**Valor nutricional de grãos secos destilados com solúveis de milho  
e de sorgo em dietas para suínos contendo xilanase**

**Jessika Lucia Stuani**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, *Câmpus* Universitário de Sinop, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Nutrição e alimentação animal.

**Sinop, Mato Grosso**

**Março de 2018**

**JESSIKA LUCIA STUANI**

**Valor nutricional de grãos secos destilados com solúveis de milho  
e de sorgo em dietas para suínos contendo xilanase**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, *Câmpus* Universitário de Sinop, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Nutrição e alimentação animal.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Corassa

**Sinop, Mato Grosso**

**Março de 2018**

### **Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

S929v Stuani, Jessika Lucia.  
Valor nutricional de grãos secos destilados com solúveis de milho e de sorgo em dietas para suínos contendo xilanase / Jessika Lucia Stuani. -- 2018  
ix, 47 f. ; 30 cm.

Orientador: Anderson Corassa.

Co-orientador: Ana Paula Silva Ton.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Sinop, 2018.

Inclui bibliografia.

1. co-produtos. 2. energia metabolizável. 3. fibra. 4. xilanase. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA  
Avenida Alexandre Ferronato, 1200 - Reserva 35 - Distrito Industrial - Cep: -Sinop/MT  
Tel : - Email : ppgzootecnia@ufmt.br

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**TÍTULO :** " Valor nutricional de grãos secos destilados com solúveis de milho e de sorgo em dietas para suínos contendo xilanase".

**AUTOR :** Mestranda JESSIKA LUCIA STUANI

Dissertação defendida e aprovada em 13/03/2018.

Composição da Banca Examinadora:

---

Presidente Banca / Orientador	Doutor(a)	Anderson Corassa	
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO			
Examinador Interno	Doutor(a)	Ana Paula Silva Ton	
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO			
Examinador Interno	Doutor(a)	Maicon Sbardella	
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO			
Examinador Externo	Doutor(a)	Mariana Cruz Rossoni Sero	
Instituição : Iowa State University			
Examinador Suplente	Doutor(a)	ERICK DARLISSON BATISTA	
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO			
Examinador Suplente	Doutor(a)	Charles Kiefer	
Instituição : UFMS			

SINOP, 13/03/2018.

## DEDICATÓRIA

Primeiramente a Deus e Nossa Senhora Aparecida, que estão sempre ao meu lado e com seu imenso amor, iluminando, guiando e dando forças para alcançar meus objetivos.

Aos meus pais Rosali Pauletto e Jaimir Stuani, por todo amor, compreensão, dedicação e incentivo que permitiram com que eu chegasse até aqui. Vocês são a minha inspiração!

A meu irmão Renan Antonio Stuani, que com seu amor, palavras e atos me fizeram cada vez mais ter forças para suportar a saudade e realizar meu sonho por mais difícil que seja.

A meu amado Roque Murilo Honorio, por todo amor, apoio, companheirismo e amizade durante todos esses mais de sete anos. Te amo!

“In memoriam” Moacir Stuani, meu tio e pai de coração, meu eterno anjo da guarda, que muito me apoiou e contribuiu para a formação do meu caráter. Saudades eternas tio!

Família, vocês são a razão do meu viver! Amo vocês!

## EPÍGRAFE

*'Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender a conhecer a influência libertadora da beleza do reino do espírito, para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade à qual seu futuro trabalho pertencer.'*

***Albert Einstein***

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Mato Grosso - *Câmpus* Universitário Sinop, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Aos meus familiares, mesmo aqueles mais distantes, que me acompanharam durante todo esse tempo, sempre torcendo e apoiando nas minhas decisões.

À minha nova família: Lucinda Aparecida Américo, Antonio Aparecido Honorio e Karina Maria Honorio, pelo acolhimento e carinho sempre que precisei.

Ao meu orientador Prof. Dr. Anderson Corassa pela valiosa orientação e confiança depositada desde a graduação, estando sempre disposto a ajudar. Obrigada pelos “puxões de orelha”, pois colaboraram, sobretudo com meu crescimento pessoal e profissional.

À minha co-orientadora Prof. Dr. Ana Paula Silva Ton, que esteve presente desde a graduação, sempre disposta a ajudar com o seu vasto conhecimento. Todos seus conselhos levarei para toda a vida, pois você é uma fonte de inspiração profissional e pessoal para mim.

Aos professores Dr. Charles Kiefer, Dr. Maicon Sbardella e Dr. Marianna Serão pela disponibilidade em participar da banca, corroborando na melhoria do trabalho.

Aos alunos de graduação pela ajuda na realização do experimento e análises, sem vocês não seria possível, muito obrigado.

Às minhas amigas, amigos e colegas de vida/graduação/pós-graduação que sempre se fizeram presentes em minha vida.

Ao CNPq pela bolsa de mestrado concedida.

Meus mais sinceros agradecimentos, aos que passaram por minha vida e que de alguma forma contribuíram para a realização do meu sonho!

Meu eterno obrigada a todos, sem vocês não seria possível essa conquista!

## **BIOGRAFIA**

Jessika Lucia Stuani, filha de Jaimir Stuani e Rosali Pauletto Stuani, nasceu aos dezessete dias do mês de maio de 1994, na cidade de Juína-MT.

Em março de 2011 ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, *Câmpus* Universitário de Sinop, onde recebeu o título de Bacharel em Zootecnia aos dezesseis dias do mês de fevereiro de 2016.

Em março de 2016 ingressou no curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, *Câmpus* Universitário de Sinop, na área de concentração em Nutrição e Alimentação Animal.

Foi aprovada no exame de qualificação aos dezesseis dias do mês de fevereiro de 2018.

Aos treze dias do mês de março de 2018, submeteu-se a banca de defesa da dissertação de mestrado, sendo aprovada.

## SUMÁRIO

Introdução geral .....	1
CAPÍTULO I UTILIZAÇÃO DE DDGS DE MILHO E DA ENZIMA XILANASE NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS: REVISÃO.....	3
1 Revisão bibliográfica .....	5
1.1 Introdução .....	5
1.2 Biocombustível no Brasil.....	6
1.3 Fabricação do DDGS .....	7
1.4 DDGS na alimentação dos suínos.....	8
1.4.1 DDGS de milho.....	9
1.4.2 DDGS de sorgo .....	12
1.5 Utilização de enzimas .....	15
1.6 Utilização de DDGS na alimentação de suínos em diversas fases .....	16
1.6.1 Inclusão de DDGS em dietas para leitões.....	16
1.6.2 Inclusão de DDGS em dietas para suínos em crescimento e terminação .....	17
1.6.3 Inclusão de DDGS em dietas para porcas em gestação e lactação .....	17
1.7 Considerações finais .....	18
1.8 Referências bibliográficas.....	19
CAPÍTULO II: VALOR NUTRICIONAL DE GRÃOS SECOS DESTILADOS COM SOLÚVEL E MILHO E SORGO E XILANASE EM DIETAS PARA SUÍNOS.....	33
2 Introdução .....	29
2.1 Material e Métodos .....	29
2.2 Resultados .....	33
2.3 Discussões.....	37
2.4 Conclusões .....	42
2.5 Referencias bibliográficas.....	43

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Processo de obtenção do etanol e seus subprodutos.....	9
--	---

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Valores de EB, ED e EM para DDGS de milho.....	12
Tabela 2- Valores de EB, ED e EM para DDGS de milho.....	15
Tabela 3. Composição centesimal e nutricional calculada da dieta referência.....	37
Tabela 4. Composição bromatológica das rações.....	38
Tabela 5 – Valores de energia das dietas contendo diferentes inclusões de DDGS para suínos.....	41
Tabela 6 – Coeficientes de digestibilidade do DDGS de milho e de sorgo determinados com diferentes níveis de inclusão em dietas para suínos.....	42
Tabela 7 – Coeficiente de digestibilidade da composição química das dietas do experimento com diferentes níveis e fontes de DDGS para suínos.....	42
Tabela 8. Digestibilidade da composição química das dietas experimentais com diferentes fontes e níveis de DDGS para suínos.....	43
Tabela 9 - Valores de energia do DDGS com inclusão da enzima xilanase para suínos.....	44
Tabela 10– Coeficiente de digestibilidade e a composição química das dietas experimentais .....	44
Tabela 11- Digestibilidade e a composição química das dietas experimentais com inclusão de DDGS e enzima xilanase DDGS para suínos.....	44

## INTRODUÇÃO GERAL

O grão seco destilado com solúvel (DDGS), é um co-produto da fabricação do etanol que está em constante expansão. A inclusão do mesmo em dietas para suínos tem o objetivo de minimizar os custos de produção e agregar valor a cadeia produtiva de etanol.

O Brasil é o quarto maior produtor de carne suína do mundo, com uma produção aproximada de 3.731 mil toneladas de carne. O estado de Mato Grosso ocupa a quinta posição com 5,42% da produção do país. Da produção brasileira 80,4% fica no mercado interno e o restante é exportado, fazendo com que o país ocupe o quarto lugar no ranking mundial de países exportadores de carne suína (ABPA, 2017).

Devido a essa grande produção, a busca por alimentos alternativos com baixo valor comercial como nos resíduos e co-produtos agrícolas, é uma forma de diminuir os custos totais da produção, uma vez que a alimentação é responsável por cerca de 70% dos custos de produção na suinocultura. Portanto a utilização de alimentos alternativos pode minimizar os custos com a produção, acarretar vantagens econômicas e proporcionar uma alternativa segura para o lançamento indiscriminado no meio ambiente (Cândido et al. 2008).

A produção de biocombustíveis está em constante expansão (Relatório de Minas e Energia, 2017). Devido às políticas governamentais brasileiras que estimulam sua produção, espera-se aumento contínuo da produção de biocombustíveis e novas fontes renováveis de combustíveis.

Dentre os biocombustíveis, o etanol é o que possui maior volume de produção a partir de culturas agrícolas, como a cana-de-açúcar, milho e sorgo. O Brasil por excelência é o maior produtor de etanol a partir da cana-de-açúcar. Porém, recentemente se tem aumentado a produção de etanol a partir do milho e sorgo, especialmente no estado de Mato Grosso, seja para ocupar as usinas no período de entressafra de cana-de-açúcar ou ainda para usinas exclusivas de milho. Como consequência da produção de etanol a partir do milho e sorgo, obtém-se o DDGS, sendo obtidos após a fermentação do amido pelas leveduras e enzimas selecionadas para produzir o etanol e o dióxido de carbono (Fastinger & Mahan, 2006). O DDGS possui alguns pontos limitantes para alimentação de suínos, como a alta quantidade de fibra bruta. Contudo, a inclusão de enzimas exógenas nas dietas como a xilanase pode facilitar a digestibilidade da mesma.

Objetivou-se com esse estudo, avaliar a utilização e digestibilidade do DDGS de milho e sorgo na alimentação de suínos, bem como os efeitos do uso da enzima xilanase em dietas para suínos.

O Capítulo I e II foi redigido de forma adaptada as normas da Revista Brasileira de Zootecnia – Sociedade Brasileira de Zootecnia 2017 (ISSN 1806-9290 versão online).

# **CAPÍTULO I- UTILIZAÇÃO DE GRÃOS SECOS DESLITALADOS COM SOLÚVEL DE MILHO, SORGO E DA ENZIMA XILANASE NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS: REVISÃO**

Resumo: Objetivou-se com essa revisão avaliar a aplicabilidade dos DDGS de milho e sorgo e da enzima xilanase na alimentação de suínos. A produção mundial de etanol está em constante aumento e com isso, há maior disponibilidade de co-produtos derivados dessa produção a partir do milho e do sorgo, que são referenciados na literatura como grãos secos de destilaria com solúveis (dried distillers grains with solubles-DDGS). Esse co-produto possui maiores concentrações de proteína, fibra e extrato etéreo comparado ao grão de milho. A concentração de energia metabolizável (EM) no DDGS de milho varia entre 3.897 a 3.268 kcal kg<sup>-1</sup>, enquanto no DDGS de sorgo varia entre de 3.548 a 2.601 kcal kg<sup>-1</sup>. Algumas enzimas como as xilanases vêm sendo usadas juntamente com ingredientes de maiores concentrações de fibra como o DDGS para facilitar na digestibilidade da mesma. Contudo, um fator limitante referente a utilização do DDGS na alimentação de suínos é a variação da composição nutricional entre as fontes, por isso é recomendado analisar a composição do DDGS antes da sua inclusão em dietas. A inclusão de até 30 % de DDGS de milho e sorgo, não prejudicam o desempenho dos animais na fase de crescimento. A enzima xilanase quando adicionada nas dietas para suínos, promove melhor aproveitamento da fibra bruta.

Palavras-chaves: Co-produtos, energia metabolizável, fibra, xilanase.

## **CHAPTER I - USE OF CORN, SORGH, AND XYLANASE ENZYME DDGS IN SWINE FEEDING: REVIEW**

Abstract: The purpose of this review was to evaluate the applicability of DDGS of corn on sorghum, and the xylanase enzyme on pig feeding. The world production of ethanol is constantly increasing and, therefore, the availability of co-products derived from its production from maize and sorghum is also increasing. In the literature, this co-product is referred to as dried distillers grains with soluble (DDGS). The concentrations of protein, fiber and ether extract compared to corn grain. The concentration of metabolizable energy (DM) in corn DDGS vary from 3,897 to 3,268 kcal kg<sup>-1</sup> while in sorghum DDGS from 3,548 to 2,601 kcal kg<sup>-1</sup>. Some enzymes such as xylanase have been used in diets with high-fiber ingredients such as DDGS to improve digestibility. However, a limiting factor regarding the use of DDGS in pig diets is the variation of the nutritional composition between the sources, being recommended to analyze the DDGS composition before its inclusion in diets. Corn and sorghum DDGS'S inclusion up to 30% in swine diets does not affect growth performance. The enzyme xylanase when added in diets for pigs promotes utilization of dietary fiber.

Keywords: Co-products, metabolizable energy, fiber, xylanase.

# 1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 1.1 Introdução

Pesquisas foram conduzidas durante os últimos anos para avaliar a concentração nutricional, digestibilidade, valor alimentar e propriedades associadas aos DDGS. Entretanto, o etanol produzido na América do Norte a partir do milho, sorgo e trigo, é caracterizado pela grande variabilidade na composição química do co-produto, conforme demonstrado por Pedersen et al. (2007); Fastinger & Mahan, (2006); Urriola et al. (2010), além de variações de coeficiente de digestibilidade de nutrientes e da energia. A concentração média de energia bruta, digestível e metabolizável de DDGS de milho é respectivamente 5.434, 4.140 e 3.897 kcal/kg (Stein & Shurson, 2009).

A variação na composição do DDGS ocorre devido a variação genética do cereal utilizado (Fastinger & Mahan, 2006), as fontes de adubação aplicados na cultura, proporção de solúveis adicionados antes da secagem e processamento por calor (Fastinger & Mahan, 2006; Lumpkins & Batal, 2005), que pode interferir no seu valor nutricional.

Estes co-produtos possuem concentração de proteína, lipídeo e fibra bruta aproximadamente três vezes maior que a do milho, devido ao fato de a maior parte do amido ser convertida em etanol durante a fermentação (Spiels et al., 2002) pela levedura *Sacharomices cereviceae* (Davis, 2001).

A produção de etanol levou a indústria suína a aumentar o uso deste co-produto, os quais têm potencial de uso na dieta de suínos, reduzindo com isso, o custo das dietas a medida em que substituem ingredientes de maior custo como milho e/ou farelo de soja, e o impacto ambiental decorrente do seu acúmulo nas unidades produtoras de biocombustíveis (Stein & Shurson, 2009).

O milho é a matéria-prima primária utilizada nos Estados Unidos para produção de etanol, mas como a indústria se expande, os produtores de etanol provavelmente vão usar quantidades maiores de outros cereais, tais como grãos de sorgo (Wang et al., 2008). Embora a maioria das informações reunidas até o momento tenha se concentrado em DDGS proveniente de milho, pouca informação está disponível sobre DDGS de sorgo.

A concentração de amido no sorgo é semelhante ao milho, mas o cultivo de sorgo requer menos chuvas durante o crescimento da planta em comparação ao milho e, geralmente, é menos dispendioso do que o milho (Klopfenstein et al., 2008). Nos EUA, produtores do Texas e Dakota do Sul aumentaram a produção de sorgo devido à sua capacidade de prosperar

em condições secas. Esta grande produção foi acompanhada pelo rápido aumento da demanda de grãos para a produção de etanol, resultando em maior disponibilidade de DDGS de sorgo nesta área geográfica (Sotak et al., 2014).

Objetivou-se com essa revisão, avaliar a aplicabilidade dos DDGS's de milho e sorgo, bem como o efeito da enzima xilanase na alimentação de suínos em crescimento.

## **1.2 Biocombustível no Brasil**

Com a busca por soluções alternativas sustentáveis para o consumo do petróleo, a preocupação com a poluição ambiental e compromisso com a redução de emissão de gases de efeito estufa, desde a década de 1970, tem sido adotadas no Brasil políticas públicas para fomentar a produção comercial dos biocombustíveis. Atualmente os biocombustíveis em uso comercial no mundo são o etanol e o biodiesel (Leite & Leal, 2007; Relatório de Minas e Energia, 2017). Um exemplo do avanço da fabricação de etanol é o crescimento mensal de 22,62% e anual de 9,25% (CONAB, 2017).

A produção de etanol a partir do milho ou do sorgo como é predominante nos EUA, para muitos, apresenta-se como alternativa inviável devido ao alto custo do grão no Brasil. No entanto, essa realidade pode ser distinta em certas regiões do país, como no estado do Mato Grosso, onde esses cereais são produzidos em grandes quantidades. Desde 2012 há usinas “flex” utilizando o milho e o sorgo para produção de etanol na entressafra de cana-de-açúcar. O estado de Mato grosso tem se destacado por ser o pioneiro na produção de etanol a base destes cereais, como uma estratégia para a entressafra de cana-de-açúcar e para agregação de valor a estes cereais.

De acordo com a CEISE (2017), as três usinas flex no estado de MT que usam a cana-de-açúcar, milho e sorgo estão localizadas em São José do Rio Claro (Usina Libra), Campos de Júlio (Usina Usimat) e Jaciara (Usina Porto Seguro). Em 2017, a primeira usina de etanol feito exclusivamente de milho do Brasil foi inaugurada em Lucas do Rio Verde, a (FS Bioenergia), que já anunciou a implantação de outras duas usinas exclusivas de milho no estado. Desta forma, o MT tem sido pioneiro na produção de etanol de milho e sorgo.

A produção brasileira de etanol de milho cresceu mais de 532% nos últimos quatro anos. Na safra 13/14, foram produzidos 37.036 m<sup>3</sup> de etanol do cereal, na safra 14/15 foram 84.882 m<sup>3</sup>, na 15/16 foram 141.289 m<sup>3</sup> e na 16/17 234.147 m<sup>3</sup> (CEISE, 2017).

A produção do milho é importante na balança comercial de muitos países e atualmente é o grão mais produzido no mundo, sendo responsáveis por 38% de todos os grãos

produzidos. A safra brasileira de milho 2015/2016 alcançou 82.327,4 mil toneladas, na qual 20.264,2 mil toneladas foram produzidos em Mato Grosso. O Mato Grosso é o terceiro maior produtor brasileiro de sorgo e na safra de 2015/16 teve produção de 276,8 mil toneladas. O Estado é responsável por grande parte da produção nacional de sorgo, atrás apenas de Goiás e Minas Gerais (CONAB, 2016).

Os Estados Unidos produzem etanol de milho e é o maior produtor de etanol do mundo seguido pelo Brasil (Costa, 2015). A indústria de etanol de milho nos EUA é feita de grandes corporações, fornecedores de milho, compradores de etanol, DDGS, confinamentos, bem como o investimento na pesquisa desse coproduto.

Neste sentido, faz-se necessário a ampliação e revisão de trabalhos sobre a caracterização nutricional de fontes de DDGS de milho e sorgo na alimentação de suínos.

### **1.3 Fabricação do DDGS**

A produção de etanol pode ser realizada a partir de dois processos principais: a moagem de grãos secos e a moagem de grãos úmidos. Segundo Manual de Processamento de Co-produtos do Milho (Erickson et al., 2005), grãos de destilaria contém alguns solúveis, que podem sofrer variações de uma usina para outra. O processo de produção de etanol com moagem à seco é relativamente simples onde o milho ou outra fonte de amido, é fermentado, e o amido convertido em etanol e dióxido de carbono. O processo de moagem úmida começa com o grão de milho sendo embebida por uma solução de kernel que irá facilitar a separação das várias partes que o compõem, antes da transformação em etanol.

Após o processo de moagem, é adicionado água que atua como fator condicionante para o cozimento, posteriormente são adicionados enzimas ( $\alpha$  amilase) que hidrolisam o amido em glicose. O processo seguinte é a fermentação, na qual esses açúcares são convertidos em álcool, e a finalização da produção do etanol é a destilação, na qual é retirada a água, sobrando apenas o etanol puro (Figura 1). Os resíduos desse processamento são centrifugados e separados em frações: líquido, conhecido como vinhaça e utilizado como adubo orgânico, óleo de milho e o DDGS (Silva, 2015).

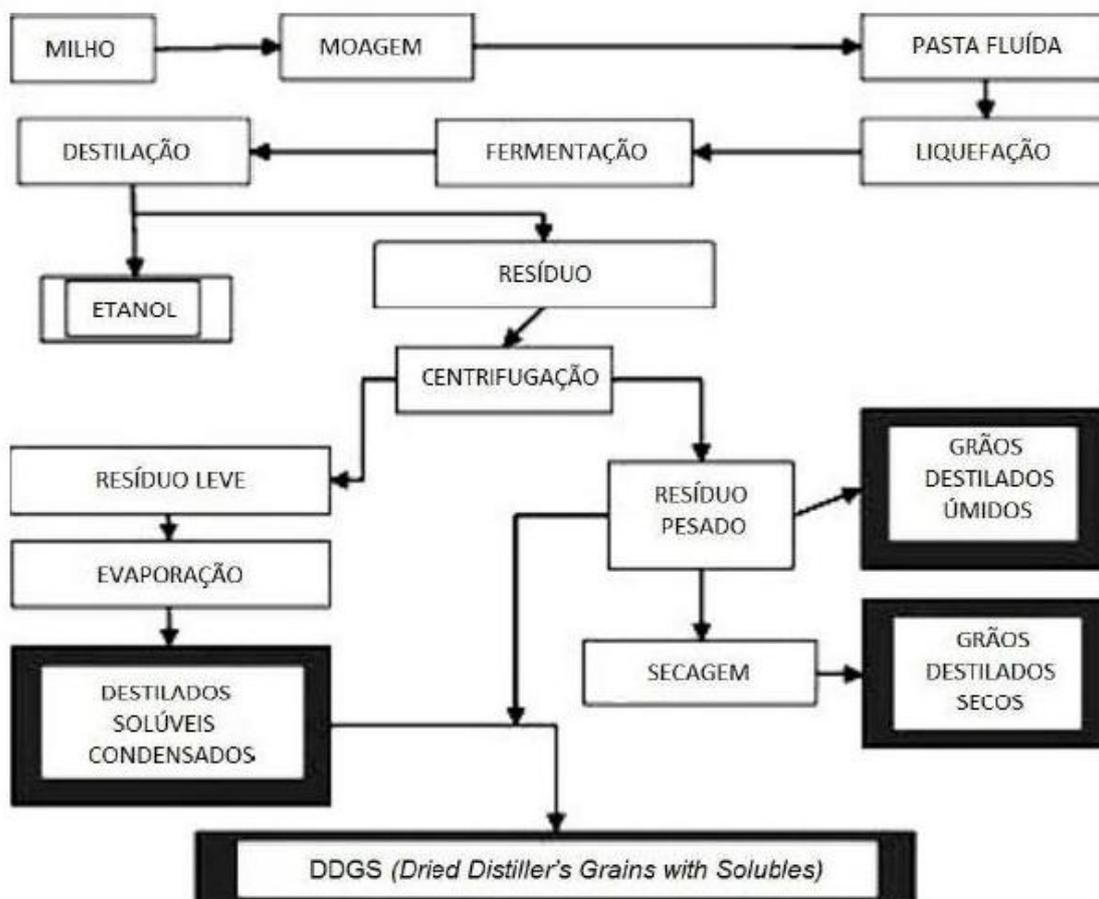


Figura 1. Processo de obtenção do etanol e seus subprodutos. Fonte: US Grains Council (2012).

No processo de fabricação, o grão é moído e o amido é fermentado por levedura para a produção de álcool. Em seguida, a mistura é fermentada e processada por várias técnicas para remover o álcool e o grande volume de água associada com a matéria seca residual. Depois da destilação, a suspensão de alimentação restante contém 5 a 10% de matéria seca e é chamado de vinhaça que é em seguida peneirada e centrifugada para remover as partículas de grãos grosseiros. As partículas mais grosseiras de grãos removidos de toda a vinhaça pode ser comercializados como DDGS (Ielase, 2006).

Devido à menor necessidade de investimentos e ao maior rendimento de etanol, as plantas de moagem seca são responsáveis por mais de 70% da produção de etanol baseado no milho. O emprego do milho como matéria-prima para a produção de etanol apresenta rendimento industrial de 460 L de etanol anidro e 380 kg de DDGS por cada tonelada de milho seco inserido no sistema (Wyman, 1996).

#### 1.4 DDGS na alimentação dos suínos

Estudos (Fastinger & Mahan, 2006; Stein et al., 2007; Urriola et al., 2010; Corassa et al., 2017) foram conduzidos durante os últimos anos para avaliar a composição química de nutrientes, digestibilidade, valor alimentar e propriedades associadas ao DDGS.

Fatores limitantes na utilização do DDGS na alimentação de aves e suínos é a variação na composição nutricional entre as fontes (Fastinger & Mahan, 2006; Stein et al., 2007; Whitney et al., 2006), baixas concentrações de lisina e tripsina (Spiehs et al., 2002), elevada temperatura durante a secagem pode facilmente interferir na disponibilidade de aminoácidos por causar Reações de Maillard, onde há complexação entre aminoácidos e carboidratos (Pedersen et al., 2007) e a alta composição de fibras pode afetar o consumo e, conseqüentemente, o ganho de peso (Stuani et al., 2016). Portanto, tem sido recomendado analisar a composição do DDGS antes de seu fornecimento na alimentação animal, no qual a qualidade do DDGS depende da seleção de culturas, fermentação, temperatura e duração de secagem (Spiehs et al., 2002).

A composição do DDGS é de grande importância para a utilização desse ingrediente na alimentação animal. Porém como grande parte do cereal destinado a produção de etanol é transformado em álcool, a composição do mesmo é variada. A inconstância da caracterização química do DDGS pode ser considerada como limitação, tendo em vista a imprecisão que esta pode causar na formulação das dietas e nas respostas zootécnicas como consequência do desequilíbrio nutricional (Stuani et al., 2016). A variação na composição mineral dos DDGS pode ser influenciada pela cultivar, produção, características do solo onde o grão foi cultivado (Godoy et al., 2009) e fontes de adubação.

O DDGS apresenta composição química intermediária ao milho e farelo de soja, mas com maiores teores de fibra bruta, FDA, FDN, extrato etéreo, fósforo, energia metabolizável e tirosina (Stuani et al. 2016). De acordo com Urriola et al. (2010), que avaliaram diferentes fontes de DDGS para suínos em crescimento, a digestibilidade aparente ileal de aminoácido e a digestibilidade aparente total de fibras pode contribuir para as diferenças na digestibilidade da energia em DDGS.

A possível diminuição do desempenho dos suínos com a inclusão de níveis elevados de DDGS na dieta terá que ser compensado por uma redução no custo da dieta. Portanto, o nível de inclusão precisa ser avaliado com base na relação custo/benefício.

#### **1.4.1 DDGS de milho**

De acordo com Stein & Shurson (2009), as concentrações de fósforo variam de 0,60 a 0,70% e a concentração de extrato etéreo é de 10 a 14%. O amido presente no DDGS é baixo, isto é, entre 3 e 11% porque a maior parte da fração do amido é fermentado, enquanto outros componentes, como a fibra bruta aumenta a concentração. A digestibilidade aparente total da fibra dietética é inferior a 50%, o que resulta em valores de digestibilidade reduzidas para matéria seca (MS) e energia.

Segundo Anderson et al. (2012), a energia é o componente mais caro na dieta de suínos, pois ocupa maior percentual de inclusão na ração, porém é de extrema importância para a manutenção e a produção animal.

Na Tabela 1, está representado os valores de energia bruta (EB), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) de alguns trabalhos da literatura comparando os valores do DDGS de milho.

Tabela 1- Valores de EB, ED e EM para DDGS de milho.

Kcal/kg <sup>-1</sup>	Stein & Shurson (2009)	Anderson et al. (2012)	Graham et al. (2014)	Wu et al. (2016)	Corassa et al. (2017)
EB	5.434	5.420	4.656	4.750	4.780
ED	4.140	4.029	3.670	-	-
EM	3.897	3.790	3.471	3.268	3.668

A EM dos grãos secos destilados com solúvel associado ao método de determinação, obteve 3.668 e 3.213 kcal kg<sup>-1</sup> pelo método de coleta total e técnica de marcador de óxido de cromo, respectivamente (Corassa et al., 2017). Em sua abordagem analítica, Stuaní et al. (2016) compilaram resultados de 6 trabalhos (Spiehs et al. (2002), Pedersen et al. (2007), Linnen et al. (2008), Jacela et al. (2011), Lee et al. (2012) e Lee et al. (2013), utilizando o método de coleta total e obtiveram a média da EM de 3.695 kcal kg<sup>-1</sup>.

Pesquisadores como Jacela et al. (2014), analisaram valores de EB, ED e EM do DDGS de milho e de sorgo, sendo para o DDGS de milho determinados valores de 5.293, 3.703 e 3.426 kcal/kg de MS, respectivamente, e para DDGS de sorgo determinados valores de 5.108, 3.878, 3,549 kcal/kg de MS para DDGS de sorgo. Maiores concentrações de AA nos DDGS de alto valor proteico, no qual a digestibilidade de aminoácidos foi maior em DDGS de milho e menor em DDGS de sorgo. O conteúdo de P em DDGS de milho foi menor que o tradicional DDGS de milho.

As concentrações da maioria de aminoácidos no DDGS são aproximadamente três vezes maiores do que aqueles no milho, ao compilar resultados de 39 fontes de DDGS de

milho, uma de sorgo e duas de trigo, obtiveram variação na digestibilidade de aminoácidos entre diferentes amostras (Stein & Shurson, 2009).

As variações dentro das amostras de DDGS sugerem uma modificação nas estratégias de processamento Belyea et al. (2004), trabalharam com amostras de milho e DDGS, analisando proteína, extrato etéreo, amido e outros nutrientes. As concentrações de proteína bruta, fibra bruta e amido foram semelhantes entre as amostras de milho, porém menores quando comparados ao DDGS. Observaram correlações significativas entre as concentrações dos nutrientes no milho e no DDGS.

O milho é considerado um ingrediente com baixo valor proteico (pobre em lisina e balanço de aminoácidos). Da mesma forma, os DDGS apresentam proteína de baixa qualidade para suínos devido ao seu baixo conteúdo de lisina em relação ao seu teor de proteína bruta. Depois da lisina, a treonina é o segundo aminoácido limitante, seguido do triptofano. Estes aminoácidos devem ser atentamente observados durante a formulação de rações para suínos quando se utiliza mais de 10% de DDGS na dieta. A digestibilidade de aminoácidos também pode variar entre as diferentes fontes de DDGS (Shurson et al., 2008).

A maioria dos aminoácidos do DDGS analisados apresentou digestibilidade aproximadamente de dez unidades percentuais menores que o milho, o que pode ser resultado da maior concentração de fibra alimentar. Isso porque a maior parte do amido no grão é convertido em etanol durante o processo de fermentação e apenas uma pequena quantidade está presente no DDGS (Belyea et al., 2004).

Há correlação entre a intensidade de cor do DDGS e a digestibilidade de aminoácidos, onde as amostras mais claras apresentam maior digestibilidade de aminoácidos que as amostras mais escuras. Isso porque os DDGS durante o processo de secagem podem passar por aquecimento excessivo levando a perdas da digestibilidade de aminoácidos e degradação de proteínas (Urriola et al., 2009).

No experimento de Adeola & Ragland (2016), avaliaram a digestibilidade dos aminoácidos dos grãos secos destilados (DDG), grãos secos destilados com solúveis (DDGS), grãos de alta proteína secos destilados (HP-DDG) e grãos de alta proteína secos destilados com solúveis (HP-DDGS) para suínos na fase de crescimento. Foram utilizadas cinco dietas, onde quatro continham os ingredientes citados e a dieta controle livre de nitrogênio. Como resultado a digestibilidade foi geralmente maior em HP-DDG do que comparados a outros coprodutos do processamento de moagem de milho para fabricação do etanol.

O conteúdo de fibras dietéticas presentes no DDGS podem ter efeitos diretos na fisiologia digestiva do animal, por interagir com a microbiota intestinal (Bindelle et al., 2008), aumentar a taxa de passagem do alimento e comprometem a digestibilidade do mesmo.

A maior concentração de fibra alimentar no DDGS, em comparação com milho e farelo de soja, pode ser uma das principais razões para a diminuição da digestibilidade da energia do DDGS em comparação com o milho (Urriola et al., 2010). A eficiência da utilização de energia em ingredientes para rações fibrosas como DDGS para suínos é afetada pela digestibilidade de fibra bruta e a produção de ácidos graxos voláteis. A fibra alimentar diminui absorção de N e aminoácidos pelo organismo resultando numa maior excreção fecal de N (Spiehs et al. (2002); Yang et al. (2010)).

De acordo com Nyachotti et al. (2005), em geral, o DDGS de milho possui concentração maior de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e fibra em detergente neutro (FDN) que o próprio grão utilizado. Essa maior concentração é devido a maior parte do amido presente no grão ser convertido em álcool e dióxido de carbono durante a fermentação, elevando a concentração dos outros componentes.

#### **1.4.2 DDGS de sorgo**

O sorgo pode ser uma estratégia para manutenção da suinocultura em regiões com maior escassez de milho (Marques et al., 2007). Em experimentos recentes o sorgo com baixo teor de tanino resultou em desempenho igual dos suínos com dietas à base de milho (Shelton et al. 2004). Embora uma grande quantidade de informação é conhecida sobre o valor do grão de sorgo, pouco se sabe sobre o co-produto do etanol, o DDGS de sorgo (Sotak, 2014). Contudo, devido à sua capacidade de sobreviver a secas, a produção de sorgo acompanha o rápido aumento da produção de etanol.

Segundo as tabelas brasileiras para aves e suínos (Rostagno et al., 2017), o valor energético do milho é de 3.330 kcal de EM/kg, enquanto que o sorgo é de 2.984 kcal de EM/kg. Assim, Feoli et al. (2007) relataram que o DDGS de sorgo também possui quantidade de energia menor comparado ao DDGS de milho.

Na Tabela 2, está representado os valores de energia bruta (EB), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) de alguns trabalhos da literatura comparando os valores do DDGS de sorgo.

Tabela 2- Valores de EB, ED e EM para DDGS de sorgo.

Kcal/kg <sup>-1</sup>	Senne et al. (1996)	Feoli C. (2008)	Jacela et al. (2014)	Sotak et al. (2014)
EB	3.968	4.921	5.108	4.722
ED	-	3.466	3.878	3.439
EM	2.601	-	3.548	3.200

Em sua pesquisa de valor nutricional dos ingredientes alimentares de origem vegetal como alimento para suínos, Stein et al. (2016) analisaram fontes de DDGS de sorgo e observaram o valor de 5.302 kcal kg de EB.

Sotak et al. (2015), obtiveram valores de MS, PB, EE, FB e cinzas do DDGS de sorgo respectivamente 92,53; 32,05; 9,23; 7,03; 4,19%. As rações que tinham na composição 20% de DDGS de milho e sorgo obtiveram valores de 1.445 e 1.426 kcal/g EM respectivamente. Em dietas contendo DDGS de sorgo, a eficiência alimentar é menor comparada ao DDGS de milho (Jones et al., 2010).

O DDGS de sorgo tem uma maior concentração de triptofano (Urriola et al., 2009; Sotak et al., 2015), comparado ao DDGS de milho, podendo ser uma vantagem, pois o triptofano é limitante e em dietas contendo quantidades baixas de farelo de soja (Urriola et al., 2009). Outros aminoácidos como isoleucina, metionina e valina estão em maiores concentrações em DDGS de milho e sorgo comparados aos próprios grãos in natura (Sotak et al., 2015).

Stein & Shurson (2009), relataram a inclusão do DDGS de sorgo na dieta de suínos. No primeiro experimento, foram oferecidas dietas contendo 0, 10 e 20% DDGS de sorgo no período de 7 a 29 dias pós-desmame, não sendo observadas diferenças no ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar entre tratamentos (Senne et al., 1995). Em um subsequente experimento os suínos foram alimentados com dietas contendo 0, 15, 30, 45, e 60% DDGS de sorgo do período de 7 a 29 pós-desmame, sendo observado reduções no ganho de peso e conversão alimentar, contudo suínos alimentados com até 30% de DDGS foram semelhante o desempenho dos animais que foram alimentados com dietas de controle, enquanto a inclusão de 45 e 60% DDGS reduziu o desempenho (Senne et al., 1996).

Contudo, Feoli et al. (2007), relataram que a inclusão de 30% DDGS de sorgo nas dietas para suínos podem afetar negativamente o desempenho em comparação aos alimentados com a dieta controle. É possível que diferenças na qualidade dos DDGS usados ou diferenças na forma como as dietas foram formuladas contribuíram para essas diferentes respostas.

De acordo com Sotak et al. (2015a), porcas e suas proles foram usadas para determinar os efeitos das dietas à base de milho ou sorgo, sem ou com 20% de grãos secos destilados com solúveis (DDGS). As porcas alimentadas com dietas à base de sorgo diminuíram a perda de peso corporal na lactação em comparação com as alimentadas com dietas à base de milho. Os pesos de desmame de leitões tendem a ser reduzidos para as alimentadas com dietas contendo DDGS em comparação com as alimentadas com dietas sem DDGS. As porcas que se alimentavam da dieta à base de sorgo com 20% de DDGS tinham o peso de desmame mais leve em comparação com outros tratamentos. Em geral, porcas alimentadas com dietas à base de milho ou sorgo (sem DDGS) na lactação não afetaram o desempenho da leitegada, no entanto, a diminuição de 4% no peso de desmame dos suínos em fase inicial e de porcas alimentadas com DDGS de sorgo 20% deve ser levada em consideração ao selecionar ingredientes para porcas em lactação. A quantidade elevada da fibra diética pode ser a causa dos baixos índices de desempenho e consumo.

Em trabalhos de Sotak et al. (2015b), avaliaram 288 suínos em fase de terminação, alimentados com seis tratamentos: quatro dietas à base de sorgo com 0, 15, 30 e 45% de DDGS de sorgo, uma dieta baseada em sorgo com 30% de DDGS de milho e uma à base de milho com 30% de DDGS de milho. Em geral, dietas com grão de sorgo e aumentada a quantidade de DDGS de sorgo, reduziu linearmente o ganho de peso médio diário se as dietas não forem equilibradas para energia, mas quando alimentada com 30% de DDGS de milho, produz uma gordura mais firme comparada a dieta a base de milho com 30% de DDGS de milho, o que pode ser preferido pelo mercado de exportação de carne de suínos.

No experimento de Sotak et al. (2014), utilizaram 1360 suínos e oito dietas: quatro eram a base de grãos de milho com 0, 15, 30 e 45% de DDGS de sorgo e quatro a base de grãos de sorgo com 0, 15, 30 e 45% de DDGS de sorgo. À medida que o DDGS de sorgo aumentava em dietas à base de milho, a conversão alimentar era semelhante para os suínos alimentados com 0, 15 e 30% de DDGS, mas diminuíram para os que receberam 45% de DDGS. O aumento de DDGS resultou em ganho de peso menor, tende a diminuir o consumo de ração e o ganho de peso final. Suínos alimentados com dietas de 30% DDGS ganharam menos peso do que com os alimentados com dietas basais. Portanto, estes resultados indicam que o sorgo pode ser uma alternativa de substituição para o milho em dietas de suínos, porém o aumento gradativo da inclusão de DDGS de sorgo às dietas diminuiu o ganho de peso dos animais.

## 1.5 Utilização de enzimas

A enzima é ativada pela presença do substrato ao qual será responsável pela digestão. Cada enzima é em algum grau específica para certo substrato, apresentando estrutura espacial adequada para atuar neste substrato. As moléculas de enzimas contém uma fenda especial denominada sitio ativo que contém aminoácidos cujas cadeias laterais criam uma superfície complementar ao substrato que permite que as enzimas atuem na ruptura de uma determinada ligação química. O sitio ativo liga-se ao substrato, formando um complexo enzima-substrato que será convertido em enzima e produto (Henn, 2002).

Temperaturas altas aumentam a velocidade de reação inicial com o substrato, porém acima de 75°C as mesmas se desnaturam. A concentração de H<sup>+</sup> afeta a velocidade das reações químicas, pode haver desnaturação da enzima em pH extremos. Qualquer que seja o mecanismo catalítico de uma reação, uma vez que as moléculas de substrato tenham reagido, a enzima separa-se dos produtos, liberando a molécula de enzimas para novas reações. Algumas enzimas não são secretadas mesmo na presença do substrato, como é o caso da xilanase, pois o código genético dos monogástricos não dispõe da indicação para sua síntese (Henn, 2002).

As recomendações da inclusão de DDGS para os suínos podem ser associadas à adição de enzimas que degradam fibras, como xilanases e a fitase que degrada fitatos.

As xilanases são uma classificação de enzimas que degradam os polissacarídeos não-amiláceos (PNA). Possuem glicosidades responsáveis principalmente pela hidrólise das ligações  $\beta$ -1,4 presentes na xilana vegetal (componentes da hemicelulose) (Silva, 2015).

O alto valor de fibra solúvel, provavelmente, esta relacionado com o maior conteúdo de xilano que é o substrato para a xilanases e  $\beta$ -glucanos presente no DDGS em relação ao grão original. Os valores de xilano de 8,2% de MS, Arabinos a 5,3% de MS e celulose a 16% de MS para a biomassa celulósica dos DDGS de milho (Kim et al., 2008).

A falta de digestibilidade de nutrientes causada por polissacarídeos não-amiláceos (PNA) em co-produtos sugere que a suplementação enzimática exógena é apropriada para aumentar a utilização de nutrientes e é tipicamente mais efetiva quando são utilizados ingredientes alimentares de qualidade mais pobres como o DDGS (Yin et al., 2000). A suplementação dietética de enzimas exógenas, como a xilanase, pode hidrolisar o teor de xilano de DDGS, melhorando a utilização de energia pelo suíno (Shea et al., 2014).

De acordo com Carneiro et al. (2008), as enzimas degradantes de fibra foram utilizadas como aditivos para melhorar a alimentação, o desempenho do crescimento,

eficiência alimentar e a digestibilidade dos nutrientes em animais monogástricos alimentados com dietas com maiores concentrações de amido. A adição de enzimas apropriadas pode reduzir a variação da qualidade nutricional das dietas e permitir maior digestão do alimento, diminuindo a excreção fecal de nutrientes (Bedford, 1993).

Segundo Woyengo et al. (2008), afirmaram que o suplemento enzimático tem mais benefício em suínos jovens do que em suínos velhos. Isso provavelmente é explicado por mudanças na população microbiana do intestino posterior ou na maturação do intestino e sua capacidade de produzir quantidades suficientes de enzimas endógenas para digerir os nutrientes da dieta.

Após o amido ser removido do milho para produzir etanol, outros nutrientes são concentrados, incluindo fibras (Tsai et al., 2017). A fibra no DDGS é 3 a 4 vezes maior do que em milho (Stein & Shurson, 2009), contudo essa fração de fibra contém PNA que o suíno não consegue digerir por falta de enzimas de digestão específica e as enzimas podem auxiliar na digestão dessa fração (Jones et al., 2010).

A adição de xilanase ou betaglucanase na dieta pode ser necessária para a digestibilidade dos nutrientes quando níveis mais elevados de subprodutos são usados na dieta (Zijlstra et al., 2010). Jones et al. (2010), concluíram que o milho é altamente digerível e tem baixo conteúdo de fibra, portanto as enzimas não apresentaram consistentemente melhorias no desempenho de crescimento quando usado em dietas à base de milho, mas benéfico em dietas contendo DDGS.

## **1.6 Utilização de DDGS na alimentação de suínos em diversas fases**

### **1.6.1 Inclusão de DDGS em dietas para leitões**

A capacidade de ingestão de alimento é limitada nos primeiros dias pós-desmame, o que resulta em perda de peso neste período, devido ao menor consumo e digestibilidade da dieta (Chamone et al., 2010).

Para Stein (2007), leitões com 2 a 3 semanas pós-desmame, podem ser alimentados com dietas contendo até 30% de DDGS, sem qualquer impacto negativo sobre o desempenho do crescimento. A inclusão de 10% de DDGS em dietas fornecidas a leitões desmamados, iniciando dias após o desmame, também não influenciou no desempenho dos leitões (Linneen et al. 2008). Porém, Tran et al. (2012), relataram que a introdução precoce de DDGS em concentrações elevadas para leitões recém-desmamados pode diminuir o ganho de peso diário e o consumo de ração.

### **1.6.2 Inclusão de DDGS em dietas para suínos em crescimento e terminação**

O uso de DDGS para suínos em crescimento também foi evidenciado por Linnen et al. (2008), onde a inclusão de 15% de DDGS não afetou significativamente o ganho de peso e o consumo de ração. Porém, a utilização de 30% levou a uma diminuição de ganho de peso.

Pesquisadores como Lee et al. (2012) avaliaram 280 suínos com peso inicial de 42,5 kg, alimentados com quatro níveis de gérmen de milho (0, 10, 20 e 30%) e dois níveis de DDGS (0 e 30%). Concluíram que a adição de até 30% de DDGS não prejudicou o desempenho dos suínos, composição da carcaça ou qualidade da carne.

Lautert (2016), concluiu que o DDGS de milho pode ser incluído nas dietas de suínos em terminação em níveis de até 30% sem prejuízos ao desempenho e características de carcaça e carne. O menor consumo de ração diária foi significativo em níveis maiores de 30% no trabalho de Jacela et al. (2011), onde observaram um ganho de peso diário e peso final menor com o aumento dos níveis de inclusão de DDGS.

Segundo Graham et al. (2014), observaram resultado similar, onde o aumento da inclusão de DDGS na dieta de suínos em terminação diminuiu o ganho de peso diário, eficiência alimentar, peso final, além de reduzir a gordura e rendimento da carcaça. Contrariamente Lammers et al. (2015), não observaram diferença estatística nos parâmetros de desempenho avaliados.

### **1.6.3 Inclusão de DDGS em dietas para porcas em gestação e lactação**

Tem sido evidenciado aumento no tamanho da leitegada de fêmeas suínas alimentadas com dietas de gestação contendo maior concentração de fibra, em comparação a dietas a base de milho e farelo de soja (Hill et al., 2008). Dessa forma, a utilização de DDGS as dietas de porcas em gestação torna-se uma estratégia possível.

Porcas em gestação e lactação podem ser alimentadas com dietas contendo até e 30% de DDGS, sem afetar negativamente o desempenho (Stein & Shurson, 2009). Valores de 50% de DDGS são recomendados para fêmeas suínas em gestação, pois garantem aumento da sensação de saciedade e melhora do bem-estar, pois o aumento da fibra na dieta pode levar a uma distensão gástrica (Gentilini et al., 2003), contudo deve-se fazer a análise química do co-produto e formular a dieta com base no conceito de proteína ideal.

## **1.7 Considerações finais**

A qualidade e a composição do DDGS nas dietas para os animais influenciam diretamente no desempenho produtivo dos mesmos. A inclusão de DDGS nas dietas de suínos em crescimento pode ser de até 30% sendo que níveis superiores a estes prejudicam o desempenho dos animais desta categoria.

A enzima xilanase quando adicionada as dietas de suínos pode promover melhor aproveitamento dos nutrientes contidos nos ingredientes, principalmente da fibra, uma vez que se adicionada em dieta com DDGS, pode auxiliar no aproveitamento.

## 1.8 Referências bibliográficas

- ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual 2015, São Paulo – SP. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/files/publicacoes/c59411a243d6dab1da8e605be58348ac.pdf>> Acessado em: Abr. 19, 2017.
- ADEOLA, O. & RAGLAND, O. Ileal digestibility of amino acids in co-products of corn processing into ethanol for pigs. *Journal of Animal Science* 90: 86-88. 2016.
- ANDERSON, P. V.; KERR, B. J.; WEBER, T. E.; Ziemer, C. J., Shurson, G. C. Determination and prediction of digestible and metabolizable energy from chemical analysis of corn co-products fed to finishing pigs. *Journal of Animal Science* 90: 1242–1254. 2012.
- BEDFORD, M. Mode of action of feed enzymes. *Journal of Applied poultry research*, v.2, p.85–92, 1993.
- BELYEA, R.L.; RAUSCH, K. D.; TUMBLESON, M. E. Composition of corn and distillers dried grains with solubles from dry grind ethanol processing. *Bioresource Technology*, v. 94, p. 293–298, 2004.
- BINDELLE, J.; LETERME, P.; BULDGEN, A. Nutritional and environmental consequences of dietary fiber in pig nutrition: A review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 12: 69–80, 2008.
- CÂNDIDO, M. J. D.; BOMFIM, M. A. D.; SEVERINO, L. S.; OLIVEIRA, S. Z. R. Utilização de coprodutos da mamona na alimentação animal. **III Congresso Brasileiro de Mamona**, 2008.
- CARNEIRO, M. S. C.; LORDELO, M. M.; CUNHA, L. F.; FREIRE, J. P. B. Effects of dietary fibre source and enzyme supplementation on fecal apparent digestibility, short chain fatty acid production and activity of bacterial enzymes in the gut of piglets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 146, 124–136, 2008.
- CEISE- Centro Nacional das Industrias do Setor Sucroenergético e Biocombustíveis. Etanol de milho: Mato Grosso se destaca na produção. Disponível em: <<http://www.ceisebr.com/conteudo/etanol-de-milho-mato-grosso-se-destaca-na-producao.html>> Acessado em 27 de outubro de 2017.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Conjuntura mensal, junho 2017. Disponível em:

- <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_07\\_18\\_15\\_08\\_58\\_conj.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_07_18_15_08_58_conj.pdf)>  
> Acessado em: Fev. 25, 2018.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Sorgo Granífero em Mato Grosso. Available at:  
<[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_07\\_14\\_10\\_22\\_13\\_conjura\\_sorgo\\_mt\\_001.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_07_14_10_22_13_conjura_sorgo_mt_001.pdf)> Accessed on: Abr. 21, 2016.
- CORASSA, A.; LAUTERT, I.P.A.; PINA, D.S.; KIEFER, C.; TOM, A. P. S.; KOMIYAMA, C. M. K.; AMORIM, A. B.; TEIXEIRA, A. O. Nutritional value of brazilian distillers dried grains with solubles for pigs as determined by different methods. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 46: p.740-746, 2017.
- COSTA, F. Produção de biodiesel deve crescer 25% no Brasil. Disponível em: <<http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/campo-e-lavoura/noticia/2015/04/producao-de-biodiesel-deve-crescer-25-no-brasil-em-2015-4731798.html>>. Accessed on: Abr. 01, 2016.
- CHAMONE, J.M.A.; MELO, M.T.P.; AROUCA, C.L.C.; BARBOSA, M. M.; SOUZA, F. A.; SANTOS, D. Fisiologia digestiva de leitões. *Revista Eletrônica nutritime*, art. 123, v.7, n. 5, p. 1353-1363, 2010.
- DAVIS, K. Corn milling, processing and generation of coproducts. In: Minnesota nutrition conference and minnesota corn growers association technical symposium. Proceeding Bloomington, MN, 2001.
- ERICKSON, G. E.; KLOPFENSTEIN, T. J.; ADAMS, D. C. In: corn processing co-products manual: a review of current research on distillers grains and corn gluten, nebraska corn board and the university of nebraska lincoln, Institute of Agriculture and Natural Resources, Agricultural Research Division, Cooperative Extension Division, 2005.
- FASTINGER, N.D.; MAHAN, D.C. Determination of the ileal amino acid and energy digestibilities of corn distillers dried grains with solubles using grower-finisher pigs. *Journal of Animal Science*, v. 84, p.1722–1728, 2006.
- FEOLI, C. Use of corn- and sorghum-based distillers dried grains with solubles in diets for nursery and finishing pigs. Dissertação de mestrado. Kansas state university Manhattan, Kansas, 2008.
- FEOLI, C.; MONGE, C.; TERRY L. G.; CARTER, S. D. Digestible energy content of corn- vs sorghum-based distillers dried grains with solubles in finishing pigs. *Journal of Animal Science*. 85:95, 2007.

- GRAHAM, A. B.; GOODBAND, R. D.; TOKACH, M. D.; DRITZ S, S.; DEROUCHÉY. J. M.; NITIKANCHANA, S.; UPDIKE, J. The effects of low-, medium-, and high-oil distillers dried grains with solubles on growth performance, nutrient digestibility, and fat quality in finishing pigs. *Journal of Animal Science* 92: 3610–3623, 2014.
- GENTILINI, F. P; DALLANORA A. D; BERNARDINI, M. C.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F. P. Comportamento de leitoas gestantes submetidas a dietas com baixo e alto nível de fibra e mantidas em gaiolas ou em baias. *Arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia*, vol 55, nº 5, 2003.
- GODOY, M. C. R.; BAUNER, L. L.; PARSONS, C. M. AND FAHEY JR., G.C. Select corn coproducts from the ethanol industry and their potential as ingredients in pet foods. *Journal of Animal Science* 87: 189-199, 2009.
- HENN, J. D. Aditivos enzimáticos adicionado em dietas de aves e suínos. Programa de pós-graduação em Ciências Veterinárias- UFRGS. 2002. Disponível em: <[https://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/aditiv\\_enzimas.pdf](https://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/aditiv_enzimas.pdf)> acessado em 03 de fevereiro de 2018.
- HILL, G.M.; LINK, J.E.; LIPTRAP, D.O.; GIESEMANN, M. A.; DAWES, M. J.; SNEDEGAR, J. A.; BELLO, N. M.; TEMPELMAN, R. J. Withdrawal of distillers dried grains with solubles 39 (DDGS) prior to slaughter in finishing pigs. *Journal of Animal Science* 86. 2008.
- IELASE F.G; ADAMS, D.C.; RASBY, R.J.; In: *CornProcessing Co-products Manual: A Review of Current Research onDistillers Grains and Corn Gluten*, Nebraska Corn Board and the University of Nebraska-Lincoln, Institute of Agriculture and Natural Resources, Agricultural Research Division, Cooperative Extension Division, 2006.
- JACELA, J.Y.; DEROUCHÉY, J.M.; DRITZ, S.S.; TOKACH, M.D.; GOODBAND. R. D.; NELSSSEN, J. L.; SULABO. R. C.; THALER, R. C.; BRANDTS, L.; LITTLE, D. E.; PRUSA, K. J. Amino acid digestibility and energy content of deoiled (solvent-extracted) corn distillers dried grains with solubles for swine and effects on growth performance and carcass characteristics. *Journal of animal Science*, v. 89, p. 1817–1829, 2011.
- JACELA, J.Y.; FROBOSE, H.L.; DeROUCHÉY, J.M.; DRITZ, S.S.; TOKACH, M.D.; GOODBAND. R. D.; NELSSSEN, J. L. Amino acid digestibility and energy concentration of high-protein corn dried distillers grains and high-protein sorghum dried distillers grains with solubles for swine. *Journal of animal science*, v.88, p. 3613-23, 2014.

- JONES, C.K.; BERGSTROM, J.R.; TOKACH, M.D.; DEROUCHÉY J. M.; GOODBAND, R. D.; NELSSSEN, J. L.; DRITZ, S. S. Efficacy of commercial enzymes in diets containing various concentrations and sources of dried distillers grains with solubles for nursery pigs. *Journal of Animal Science* 88, 2084–2091, 2010.
- KIM, Y.; MOSIER, S. N.; HENDRICKSON, R.; EZEJI, T.; BLASCHEK, H.; DIEN, B.; COTTA, M.; DALE B.; LADISCH, M. R. Composition of corn dry-grind ethanol by-products: DDGS, wet cake, and thin stillage. *Bioresource Technology*. 99: 5165–5176, 2008.
- KLOPFENSTEIN, T.J.; ERICKSON, G.E.; BREMER, V.R. Board-invited review: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *Journal of Animal Science*, v.86, p.1223–1231, 2008.
- LAUTERT, I. P. A. Valor nutricional de coprodutos da produção de etanol de milho para suínos. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Mato Grosso/ Campus Sinop, Sinop-MT, 91f, 2016.
- LAMMERS, P. J.; KERR, B. J.; HONEYMAN, M. S. Biofuel co-products as swine feed ingredients: Combining corn distillers dried grains with solubles (DDGS) and crude glycerin. *Animal Feed Science and Technology*, v. 201, p. 110–114, 2015.
- LEITE, R. C. D. C.; LEAL, M. R. L. V. O biocombustível no Brasil. In: *Novos Estudos - CEBRAP*, n.78, p.15–21, 2007. Available at: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-33002007000200003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-33002007000200003)> Accessed on: Abr. 22, 2016.
- LEE, J.W.; MCKEITH, F.K.; STEIN, H.H. Up to 30% corn germ may be included in diets fed to growing-finishing pigs without affecting pig growth performance, carcass composition, or pork fat quality. *Journal of Animal Science*, v. 90, p. 4933–4942, 2012.
- LINNEEN, S. K.; DEROUCHÉY, J. M.; DRITZ, S.S.; GOODBAND, R.D.; TOKACH, M. D.; NELSSSEN. J. L. Effects of dried distillers grains with solubles on growing and finishing pig performance in a commercial environment. *Journal of Animal Science*, v. 86, p. 1579–1587, 2008.
- LUMPKINS, B.; BATAL, A. The bioavailability of lysine and phosphorus in distillers dried grains with solubles. *Poultry Science*, v.84, p. 581-586, 2005.
- MARQUES, B.M.F.P.P.; ROSA, G.B.; HAUSCHILD, L.; CARVALHO, A.D’A.; LOVATTO, P. A. Substituição de milho por sorgo baixo tanino em dietas para suínos:

- digestibilidade e metabolismo. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.59, n.3, p.767-772, 2007.
- NYACHOTI, C.M.; HOUSE, J. D.; SLOMINSKI, B. A.; SEDDON, I. R. Energy and nutrient digestibilities in wheat dried distillers' grains with solubles fed to growing pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85: 2581–2586, 2005.
- 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, p. 1168–1176, 2007.
- RELATÓRIO DE MINAS E ENERGIA. Boletim dos biocombustíveis. Edição n.º 108 Mar/Abr de 2017.
- ROSTAGNO, H.S.; GOMES, P.C. *Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais*. 4.ed. Viçosa: Ufv- Departamento de Zootecnia, 488p, 2017.
- SHELTON, J. L., J. O.; MATTHEWS, L. L.; SOUTHERN, A.; HIGBIE, A. D.; BIDNER, T. D.; FERNANDEZ, J. M.; PONTIF, J. E. Effect of nonwaxy and waxy sorghum on growth, carcass traits, and glucose and insulin kinetics of growing-finishing barrows and gilts. *J. Anim. Sci.* 82:1699–1706, 2004.
- SENNE, B. W.; HANCOCK, J. D.; MAVROMICHALIS, S. L.; JOHNSTON, P. S.; SORRELL, I. H.; KIM, R.H. Use of sorghum-based distillers dried grains in diets for nursery and finishing pigs. *Kansas State Univ. Swine Day Rep. Kansas State Univ., Manhattan.* . Pages 140–145, 1996.
- SENNE, B. W.; HANCOCK, J. D.; SORRELL, P. S.; KIM, I. H.; TRAYLOR, S. L.; HINES, R. H.; BEHNKE, K. C. Effects of distillers grains on growth performance in nursery and finishing pigs. In *Kansas State Univ. Swine Day Rep. Kansas State Univ., Manhattan*, pg 68–71, 1995.
- SILVA, J. R. Resíduo seco de destilaria contendo solúveis (DDGS), com e sem xilanase, na alimentação de cães. *Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba.* 2015.
- SHEA, C.J.; ALPINE, M. C.; SOLAN, P.; CURRAN, T.; VARLEY, P. F.; WALSH, A.M.; DOHERTY, V.O. The effect of protease and xylanase enzymes on growth performance, nutrient digestibility, and manure odour in grower–finisher pigs. *Animal Feed Science and Technology* 189 pg 88– 97, 2014.
- SPIEHS, M.J.; WHITNEY, M.H.; SHURSON, G.C. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *Journal of Animal Science*, v.81, p. 2639-2645, 2002.

- STEIN, H. H. Distillers dried grains with solubles (DDGS) in diets fed to swine. Swine Focus No. 001. Univ. of Illinois, Urbana- Champaign. 2007.
- STEIN, H.H.; SHURSON, G.C. Board-Invited Review: The use and application of distillers dried grains with soluble (DDGS) in swine diets. *Journal of Animal Science*, v. 87, p.1292– 1303, 2009.
- STEIN,H.H.; LAGOS, L.V.;CASAS, G.A. Nutritional value of feed ingredients of plant origin fed to pigs. *Animal Feed Science and Technology*, volume 218, pg 33–69, 2016.
- STUANI, J.L.; CORASSA, A.; SILVA, I.P.A. Caracterização nutricional e uso de DDGS em dietas para suínos em crescimento e terminação - Abordagem analítica. *Nativa, Sinop*, v.4, n.2, p.116-120, mar./abr. 2016.
- SOTAK, K. M.; GOODBAND, R. D.; TOKACH, M. D.; DRITZ, S. S.; DEROUCHÉY, J. M; NELSSSEN, J. L. (b). Nutrient database for sorghum distillers dried grains with solubles from ethanol plants in the western plains region and their effects on nursery pig performance. *Journal of Animal Science*, v. 92, p. 292–302, 2014.
- SOTAK, K. M.; GOODBAND, M. D., TOKACH, S. S.; DRITZ, S.S.; DEROUCHÉY, J. M.; NELSSSEN, J.L. (a). The effects of corn-or sorghum-based diets with or without sorghum dried distillers grains with solubles on lactating-sow and litter performance. *The professional animal scientist*, volume 31, junho, pages 185-190, 2015.
- SOTAK, K. M.; HOUSER, T. A.; GOODBAND, R. D.; TOKACH, M. D.; DRITZ, S. S.; DEROUCHÉY, J. M.; GOEHRING, B. L.; SKAAR, G. R.; NELSSSEN, J. L. The effects of feeding sorghum dried distillers grains with solubles on finishing pig growth performance, carcass characteristics, and fat quality. *Journal of Animal Science*, v. 93, p. 2904–2915, 2015.
- SHURSON, J.; JOHNSTON, L.; BAIDOO, S.; WHITNEY, M. Use of dried distillers grains with soluble (DDGS) in swine diets. *University of Minnesota*, 144-151, 2008.
- TRAN, H.; MORENO, R.; HINKLE. E. E.; BUNDY, J. W.; WALTER, J. BURLEY, T. E.; MILLER, P. S. Effect of corn distillers dried grains with solubles growth performance and health status indicators in weanling pigs. *Journal of Animal Science*, v.90, p. 790-801, 16 2012.
- TSAI, T.; DOVE, C.R.; CLINE, P.M.; OUSU-ASIEDU, A.; WALSH, M.C.; AZAIN, M. The effect of adding xylanase or  $\beta$ -glucanase to diets with corn distillers dried grains with solubles (CDDGS) on growth performance and nutriente digestibility in nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 88:2084–2091, 2017.

- URRIOLA, P.E.; HOEHLER, D.; PEDERSEN, C.; STEIN, H. H.; SHURSON, G. C. Amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles, produced from sorghum, a sorghum-corn blend, and corn fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, v. 87, p.2574–2580, 2009.
- URRIOLA, P.E.; SHURSON, G.C.; STEIN, H.H. Digestibility of dietary fiber in distillers coproducts fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, v. 88, p. 2373–2381, 2010.
- US Grains Council, 2012. A guide to Distiller’s Dried Grains with Solubles (DDGS), U.S. Grains Council DDGS User Handbook – 3rd Edition. Washinton DC, USA, 406p.
- WANG, D.; BEAN, S.; MCCLAREN, J.; SEIB, P.; MADL ,R.; TUINSTRA, M.; SHI, Y.; LENZ, M.; WU, X.; ZHAO, R. Grain sorghum is a viable feedstock for ethanol production. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol*, v.35, p.313–320, 2008.
- WOYENGO, T.A.; SANDS, J.S.; GUENTER, W.; NYACHOTI, C.M. Nutrient digestibility and performance responses of growing pigs fed phytase- and xylanase-supplemented wheat-based diets. *J. Anim. Sci.* 86, 848–857, 2008.
- WU, F.; JOHNSTON, L.J.; URRIOLA, P.E.; HILBRANDS, A.M.; SHURSON, G. C. Evaluation of NE predictions and the impact of feeding maizedistillers dried grains with solubles (DDGS) with variable NEcontent on growth performance and carcass characteristics ofgrowing-finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology* 215: 105–116, 2016.
- WHITNEY, M.H.; SHURSON, G.C.; GUEDES, R.C. Effect of including distillers dried grains with solubles in the diet, with or without antimicrobial regimen, on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. *Journal of Animal Science*, v. 84, p. 2006.
- WYMAN, C. E; Handbook on bioethanol: production and utilization, Applied Energy Technology Series, Taylor & Francis: Washington, 1996.
- YANG, Y.; KIARIE, E.; SLOMINSKI, B. A.; BRÛLÉ-BABEL, A.; NYACHOTI, C. M. Amino acid and fiber digestibility, intestinal bacterial profile, and enzyme activity in growing pigs fed dried distillers grains with solubles-based diets. *Journal of Animal Science* 88: 3304-3312, 2010.
- YIN, Y.L., MCEVOY, J.D.G., SCHULZE, H., HENNIG, U., SOUFFRANT, W.B., MCCRACKEN, K.J. Apparent digestibility (ileal and overall) of nutrients and endogenousnitrogen losses in growing pigs fed wheat (var. Soissons) or its by-products without or with xylanase supplementation. *Livest. Prod. Sci.* 62, 119–132, 2000.

ZIJLSTRA, R.T., OWUSU-ASIEDU, A., SIMMINS, P.H.. Future of NSP-degrading enzymes to improve nutrient utilization of co-products and gut health in pigs. *Livest. Sci.* 2010.

## **CAPÍTULO II: VALOR NUTRICIONAL DE GRÃOS SECOS DESTILADOS COM SOLÚVEIS DE MILHO E SORGO E XILANASE EM DIETAS PARA SUÍNOS**

Resumo: Objetivou-se com este estudo avaliar a digestibilidade e energia de DDGS de milho e sorgo e da enzima xilanase em dietas para suínos. Foram realizados dois experimentos de digestibilidade com suínos machos castrados alojados em gaiolas individuais de estudos de metabolismo com coleta total de fezes e urina. Determinaram-se os valores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), energia bruta (EB), digestível (ED) e metabolizável (EM) e os coeficientes de digestibilidade (CD). No experimento 1 utilizou-se oito animais com  $26,15 \pm 3,45$  kg com repetição no tempo, compreendendo três períodos de cinco dias de coleta. Os tratamentos foram compostos por dieta referência (DR) à base de milho e farelo de soja; DR com 20% de DDGS de milho (DM 20); DR com 40% de DDGS de milho (DM 40); DR com 20% de DDGS de sorgo (DS 20); DR com 40% de DDGS de sorgo (DS 40). A DR apresentou os maiores valores de ED, EM e todos CD em comparação às demais dietas. DDGS de milho apresentou maiores valores de ED, EM e CD de EE, EB e PB. Inclusões de 40% dos alimentos testes geraram maiores valores de ED, EM e tendência de maiores CD de MS, MO e PB. No experimento 2 utilizou-se nove animais com  $34,91 \pm 1,46$  kg com os tratamentos compostos por DR; DM20 e DM20 mais enzima xilanase. A inclusão de xilanase não influenciou na digestibilidade e valores de energia em dietas contendo DDGS de milho. Os valores de energia digestível e metabolizável do DDGS de milho foram respectivamente 3.477 e 3.277 kcal/kg para a substituição de 20% e 3.761 e 3.068 kcal/kg para substituição de 40% da dieta referência. Para o DDGS de sorgo, os valores de energia digestível e metabolizável foram respectivamente, 3.030 e 2.863 kcal/kg para substituição de 20% e 3.398 e 3.296 kcal/kg para substituição de 40% da dieta referência. De maneira geral, em ambos experimentos a digestibilidade da dieta referência foi superior comparadas as dietas testes proporcionalmente a sua substituição por DDGS de milho e sorgo, indicando que o aumento da concentração de FDN proveniente dos DDGS's reduz os coeficientes de digestibilidade das dietas.

Palavras-Chaves: Digestibilidade, DDGS, energia digestível, energia metabolizável.

## **CHAPTER II: NUTRITIONAL VALUE OF DRIED GRANTS DISTILLED WITH SOLUBLES AND CORN AND SORGHUM AND XYLANASE IN PIGS DIETS**

Abstract: The objective of this study was to evaluate the digestibility and energy of DDGS of corn and sorghum and xylanase enzyme in diets for swine. Two experiments of digestibility with castrated male pigs housed in individual cages of metabolism studies with total collection of feces and urine were carried out. The values of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), mineral matter (MM), ethereal extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), crude energy digestible (ED) and metabolizable (DM) and digestibility coefficients (CD). In the experiment 1, eight animals with  $26.15 \pm 3.45$  kg with repetition in the time, comprising three periods of five days of collection were used. The treatments were composed by reference diet (DR) based on corn and soybean meal; DR with 20% corn DDGS (DM 20); DR with 40% corn DDGS (DM 40); DR with 20% sorghum DDGS (DS 20); DR with 40% sorghum DDGS (DS 40). The DR presented the highest values of ED, MS and all CD in comparison to the other diets. DDGS of corn showed higher values of ED, MS and CD of EE, EB and PB. Inclusions of 40% of the food tests generated higher values of ED, MS and trend of higher MS, OM and CP. In the experiment 2 nine animals with  $34.91 \pm 1.46$  kg were used with the treatments composed by DR; DM20 and DM20 plus xylanase enzyme. The inclusion of xylanase did not influence the digestibility and energy values in diets containing corn DDGS. The digestible and metabolizable energy values of maize DDGS were 3,477 and 3,277 kcal / kg respectively for the substitution of 20% and 3,761 and 3,068 kcal / kg for the substitution of 40% of the reference diet. For sorghum DDGS, digestible and metabolizable energy values were 3,030 and 2,863 kcal / kg respectively for substitution of 20% and 3,398 and 3,296 kcal / kg for substitution of 40% of the reference diet. In general, in both experiments the digestibility of the reference diet was superior compared to the diets tested in proportion to its substitution by DDGS of corn and sorghum, indicating that the increase of the concentration of NDF from the DDGS reduces the coefficients of digestibility of the diets.

Key words: DDGS, digestibility, digestible energy, metabolizable energy

## **2 Introdução**

Com o aumento da produção de etanol a partir do milho no Brasil, a oferta de grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) para a inclusão nas dietas está aumentando. Contudo, devido a variabilidade na sua composição e digestibilidade estar diretamente ligada a diferença na composição da matéria-prima e no processo de produção é necessário conhecer a disponibilidade de nutrientes e energia destes co-produtos para uma formulação precisa de dietas para suínos.

Na produção de etanol a partir do milho e sorgo, o amido do grão é fermentado para produção de etanol, enquanto que a fibra, proteína, lipídios e minerais do grão compõe o DDGS. A variação na composição do DDGS ocorre devido a variação genética da fonte cereal utilizada (Fastinger & Mahan, 2006; Urriola et al., 2009; Belyea et al., 2010), variação de adubação de nitrogênio, secagem do grão, presença de fungos, proporção de solúveis adicionado antes da secagem (Li et al. 2015), processamento por calor (Lumpkins & Batal, 2005).

Adicionalmente, a inclusão de DDGS como alimento teste nos ensaios de digestibilidade variam de 10 e 20% (Hanson et al., 2012); 15 e 25 % (Lammers et al., 2015); 30 % (Urriola et al., 2010); e 20, 40 e 60 % de DDGS (Corassa et al., 2017), pode ser um fator de variação na determinação dos coeficientes de digestibilidade e valores energéticos.

A fração fibrosa do DDGS pode comprometer seu valor nutricional para suínos. Uma estratégia prática poderia ser a inclusão de enzimas carboidrases para degradação de fração fibrosa e conseqüentemente, aumento da disponibilidade de energia. Entretanto, o impacto da suplementação de enzimas como a xilanase sobre a digestibilidade dos nutrientes não tem sido constante (Tsai et al., 2017).

Os objetivos deste estudo foram determinar os coeficientes de digestibilidade e valores de energia digestível e metabolizável do DDGS oriundos de milho e sorgo (exp. 1); e determinar o efeito da enzima xilanase na digestibilidade do DDGS.

### **2.1 Material e Métodos**

Os experimentos foram conduzidos na Universidade Federal de Mato Grosso, *Câmpus* Universitário de Sinop - MT, no mês de Julho de 2016. Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UFMT sob protocolo N° 23108.700673/14-4.

#### *Experimento 1*

Foram utilizados oito suínos machos castrados com a mesma linhagem genética oriundos de cruzamentos industriais com peso médio inicial de  $26,15 \pm 3,45$  kg, distribuídos individualmente em gaiolas de metabolismo, com repetição no tempo, compreendendo três períodos de coleta. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso e para a formação desses blocos, foi levado em consideração o peso dos animais, sendo cada animal uma unidade experimental. O experimento foi constituído de cinco dietas, com quatro repetições para a dieta referência e cinco repetições para as demais dietas.

Antes do início do experimento, os animais passaram por um período de adaptação as gaiolas de dois dias, seguido por três períodos experimentais que constituíram de cinco dias de consumo de dietas seguidas por cinco dias de coleta total (Anexo 1).

As dietas foram compostas por uma dieta referência (DR) à base de milho e farelo de soja, (Tabela 3) formulada para atender às recomendações de Rostagno et al. (2011); (DM 20), 20% de DDGS de milho + 80% DR; (DM 40), 40% de DDGS de milho + 60% DR; (DS 20), 20% de DDGS de sorgo + 80% DR; (DS 40), 40% de DDGS de sorgo + 60% DR (Tabela 3), de acordo com metodologia descrita por Sakomura & Rostagno (2007).

Os grãos secos de destilaria com solúveis foram oriundo da Destilaria de Álcool Libra Ltda. (São José do Rio Claro, MT, Brasil). O DDGS de milho continha 31,53% de PB; 4949 kcal de EB/kg<sup>-1</sup>; 8.48% de EE; 46.84% de FDN e o DDGS de sorgo 26,09% de PB; 4.345 kcal de EB/kg<sup>-1</sup>; 8.21% de EE; 66.12% de FDN. A composição química do DDGS foi determinada no Laboratório de Nutrição Animal da UFMT.

Para se obter a composição bromatológica das rações (Tabela 4) e do DDGS foram feitas as determinações analíticas de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e energia bruta (EB), de acordo com Silva & Queiróz (2002).

Tabela 3. Composição centesimal e nutricional calculada da dieta referência

Ingrediente	Composição centesimal (g kg <sup>-1</sup> )
Milho	609,7
Farelo de Soja	302,6
Farelo de Arroz	30,0
Óleo de Soja	18,9
Calcário Calcítico	5,2
Fosfato Bicálcico	17,5
Suplemento mineral*	5,0
Suplemento vitamínico**	5,0
Sal comum	4,6
L-Lisina	1,5

Total	1000
Composição nutricional calculada	
Energia metabolizável (kcal kg <sup>-1</sup> )	3.230
Proteína bruta (g kg <sup>-1</sup> )	189,9
Cálcio (g kg <sup>-1</sup> )	7,20
Fosforo disponível (g kg <sup>-1</sup> )	3,60
Sódio (g kg <sup>-1</sup> )	2,00
Lisina digestível (g kg <sup>-1</sup> )	10,10

\*Composição do suplemento mineral por Kg da dieta: Cobalto (1,25 mg), Cobre (25 mg), Ferro (150 mg), Zinco (200 mg), Manganês (75 mg), Selênio (0,70 mg), Iodo (2 mg), Colina (250 mg), Biotina (25 mcg). Aditivos: E-toxiqum (25 mg), BHT (5 mg), Bacitracina de Zinco (75 mg).

\*\*Composição do suplemento vitamínico por kg da dieta: Vitamina A(13750 UI), vitamina B1(2 mg), vitamina B2(1,25 mg), vitamina B6 (4 mg), vitamina B12 (4,5 mcg), vitamina D3 (3000 UI), vitamina E (75 UI), vitamina K3 (6,25 mg), ácido Nicotínico (50 mg), ácido Pantotênico (30 mg), ácido Fólico (0,625 mg).

Tabela 4. Composição bromatológica das rações

Frações Nutricionais	DR	Níveis de DDGS Milho(%)		Níveis de DDGS Sorgo(%)	
		0	20	40	20
Matéria Seca (%)	95,48	95,59	94,61	95,68	95,30
Matéria Orgânica (%)	93,47	94,31	95,60	94,51	95,42
Proteína Bruta (%)	17,33	17,82	20,97	17,74	19,42
Extrato Etéreo (%)	7,95	8,09	8,17	7,23	6,40
Matéria Mineral (%)	6,57	5,69	4,40	5,49	4,58
Fibra Detergente Neutro (%)	43,00	45,00	46,00	47,00	50,00
Energia Bruta (kcal/kg)	4.198	4.321	4.489	4.287	4.425

Análises de acordo com a metodologia de Silva & Queiróz (2002).

No período de adaptação, a ração foi fornecida *ad libitum* e as sobras contabilizadas. As rações foram devidamente pesadas e fornecidas duas vezes ao dia (7h30 e 17h30 horas). A partir dos dados de consumo no período de adaptação e com base no peso metabólico (PV<sup>0,60</sup>) foram calculadas as quantidades de ração fornecidas a cada animal no período de coleta de acordo com menor consumo de ração por kg de peso metabólico.

A coleta de fezes e urina foram realizadas as 7h30. As fezes foram coletadas, pesadas, homogeneizadas e em seguida retiradas amostras equivalentes a 20% do total, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas em congelador (-10° C) até o final do período de coleta.

A urina foi filtrada à medida que foi sendo excretada, através de um tecido filtro acoplado no funil da caixa coletora de urina e então colhida em baldes plásticos que continham 10 ml de HCl 1:1. O volume total de urina de cada animal foi contabilizado por

meio de uma proveta com graduação de 0,5 ml, do qual foram retiradas alíquotas de 20% para amostragem, que foram acondicionadas em embalagens plásticas com tampa devidamente identificadas e armazenadas em congelador.

Ao final do período de coleta, as amostras de fezes foram descongeladas, pesadas, homogeneizadas e secas em estufa de ventilação forçada à 60°C por 72 horas a fim de promover a pré-secagem para as determinações analíticas de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e energia bruta (EB), de acordo com Silva & Queiróz (2002). O teor de matéria orgânica (MO) foi determinado pela diferença entre o teor de matéria seca e o teor de matéria mineral. As amostras de urina foram descongeladas e homogeneizadas para determinação do nitrogênio total.

Os coeficientes de digestibilidade, teores de nutrientes digestíveis, valores de energia digestível e metabolizável foram determinados por equações de acordo com Sakomura & Rostagno (2007).

O experimento foi conduzido de acordo com o delineamento em blocos completamente casualizados com arranjo fatorial  $2 \times 2 + 1$ , sendo duas fontes de DDGS, dois níveis de inclusão de DDGS e uma dieta referência. Os resultados foram submetidos a análise de variância e seus efeitos decompostos em três contrastes ortogonais: 1 = dieta referência versus demais dietas, 2 = DDGS de milho versus DDGS de sorgo e 3 = 20 % versus 40% de inclusão de DDGS. O modelo estatístico utilizado foi:  $Y_{ijk} = \mu + F_i + N_j + B_k + F_i \times N_j + \varepsilon_{ijk}^i$ . Em que:  $Y_{ijk}$ : observação referente ao efeito fonte  $i$  de DDGS, ao nível  $j$  de DDGS, ao bloco  $k$ ,  $\mu$ : média geral;  $F_i$ : fonte (DDGS de milho ou sorgo),  $N_j$ : nível de inclusão de DDGS (20 ou 40%);  $B_k$ : bloco (1, 2 ou 3 período);  $F_i \times N_j$ : interação entre as fontes e níveis;  $\varepsilon_{ijk}$ : erro aleatório associado a fonte, nível e bloco. Os dados foram submetidos ao procedimento Mixed do programa SAS (2001), considerando nível de probabilidade de  $<0,05$  e  $0,10$  sendo considerados como tendência.

## *Experimento 2*

Foram utilizados nove suínos machos castrados com a mesma linhagem genética, oriundos de cruzamentos industriais e com peso médio inicial de  $34,91 \pm 1,46$  kg, distribuídos individualmente em gaiolas de metabolismo. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, constituído de três tratamentos e três repetições, sendo cada animal uma unidade

experimental. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas com repetição no tempo compreendendo um período de doze dias, sendo sete dias para adaptação as dietas e as gaiolas e cinco dias de coleta.

Os procedimentos experimentais foram idênticos aos adotados no experimento 1.

As dietas foram compostas por uma dieta referência (DR) à base de milho e farelo de soja (Tabela 1) formulada para atender às recomendações de Rostagno et al. (2011); DR com 20% de DDGS de milho (DM 20); DR com 20% de DDGS de milho com adição de 0,01 % xilanase (concentração 16,000 BXU/kg ) (DM 20+ Xil).

O modelo estatístico utilizado foi:  $Y_{ijk} = \mu + R_i + X_j + \varepsilon_{ijk}^i$ . Em que:  $Y_{ijk}$ : observação referente ao efeito das rações  $i$  contendo (200 %) DDGS, com a enzima xilanase  $j$ ,  $\mu$ : média geral;  $R_i$ : ração com 20% de DDGS,  $X_j$ : inclusão da enzima xilanase,;  $\varepsilon_{ijk}^i$ : erro aleatório associado a ração e xilanase. Os dados foram submetidos ao procedimento Mixed do programa SAS, (2001), considerando nível de probabilidade de 5%.

## 2.2 Resultados

### *Experimento 1*

Os animais alimentados com DR apresentaram os maiores valores de ED, CD, EM e CM em comparação às demais dietas, o mesmo acontece para o DDGS de milho em comparação ao de sorgo com a mesma tendência ( $p=0,0681$ ) para o CM (Tabela 5). O nível utilizado de 20% de inclusão de DDGS apresentou maiores valores de CD e CM em comparação àquelas com 40%, contudo EM e ED não foram influenciadas pelos níveis de inclusão deste ingrediente. Não houve efeito de interação entre a fonte e o nível de inclusão para as variáveis em estudo, exceto para digestibilidade da PB e EE.

Tabela 5 – Valores de energia das dietas contendo diferentes inclusões de DDGS para suínos

Variáveis (Kcal/kg)	Dietas					Significância				
	DR	DM20	DM40	DS20	DS40	DR vs demais	Fonte	Nível	F*N <sup>1</sup>	EPM <sup>2</sup>
EB	4.198	4.321	4.489	4.287	4.425	-	-	-	-	-
ED	3.809	3.752	3.805	3.673	3.667	0.0112	0.0003	0.3497	0.3986	25,197
CD (%)	90,75	86,84	84,76	85,68	82,88	<0.0001	0.0132	0.0003	0.5976	0,565
EM	3.702	3.625	3.679	3.554	3.559	0.0130	0.0042	0.3181	0.5305	29,816
CM (%)	88,20	83,89	81,95	82,89	80,44	<0.0001	0.0681	0.0034	0.7083	0,665
ED- DDGS	-	3.477	3.761	3.030	3.398	-	0.0004	0.0028	0.7173	94,163
EM- DDGS	-	3.277	3.609	2.863	3.296	-	0.0007	0.0004	0.7185	88,492

<sup>1</sup> F\*N: Interação entre fonte e nível.

<sup>2</sup> EPM: Erro padrão da média.

Os CD's de EE, EB e PB apresentaram maiores valores (Tabela 6) para o DDGS de milho em comparação ao DDGS de sorgo. O nível de 40% para os CD's da MS, MO, MM, FDN, EE, EB e PB foram maiores que o nível de 20%.

Tabela 6 – Coeficientes de digestibilidade do DDGS de milho e de sorgo determinados com diferentes níveis de inclusão em dietas para suínos

CD do DDGS (%)	Dietas				Significância			
	DM20	DM40	DS20	DS40	Fonte	Nível	F*N	EPM
MS	71,17	74,46	66,65	71,90	0,1271	0,0700	0,6740	2,6702
MO	71,38	74,70	66,79	72,24	0,1164	0,0552	0,6416	2,5764
PB	82,54	86,26	57,29	66,95	<0,0001	0,0539	0,3895	3,9109
EE	72,99	75,02	57,89	60,32	0,0020	0,5956	0,9902	4,9779
MM	58,70	58,23	53,32	55,30	0,3633	0,8679	0,7880	5,3714
FDN	60,00	66,09	64,36	70,38	0,1004	0,0262	0,9920	3,0121
EB	70,27	75,22	63,24	69,95	0,0122	0,0167	0,7060	2,6610

<sup>1</sup> F\*N: Interação entre fonte e nível.

<sup>2</sup> EPM: Erro padrão da média..

A dieta referência apresentou maiores valores de CD da composição química das dietas quanto a MS, MO, PB, EE, MM e FDN em comparação as demais dietas (Tabela 7). A inclusão do DDGS de milho gerou maiores valores de CD para PB e EE em comparação ao DDGS de sorgo, exceto o FDN que apresentou menores valores para o DDGS de milho, mas não houve diferença entre estas fontes quanto aos CD's de MS, MO e MM. A inclusão de 20% dos alimentos testes gerou maiores valores de CD's em todos estes parâmetros estudados, contrastados a inclusão de 40%.

Tabela 7 – Coeficiente de digestibilidade da composição química das dietas do experimento com diferentes níveis e fontes de DDGS para suínos

CD (g kg <sup>-1</sup> )	Dietas					Significância				
	DR	DM20	DM40	DS20	DS40	DR vs Demais	Fonte	Nível	F*N	EPM
MS	90,75	87,00	84,44	86,37	83,65	<0.0001	0.1972	<0.0001	0.8094	0,5423
MO	91,54	87,69	85,05	87,02	84,28	<0.0001	0.1782	<0.0001	0.8323	0,5249
PB	90,40	88,44	87,83	83,65	80,40	<0.0001	<0.0001	0.0326	0.1560	0,8548
EE	90,08	87,53	85,74	84,86	80,03	0.0004	0.0008	0.0052	0.2960	1,0635
MM	79,59	75,53	71,16	75,09	70,43	<0.0001	0.5972	0.0006	0.8178	1,1190
FDN	91,90	85,65	81,62	86,70	83,58	<0.0001	0.0364	<0.0001	0.7548	0,6804

<sup>1</sup> F\*N: Interação entre fonte e nível.

<sup>2</sup> EPM: Erro padrão da média.

A DR apresentou maiores valores de frações digestíveis de MS, MO, PB, EE e MM em comparação às demais dietas, mas não distinguiu-se quanto ao teor digestível de FDN (Tabela 8).

Tabela 8. Digestibilidade da composição química das dietas experimentais com diferentes fontes e níveis de DDGS para suínos

Digestibilidade (g kg <sup>-1</sup> )						Significância				
	DR	DM20	DM40	DS20	DS40	DR vs Demais	Fonte	Nível	F*N	EPM
MS	86,64	83,17	79,89	82,64	79,72	<0.0001	0.5015	<0.0001	0.9737	0,5158
MO	85,56	82,69	81,31	82,25	80,42	<0.0001	0.1904	0.0043	0.6819	0,5016
PB	15,67	15,76	18,42	14,83	15,62	0.0221	<0.0001	<0.0001	<.0001	0,1645
EE	7,17	7,08	7,01	6,14	5,12	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0008	0,0770
MM	5,23	4,30	3,13	4,12	3,23	<0.0001	0.4399	<0.0001	0.1548	0,0515
FDN	39,52	38,54	37,55	40,75	41,79	0.7216	<0.0001	0.9464	0.0557	0,3241

<sup>1</sup> F\*N: Interação entre fonte e nível.

<sup>2</sup> EPM: Erro padrão da média.

As frações digestíveis de MS, MO e MM não foram influenciadas pela fonte de DDGS, contudo valores de PB e EE foram maiores para dietas contendo DDGS de milho em comparação àquelas com DDGS de sorgo, exceto o FDN que apresentou menores valores para o DDGS de milho. A inclusão de 20% dos alimentos testes gerou maiores valores de frações digestíveis de MS, MO, MM e EE em comparação a inclusão de 40%, contudo a PB apresentou valores menores para 20%, todavia não alterou valores de FDN.

## Experimento 2

Os valores de DR, DM20 e DM20+XIL não se diferenciaram em nenhuma composição química e coeficiente digestibilidade das rações, quanto a ED, CD, EM, CM, ED e EM do DDGS (Tabela 9 e 10).

Tabela 9 - Valores de energia do DDGS com inclusão da enzima xilanase para suínos

	DR	DM20	DM20 + XIL	Significância	EPM
EB (Kcal/kg)	4198	4321	4349	-	-
ED (Kcal/kg)	3897	3922	3921	0,9033	25,54
CD (%)	92,84	90,78	90,17	0,2353	0,59
EM (Kcal/kg)	3769	3753	3761	0,9653	25,48
CM (%)	89,80	86,87	86,49	0,1162	0,59
ED do DDGS (Kcal/kg)	-	4021	4019	0,9770	145,34
EM do DDGS (Kcal/kg)	-	3686	3728	0,9890	147,79

<sup>1</sup> F\*N: Interação entre fonte e nível.

<sup>2</sup> EPM: Erro padrão da média.

Tabela 10- Coeficiente de digestibilidade e a composição química das dietas experimentais

CD (g kg <sup>-1</sup> )	DR	DM20	DM20 + XIL	Significância	EPM
MS	92,93	90,94	90,38	0,2444	0,58
MO	93,49	91,35	90,86	0,1963	0,55
PB	92,98	91,31	90,80	0,4098	0,65
EE	92,88	91,73	90,99	0,6714	0,84
MM	85,31	84,16	82,98	0,6868	1,06
FDN	92,89	89,47	88,61	0,0841	0,67

<sup>1</sup> F\*N: Interação entre fonte e nível.

<sup>2</sup> EPM: Erro padrão da média

Os valores da digestibilidade das rações não obtiveram significância na composição citada acima, contudo na MM o valor se apresentou maior na DR comparada a DM20 e DM20+XIL (Tabela 11).

Tabela 11- Digestibilidade e a composição química das dietas experimentais com inclusão de DDGS e enzima xilanase DDGS para suínos

Digestibilidade (g kg <sup>-1</sup> )	DR	DM20	DM20 + XIL	Significância	EPM
MS	88,73	86,93	86,24	0,2416	0,55
MO	87,65	86,15	85,97	0,4305	0,54
PB	16,11	16,27	16,18	0,8584	0,11

EE	7,43	7,42	7,36	0,9144	0,07
MM	5,60 <sup>a</sup>	4,79 <sup>b</sup>	4,73 <sup>b</sup>	0,0020	0,06
FDN	39,94	40,26	39,87	0,8567	0,30

<sup>1</sup> F\*N: Interação entre fonte e nível.

<sup>2</sup> EPM: Erro padrão da média.

### 2.3 Discussões

A energia bruta (4.949 kcal kg<sup>-1</sup>) do DDGS de milho produzido no Brasil avaliado neste estudo foi menor que os valores médios reportados por Anderson et al. (2012) (5.076 a 5.550 kcal kg<sup>-1</sup>), mas próximo de outro DDGS brasileiro analisado por Corassa et al. (2017) (4.780 kcal kg<sup>-1</sup>). A energia bruta do DDGS de sorgo avaliado neste estudo (4.345 kcal kg<sup>-1</sup>) foi menor que as amostras avaliadas por Jacela et al. (2014) (5.108 kcal kg<sup>-1</sup>) e por Stein et al. (2016) (5.302 kcal kg<sup>-1</sup>). Os valores de ED e EM determinados para o DDGS de milho foram superiores as do DDGS de sorgo, também evidenciado por Feoli et al. (2007), devido ao fato dos cereais utilizados influenciarem diretamente na composição do coproduto, sendo que o milho tem maior valor de energia comparado ao sorgo.

O conteúdo energético dos alimentos para animais está intimamente relacionado com sua composição química. Analisando o extrato etéreo do DDGS de sorgo e de milho, observou-se o valor de 8,21 e 8,48% respectivamente, justificando assim a diferença no valor energético entre as fontes. A concentração de óleo desses DDGS produzidos no Brasil permite classificar esses ingredientes com teor médio de óleo, de acordo com a classificação do NRC (2012) que considera > 10% como alto teor de óleo, 6 a 9% como médio-óleo, e < 4% como baixo teor de óleo. O teor de óleo do DDGS é uma variável importante, pois foi relacionada às diferenças no desempenho de crescimento de suínos (Graham et al., 2014).

Está bem estabelecido que a fibra dietética afeta negativamente a energia e a utilização de nutrientes por suínos e resulta em aumento da produção de fezes e excreção de nutrientes (Urriola et al. 2010). O aumento nos teores de fibra insolúvel na dieta aumenta a taxa de passagem da digesta pelo TGI, podendo ser decorrente da estimulação física da fibra insolúvel sobre as paredes do mesmo (Warner, 1981). Com isso a ação dos microrganismos no intestino delgado sobre essas fibras pode criar barreira física à atuação de certas enzimas digestivas, diminuindo a absorção, digestão dos nutrientes (Vanderhoof, 1998) e a redução da digestibilidade das dietas (Silva, 2015).

A redução do CD (Tabela 7) e da fração digestível (Tabela 8) de MS, MO, MM, EE e FDN com o aumento dos níveis de inclusão de DDGS provavelmente está relacionado a fração de fibra presente nos ingredientes testes, onde essa concentração é quase três vezes maior que a do grão de origem (Pedersen et al. 2014). Quantidades acima de 60% de FDN

foram verificadas nos DDGS do presente estudo, contribuindo para diferenças na digestibilidade da energia do DDGS como também observado por Corassa et al. (2017); Anderson et al. (2012) e Pedersen et al. (2007).

A utilização de um elevado teor de fibra nas dietas para suínos pode ser um componente crítico, especialmente quando fornecida para determinadas categorias animais que não apresentam trato gastrintestinal apto. Todavia, a fibra pode provocar efeitos deletérios sobre os coeficientes de digestibilidade dos componentes nutritivos, sendo que Gomes et al. (2007), concluíram que as dietas fibrosas podem promover alterações na taxa de absorção dos nutrientes, especialmente aminoácidos e minerais.

A observação de maior conteúdo de FDN no DDGS de sorgo comparado ao DDGS de milho neste estudo corrobora com os resultados de Sotak et al. (2014). Neste sentido, independente da fonte, observou-se que as inclusões de DDGS nas dietas resultou em aumento do teor de FDN e piora no CD das dietas em comparação à dieta a base de milho e farelo de soja. Os presentes resultados foram aproximados com o estudo prévio cuja inclusão de 20,40 e 60% de DDGS de milho diminuiu o CD do FDN conforme aumentou a inclusão do DDGS (Corassa et al. 2017).

Como resultado da redução na digestibilidade de MS em substituição da dieta referência para uma dieta com DDGS, observa-se resultados semelhantes em estudos anteriores (Urriola et al. 2010; Wang et al. 2016), que utilizaram DDGS e outros coprodutos de usinas de etanol. Além disso, a concentração de fibra dietética também pode afetar o consumo de ração, pois o aumento de fibras pode limitar a capacidade física dos intestinos para consumir mais alimentos (Wu et al., 2016).

Os resultados de presente estudo evidenciam a influência do nível de inclusão na determinação da digestibilidade. Os maiores valores de CDs de FDN e EB, e a tendência para MS, MO e PB apresentados nas duas fontes DDGS com inclusão de 40% em comparação à inclusão de 20%, sugerem maior aproveitamento deste alimento quanto maior sua inclusão. Neste sentido, Sakomura e Rostagno (2016), inferiram que quanto maior a proporção do alimento na dieta teste, maior a precisão na determinação, desde que respeitadas as características dos ingredientes.

Ao considerar piora na digestibilidade das dietas e melhora nos CD's do DDGS com maiores inclusões do alimento teste, entende-se que a magnitude das diferenças dos CD's entre as dietas foi menor que a magnitude das diferenças entre os níveis de inclusão do alimento teste. Isto se deve a forma de cálculo dos CD's, que considera a diferença entre os CD's da dieta teste e dieta referência dividindo-o pelo nível de inclusão do alimento teste,

somando este valor ao CD da dieta referência. Este mesmo cálculo é empregado na determinação do valor de energia digestível e metabolizável segundo Sakomura & Rostagno (2016).

O efeito do nível de inclusão do alimento teste na avaliação de digestibilidade, observado neste estudo também foi relatado por Bolarinwa & Adeola (2016), que ao avaliarem dietas com cevada e trigo nos níveis de 0, 30 e 60% observaram efeito linear decrescente nos valores de ED e EM e CD da MS para a cevada. Contudo Verussa et al. (2017), observaram que os CDs da MS e MO aumentaram de forma linear a medida que aumentou a inclusão de glicerina com 5 10 e 15%. Já níveis de inclusão de 20, 40 e 60% DDGS de milho testados por Corassa et al. (2017), observaram diferenças no CD e digestibilidade do EE da dieta controle e o aumento das inclusões de DDGS. As diferenças entre os trabalhos se devem as características dos ingredientes testes avaliados.

Para a inclusão de 20%, a digestibilidade da MS das dietas contendo DDGS foi maior do que os valores relatados por Urriola et al. (2010), o que era provável pois esses pesquisadores usaram dieta com taxa de inclusão mais alta de DDGS (30%). O experimento atual obteve resultados semelhantes com os de Hanson et al. (2012), que utilizaram a comparação com as taxas de inclusão dietética de DDGS de 10 e 20%. Contudo, para a inclusão de 40% do atual experimento, observa-se efeito negativo na digestibilidade da MS e com isso pode-se afirmar que inclusões acima 30% diminuem a digestibilidade da MS. Entende-se que a fibra dietética afeta negativamente a ED e EM e utilização de nutrientes pelos suínos resultando em aumento da produção de fezes e excreção de nutrientes (Shi e Noblet, 1994; Davidson e McDonald, 1998).

A concentração de fibra e dos outros componentes químicos nos DDGS observados nos experimentos se dão principalmente pela diferença na composição dos grãos originais utilizados para produção do etanol (NRC, 2012).

O CD da PB em dietas contendo DDGS foi menor comparado à dieta referência. O extrato etéreo segue o mesmo comportamento, onde o CD da dieta referência é maior comparado as outras dietas, no qual o alto teor de fibra dificulta no CD dos nutrientes. Nas dietas contendo DDGS de sorgo, os resultados de PB digestível e CD da PB foram menores comparados ao DDGS de milho, o que pode ser relacionado com o processo de fabricação do DDGS, onde o aquecimento excessivo pode prejudicar na digestibilidade das proteínas. Os resultados do DDGS de milho do presente estudo foram aproximados quando comparados com os resultados obtidos por Corassa et al. (2017) e por Graham et al. (2014), utilizando DDGS de milho.

## *Experimento 2*

A adição da enzima xilanase não afetou nenhum dos parâmetros avaliados neste estudo, o que também foi observado por Jones et al. (2014), onde foram ponderados os níveis de xilanase em dietas a base de milho e farelo de soja, e com 30% de DDGS de milho para suínos. Estes autores concluíram que a suplementação de xilanase não alterou o desempenho energético da dieta e nenhum coeficiente de digestibilidade da mesma. Contudo, o que pode ser atribuído para a não diferenciação da resposta do experimento, é que o substrato para a atividade da enzima não foi suficiente para oferecer uma resposta satisfatória, então níveis maiores de 20% de DDGS de milho em associação a enzima xilanase poderiam apresentar alguma diferenciação.

É importante ressaltar que nem sempre a suplementação de enzimas digestivas proporciona respostas positivas, pois para uma enzima atuar, se faz necessário ter o substrato específico na dieta e dosagem correta de enzimas (Henn, 2002).

A fibra presente em grãos de cereais não são convertidos em etanol durante o processo de fermentação, de modo que a suplementação de dietas contendo alto nível de DDGS faz com que seja maior a concentração de polissacarídeos não amiláceos (PNA) em comparação com a matéria prima. Portanto, as enzimas podem ser um dos métodos potenciais para melhorar o valor nutritivo do DDGS (Swiatkiewicz et al. 2016). Os principais objetivos da suplementação enzimática para os animais são a remoção e destruição de fatores antinutricionais dos grãos, aumento da digestibilidade da ração e redução da poluição ambiental causada por nutrientes excretados nas fezes (Guenter, 2002).

Entretanto, Swiatkiewicz et al. (2016) afirmaram em sua revisão que, as eficácias de enzimas utilizadas em rações de suínos contendo DDGS não são consistentes e dependem de fatores como a idade e estágio fisiológico dos animais, a atividade das enzimas utilizadas, a composição química, nível dos DDGS utilizados e a composição das dietas. O uso de xilanase, isoladamente, sem emprego de outras enzimas exógenas como proteases, amilase e beta-glucanase não produz resposta semelhante às obtidas com combinação das enzimas. A inconsistência nos resultados se deve a diversidade e complexidade da estrutura da hemicelulose que requerem uma diversidade equivalente de enzimas para a sua degradação (Cowieson, 2005).

Contudo, Ndou et al. (2015), observaram redução de impactos negativos na digestibilidade de nutrientes quando comparado a dieta controle sem a enzima, em dietas com 30% de DDGS e 4000 unit/kg de enzima xilanase, estes autores afirmaram que o uso bem

sucedido da xilanase na melhoria da utilização de componentes e desempenho de crescimento na dieta depende da origem microbiana e do substrato alimentar.

Os resultados de pesquisa com enzimas são na maioria contraditórios, mas mostra resultados biologicamente favoráveis, sendo o seu emprego não só dependente da sua ação, mas também da relação custo/benefício que proporcionarão (Henn, 2002).

A menor concentração de MM nas dietas que contem DDGS é devido ao método de substituição isomérica da dieta referência com o ingrediente teste, utilizado neste estudo, pois é retirado 20% da dieta referência que tem maior concentração de minerais comparado ao ingrediente teste adicionado.

## 2.4 Conclusões

Os grãos secos destilados com solúvel de milho contém 3.277 e 3.609 kcal kg<sup>-1</sup> de energia metabolizável com 20 e 40% de inclusão, e grãos secos destilados com solúvel de sorgo contém 3.296 e 2.863 kcal kg<sup>-1</sup> de energia metabolizável com 20 e 40% de inclusão, respectivamente.

Níveis de até 40% não influenciam a energia digestível e metabolizável das dietas mas, comprometem o coeficiente de digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etereo, materia mineral e fibra em detergente neutro.

O uso da enzima xilanase em dietas contendo 20% de DDGS não afeta a digestibilidade das dietas, contudo outros estudos considerando diferentes inclusões de DDGS e xilanase se fazem necessários.

## 2.5 Referencias bibliográficas

- ANDERSON, P. V.; KERR, B. J.; WEBER, T. E.; ZIEMER, C. J. and SHURSON, G. C. Determination and prediction of energy from chemical analysis of corn co-products fed to finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 90:1242-1254. 2012.
- BELYEA, R. L.; RAUSCH, K. D.; CLEVINGER, T. E.; SINGH, V.; JOHNSTON, D. B. and TUMBLESON, M. E. Sources of variation in composition of DDGS. *Animal Feed Science and Technology*, 159:122-130. 2010.
- BOLARINWA, O & ADEOLA O. Regression and direct methods do not give different estimates of digestible and metabolizable energy values of barley, sorghum, and wheat for pigs. *Journal of Animal Science*, 94:610. 2016.
- CORASSA, A.; LAUTERT, I.P.A.; PINA, D.S.; KIEFER, C.; TOM, A. P. S.; KOMIYAMA, C. M. K.; AMORIM, A. B.; TEIXEIRA, A. O. Nutritional value of brazilian distillers dried grains with solubles for pigs as determined by different methods. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 46: p.740-746, 2017.
- COWIESON, A. J. Factors that affect the nutritional value of maize for broilers. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 119, n. 4, p. 293-305, 2005.
- DAVIDSON, M. H. MCDONALD, A.: Fiber: Forms and function. *Nutrition Research*, 18, pp. 617-624. 1998.
- FASTINGER, N.D.; MAHAN, D.C. Determination of the ileal amino acid and energy digestibilities of corn distillers dried grains with solubles using grower-finisher pigs. *Journal of Animal Science*, v. 84, p.1722–1728, 2006.
- FEOLI, C., HANCOCK, J.D., GUGLE, T.L., CARTER, S.D., COLE, N.A. Effects of adding enzymes to diets with corn- and sorghum-based dried distillers grains with solubles on growth performance and nutrient digestibility in nursery and finishing pigs. *Swine Day* 104–110. 2007.
- GRAHAM, A. B.; GOODBAND, R. D.; TOKACH, M. D.; DRITZ, S. S.; DEROUCHÉY, J. M. AND NITIKANCHANA, S. The effects of medium-oil distillers dried grains with solubles on growth performance, carcass traits, and nutrient digestibility in growing finishing pigs. *Journal of Animal Science* 92:604-611. 2014.
- GOMES, J. D. F.; PUTRINO, S. M.; GROSSKLAUS, C.; UTIYAMA, C. E.; OETTING, L. L.; SOUZA, L. W. O.; FUKUSHIMA, R. S.; FAGUNDES, A. C. A.; SOBRAL, P. J. A. E LIMA, C. G. Efeitos do incremento de fibra dietética sobre a digestibilidade,

- desempenho e características de carcaça: I. suínos em crescimento e terminação. Semina: Ciências Agrárias, Londrina 28:483-492. 2007.
- GUENTER, W. Pratical experience with the use of enzymes. Disponível em: <<http://www.idrc.ca/books/focus/821/chp6.html>> acessado em 28 de fevereiro de 2018.
- HANSON, A. R.; XU, G.; LI, M.; Whitney, M.H.; Shurson, G.C. 201 Impact of dried distillers grains with solubles (DDGS) and diet formulation method on dry matter, calcium, and phosphorus retention and excretion in nursery pigs. *Animal Feed Science and Technology* 172: 187– 193. 2012.
- HENN, J. D. Aditivos enzimáticos adicionado em dietas de aves e suínos. Programa de pós-graduação em Ciências Veterinárias- UFRGS. 2002. Disponível em: <[https://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/aditiv\\_enzimas.pdf](https://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/aditiv_enzimas.pdf)> acessado em 03 de fevereiro de 2018.
- JACELA, J.Y.; FROBOSE, H.L.; DeROUCHEY, J.M.; DRITZ, S.S.; TOKACH, M.D.; GOODBAND. R. D.; NELSSSEN, J. L. Amino acid digestibility and energy concentration of high-protein corn dried distillers grains and high-protein sorghum dried distillers grains with solubles for swine. *Journal of animal science*, v.88, p. 3613-23, 2014.
- JONES, C.K., BERGSTROM, J.R., TOKACH, M.D., DEROUCHHEY, J.M., NELSSSEN, J.L., DRITZ, S.S. Efficacy of commercial enzymes in diets containing various concentrations and sources of dried distillers grains with solubles for nursery pigs. *Journal of animal science*, 88, 2084–2091. 2014.
- LI, P.; LI, D. F.; ZHANG, H. Y.; LI, Z. C.; ZHAO, P. F.; ZENG, Z. K.; XU, X. AND PIAO, X. S. Determination and prediction of energy values in corn distillers dried grains with solubles sources with varying oil content for growing pigs. *Journal of Animal Science*, 93:3458-3470. 2015.
- LAMMERS, P. J.; KERR, B. J.; HONEYMAN, M. S. Biofuel co-products as swine feed ingredients: Combining corn distillers dried grains with solubles (DDGS) and crude glycerin. *Animal Feed Science and Technology*, v. 201, p. 110–114, 2015.
- LUMPKINS, B.; BATAL, A. The bioavailability of lysine and phosphorus in distillers dried grains with solubles. *Poultry Science*, v.84, p. 581-586, 2005.
- NRC - National Research Council. 2012. Nutrient requirements of swine. 11th ed. publishing company: National Academy Press, Washington, D. C.

- NDOU, S.P.; KIARIE, E.; AGYEKUM, A.K.; .HEO, J.M.; ROMERO, L.F.; ARENT, B.; LORENTSEN, R.; NYACHOTI, C.M. Comparative efficacy of xylanases on growth performance and digestibility in growing pigs fed wheat and wheat bran-or corn and corn DDGS-based diets supplemented with phytase. *Animal Feed Science and Technology* 209, 230–239. 2015.
- PEDERSEN, C.; BOERSMA, M. G.; and STEIN, H. H. Digestibility of energy and phosphorus in 10 samples of distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. *Journal of Animal Science* 85:1168-1176. 2007.
- PEDERSEN, M. B.; DALSGAARD, S.; KNUDSEN, K. B.; YU, S.; and LERKE, H. N. Compositional profile and variation of distillers dried grains with solubles from various origins with focus on non- starch polysaccharides. *Animal Feed Science and Technology* 197:130-141. 2014.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE J. L. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. UFV, Viçosa, MG. 2011.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. and EUCLIDES, R. F. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. UFV, Viçosa, MG. 2017.
- SAKOMURA, N. K. & ROSTAGNO, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. FUNEP, Jaboticabal-SP. 2007.
- SAKOMURA, N. K. & ROSTAGNO, H.S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. FUNEP, Campinas-SP. 2016.
- STEIN, H.H.; LAGOS, L.V.; CASAS, G.A. Nutritional value of feed ingredients of plant origin fed to pigs. *Animal Feed Science and Technology*, volume 218, pg 33–69, 2016.
- SWIATKIEWICZ, S.; SWIATKIEWICZ, M.; ARCZEWSKA-WLOSEK, A. Efficacy of feed enzymes in pig and poultry diets containing distillers dried grains with solubles: a review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 100 pg 15–26. 2016.
- SILVA, D. J. & QUEIROZ, A. C. 2002. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. Editora UFV, Viçosa, MG
- SILVA, J. R. Resíduo seco de destilaria contendo solúveis (DDGS), com e sem xilanase, na alimentação de cães. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2015.

- SHI, X.S.; NOBLET, J. Effect of body weight on digestive utilization of energy and nutrients of ingredients and diets in pigs. *Livestk. Prod. Sci.*, 37(3):323-338. 1994.
- SOTAK, K.M.; GOODBAND, M.D.; TOKACH, D. et al. Nutrient database for sorghum distillers dried grains with solubles from ethanol plants in the western plains region and their effects on nursery pig performance. *J. Anim. Sci.*92:292–302, 2014.
- SOTAK, K.M., HOUSER, T.A., GOODBAND, R.D. et al. The effects of feeding sorghum dried distillers grains with solubles on finishing pig growth performance, carcass characteristics, and fat quality. *J. Anim. Sci.*93:2904–2915, 2015.
- TSAI, T.; DOVE, C.R.; CLINE, P.M.; OUSU-ASIEDU, A.; WALSH, M.C.; AZAIN, M. The effect of adding xylanase or  $\beta$ -glucanase to diets with corn distillers dried grains with solubles (CDDGS) on growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 88:2084–2091, 2017.
- URRIOLA, P. E.; SHURSON; G. C. AND STEIN. H. H. 2010. Digestibility of dietary fiber in distillers coproducts fed to growing pigs. *Journal of Animal Science* 88:2373-2381.
- URRIOLA, P.E.; HOEHLER, D.; PEDERSEN, C.; STEIN, H. H.; SHURSON, G. C. Amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles, produced from sorghum, a sorghum-corn blend, and corn fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, v. 87, p.2574–2580, 2009.
- VANDERHOOF, J. A. Immunonutrition: the role of carbohydrates. *Nutrition Research*, New York, v.14, p. 7-8, 1998.
- VERUSSA, G.H.; CORASSA, A.; PINA, D.S. Nutritional value of glycerin for pigs determined by different methodologies. *R. Bras. Zootec.*, 46(7):584-590. 2017.
- WANG, L. F.; BELTRANENA, E. & ZIJLSTRA, R. T. 2016. Diet nutrient digestibility and growth performance of weaned pigs fed wheat dried distillers grains with solubles (DDGS). *Animal Feed Science and Technology* 218:26-32
- WARNER, A.C.I. Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds. *Nutr.Abstr.Rev. (Series B)* (Series B). Farnham Royal, v.51, n.12, p.789-975, 1981.
- 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: 105–116, 2016.

## ANEXO 1

Período	Animal	Peso inicial (kg)	Dieta	Período	Animal	Peso inicial (kg)	Dieta
1	1	21,76	DS 40	1	6	23,86	DM 20
1	2	22,20	DR	1	8	21,30	DM 20
1	3	22,56	DS 20	2	6	28,16	DM 20
1	4	23,22	DR	2	7	25,52	DM 20
1	5	21,56	DM 40	3	7	30,4	DM 20
1	6	23,86	DM 20	Média		25,85	
1	7	21,02	DS 20	1	5	21,56	DM 40
1	8	21,30	DM 20	2	4	26,5	DM 40
				2	8	24,74	DM 40
2	1	25,18	DS 40	3	3	30,6	DM 40
2	2	27,4	DR	3	8	29,4	DM 40
2	3	26,6	DS 20	Média		26,56	
2	4	26,5	DM 40	1	2	22,20	DR
2	5	25,52	DS 40	1	4	23,22	DR
2	6	28,16	DM 20	2	2	27,4	DR
2	7	25,52	DM 20	3	4	32,3	DR
2	8	24,74	DM 40	Média		26,28	
				1	3	22,56	DS 20
3	1	30,1	DS 20	1	7	21,02	DS 20
3	2	29,2	DS 40	2	3	26,6	DS 20
3	3	30,6	DM 40	3	1	30,1	DS 20
3	4	32,3	DR	3	6	29,9	DS 20
3	5	28,7	DS 40	Média		26,04	
3	6	29,9	DS 20	1	1	21,76	DS 40
3	7	30,4	DM 20	2	1	25,18	DS 40
3	8	29,4	DM 40	2	5	25,52	DS 40
Média		26,15		3	2	29,2	DS 40
				3	5	28,7	DS 40
				Média		26,07	